

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA

VALMIR DE ALBUQUERQUE PEDROSA

Conceitos e soluções para a crise hídrica: inovações e construção de pactos

Maceió  
2018

VALMIR DE ALBUQUERQUE PEDROSA

Conceitos e soluções para a crise hídrica: inovações e construção de pactos

Versão Original

Tese acadêmica apresentada como requisito parcial para a promoção para a classe E (Professor Titular) da carreira de magistério superior.

Área de Concentração: Planejamento Integrado de Recursos Hídricos

Maceió

2018

A forma desta tese seguiu as regras contidas no documento intitulado “Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte I (ABNT). 3ª Edição. Revisada, Ampliada e Modificada”. São Paulo. SIBiUSP. 2016.

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecária Janis Christine Angelina Cavalcante – CRB4 - 1667

P372c Pedrosa, Valmir de Albuquerque.  
Conceitos e soluções para a crise hídrica: inovações e construção de pactos / Valmir de Albuquerque Pedrosa. – 2018.  
169 p.: il., color., ~~grafs.~~, tabs.

Tese acadêmica (Concurso para Professor Titular: Classe E) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2018.

Bibliografia: f. 150-159.  
Posfácio: f. 160-169.

1. Pedrosa, Valmir de Albuquerque – Tese acadêmica. 2. Inovação tecnológica. 3. Crise hídrica. 4. Gestão de recursos hídricos. 5. Comitê de bacia.  
I. Título.

CDU: 378.124: 626.21



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC**

**ATA DA DEFESA DA TESE ACADÊMICA**

1  
2 Às 08:30 h (oito horas e trinta minutos) do dia 13 (treze) de julho de 2018 (dois mil e  
3 dezoito), com a presença da comunidade acadêmica da Universidade Federal de  
4 Alagoas (UFAL) e público em geral, ocorreu na Sala de Visualização do LCCV, do  
5 Centro de Tecnologia da UFAL, a Defesa da Tese Acadêmica do Professor Valmir  
6 de Albuquerque Pedrosa, docente do Centro de Tecnologia da Universidade  
7 Federal de Alagoas, para fins de Promoção à CLASSE E, denominada  
8 PROFESSOR TITULAR, da Carreira Docente. Participaram da Comissão Especial  
9 de Avaliação os professores Dra. Marília Oliveira Fonseca Goulart (Professora  
10 Titular da Universidade Federal de Alagoas) - Presidente da Comissão Especial,  
11 Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro (Professora Titular da Universidade  
12 Federal de Pernambuco), Dr. José Almir Cirilo (Professor Titular da Universidade  
13 Federal de Pernambuco) e Dra. Luisa Fernanda Ribeiro Reis (Professora Titular  
14 da Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos). Após a  
15 defesa, os membros da Comissão Especial arguíram o candidato e, em seguida, se  
16 reuniram para deliberar sobre as notas atribuídas ao candidato por cada membro  
17 da Comissão, de acordo com o Art. 19 da RESOLUÇÃO Nº. 78/2014-  
18 CONSUNI/UFAL, de 17 de novembro de 2014, fundamentadas nos seguintes  
19 critérios:

- 20 I – Domínio da fundamentação teórica que tenha dado sustentação ao  
21 trabalho;  
22 II – Ineditismo, mérito e originalidade da abordagem;  
23 III – Contribuição ao desenvolvimento científico da área de conhecimento;  
24 IV - Adequação da exposição do conteúdo ao tempo máximo de 60 (sessenta)  
25 minutos.

26 As notas do candidato foram as seguintes:

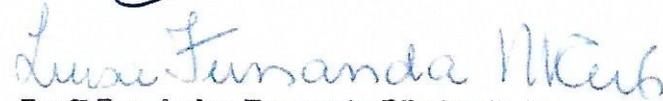
27 Dra. Marília Oliveira Fonseca Goulart: 10  
28 Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro: 9,5

29 Dr. José Almir Cirilo: 10  
30 Dra. Luisa Fernanda Ribeiro Reis: 9,5  
31 Desta forma, o Professor Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa obteve como  
32 média a nota final 9,75 e, portanto, pela avaliação desta  
33 Comissão Especial o Professor é considerado APROVADO.  
34 Lavrou-se então esta ata que, lida e considerada conforme, vai assinada pelos  
35 membros da Comissão Especial. Maceió-AL, 13 de julho de 2018.

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Marília Oliveira Fonseca Goulart  
Prof.<sup>a</sup>. Titular da Universidade Federal de Alagoas  
(Presidente da Comissão Especial)

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro  
Prof.<sup>a</sup>. Titular da Universidade Federal de Pernambuco

  
Prof.<sup>a</sup> Dr. José Almir Cirilo  
Prof. Titular da Universidade Federal de Pernambuco

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Luisa Fernanda Ribeiro Reis  
Prof.<sup>a</sup>. Titular da Universidade de São Paulo  
Escola de Engenharia de São Carlos

## Relatório de Avaliação

A Comissão Especial de Avaliação do Memorial Acadêmico constituída para fins de Promoção à CLASSE E, com a denominação de PROFESSOR TITULAR, da Carreira Docente do Prof. Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa, emite o seguinte relatório de avaliação:

A avaliação foi feita logo após arguição pela Banca Examinadora, levando em conta o Art. 19 da RESOLUÇÃO Nº. 78/2014-CONSUNI/UFAL, de 17 de novembro de 2014, fundamentadas nos seguintes critérios:

- I – Domínio da fundamentação teórica que tenha dado sustentação ao trabalho;
- II – Ineditismo, mérito e originalidade da abordagem;
- III – Contribuição ao desenvolvimento científico da área de conhecimento;
- IV - Adequação da exposição do conteúdo ao tempo máximo de 60 (sessenta) minutos.

Portanto, a Comissão Especial atribuiu as seguintes notas atribuídas ao candidato:

Dra. Marília Oliveira Fonseca Goulart: 10

Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro: 9,5

Dr. José Almir Cirilo: 10

Dra. Luísa Fernanda Ribeiro Reis: 9,5

Sousa

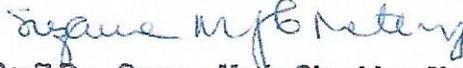
Desta forma, o Professor Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa, obteve como média a nota final 9,75 e, portanto, pela avaliação desta Comissão Especial o Professor é considerado **APROVADO**.

Maceió-AL, 13 de julho de 2018.



Prof.<sup>a</sup> Dra. Marília Oliveira Fonseca Goulart

Prof.<sup>a</sup> Titular da Universidade Federal de Alagoas  
(Presidente da Comissão Especial)



Prof.<sup>a</sup> Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Prof.<sup>a</sup> Titular da Universidade Federal de Pernambuco



Prof.<sup>o</sup> Dr. José Almir Cirilo

Prof. Titular da Universidade Federal de Pernambuco



Prof.<sup>a</sup> Dra. Luisa Fernanda Ribeiro Reis

Prof.<sup>a</sup> Titular da Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

## **AGRADECIMENTOS**

Nesta caminhada ganhei dezenas de amigos e amigas. A eles e elas devo grande parte dos resultados alcançados e dos bons momentos vividos. Entre os que caminham ao meu lado todos os dias estão Roberaldo Carvalho, Eduardo Setton, Rosângela Sampaio, Vladimir Caramori, Jaildo Pereira, Carlos Ruberto, Alex Gama, Flávio Barbosa, Gustavo Carvalho, Luís Gustavo Reis, Cleuda Custódio, João Barbirato, Karina Salomon, Christiano Cantarelli, Seleude Nóbrega, Henrique Lima, Márcio Barbosa, Ivete Lopes, Amaro Monteiro, Eduardo Nobre, Altamirano Lordello, Fernando Fernandes, Luciano Barbosa e Roberto Barbosa. Agradeço a todos.

Agradeço imensamente aos professores Antônio Eduardo Lanna (UFRGS), Antônio Mazorri Righetto (USP/UFRN), Flávio Barboza (UFAL), Valber Pedrosa (UNESP), Eduardo Setton (UFAL), Vladimir Caramori (UFAL) e à professora Rosângela Reis(UFAL) pelas sugestões, reflexões e questionamentos. Os comentários ajudaram sobremaneira a melhorar o conteúdo do texto. Não poderia ser mais grato a este elevado grau de generosidade e dedicação destes colegas de trabalho.

Dedico esta tese aos meus pais Waldir Pedrosa de Amorim e Maria Bernadete de Albuquerque Pedrosa. Se houvesse chance de nasce mil vezes, pediria mil vezes para nascer na mesma família, com os mesmos irmãos, Valtemir e Valber, e a mesma irmã, Valéria.

À minha esposa Mayumi, aos nossos filhos Leonardo e Tiago, assim como a meu sogro Takayoshi Ogata e à minha sogra Maria Gravina Ogata expresso minha mais profunda gratidão pelo apoio incondicional nestes maravilhosos anos de convívio. Eu não poderia ser mais feliz neste amável e seletor núcleo familiar.

Nenhum passo desta caminhada profissional seria possível sem o apoio dos colegas professores da Universidade Federal de Alagoas, das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) e das agências brasileiras de fomento à pesquisa: CNPq, CAPES, FINEP e FAPEAL.

*”...acontecimentos deveriam atrair-me a novas lutas e absorver meus pensamentos e minha energia...”.*

Último parágrafo do livro ***My early life***, do inglês Sir. Winston Churchill, publicado em 1930. Com a eclosão da Segunda Guerra Mundial tornou-se o Primeiro-Ministro Inglês em maio de 1940.

## RESUMO

PEDROSA, Valmir de Albuquerque. **Conceitos e soluções para a crise hídrica: acordos, estudos de caso e inovação.** 2018. 180 f. Tese acadêmica apresentada como requisito parcial para a promoção para a classe E (Professor Titular) da carreira de magistério superior. Unidade Acadêmica de Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2018.

Há uma crise mundial da água. Muitas regiões estão ameaçadas pelos extremos hídricos: secas e enchentes. A população mundial continua crescendo, com ela as demandas por alimento, energia, bens e serviços. As mudanças climáticas fazem parte do dia a dia deste enfrentamento. Há a necessidade de ampliar a consciência mundial a cerca destes fatos, também é preciso divulgar as possibilidades e inovações disponíveis para enfrentar este cenário, assim como fortalecer a participação dos usuários de água e da sociedade no debate e encaminhamento das soluções para a grave crise da água. Esta tese contém uma ampla visão sobre o tema e apresenta como resultado a importância da gestão das águas incorporar em suas ações as inovações tecnológicas e participação dos usuários de água e da sociedade como elemento fundamental para os avanços das propostas de enfrentamento da crise hídrica.

Palavras-chave: Crise hídrica. Gestão de recursos hídricos. Comitê de bacia. Inovação.

## ABSTRACT

PEDROSA, Valmir de Albuquerque. **Concepts and solutions for the water crisis: agreements, case studies and innovation.** 2018. 180 f. Tese acadêmica apresentada como requisito parcial para a promoção para a classe E (Professor Titular) da carreira de magistério superior. Unidade Acadêmica de Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2018.

There is a world water crisis. Many regions are threatened by water extremes: droughts and floods. The world population continues to grow, with it demands for food, energy, goods and services. Climate change is part of this day-to-day confrontation. There is a need to broaden the world awareness of these facts, it is also necessary to publicize the possibilities and innovations available to face this scenario, as well as to strengthen the participation of water users and society in the debate and referral of solutions to the serious water crisis. This thesis contains a wide bibliographic review on the subject and presents as a result the importance of water management to incorporate in its actions the technological innovations and participation of users of water and society as a fundamental element for the advances of the proposals to confront the water crisis.

Keywords: Water crisis. Water resources management. River basin committee.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos com afastamentos por diarreia .....	17
Tabela 2 - Investimentos para a universalização dos serviços (valores de 2014).....	17
Tabela 3 - Índice de atendimento (%) com água dos municípios, ano base 2015 .....	19
Tabela 4 - Distribuição da água superficial no território nacional.....	23
Tabela 5 - Densidade populacional por bacia hidrográfica (ano base 2015). .....	23
Tabela 6 - Distribuição da água subterrânea no território nacional.....	24
Tabela 7 - Natureza dos riscos hídricos avaliados. ....	40
Tabela 8 - Condições de precipitação e vazões no rio São Francisco.....	54
Tabela 9 - Pontos críticos de travessia.....	57
Tabela 10 - Captações em situação crítica .....	58
Tabela 11 - Distribuição de compensação financeira (R\$) pelo uso dos recursos hídricos...	66
Tabela 12 - Distribuição da arrecadação pelo uso da água .....	67
Tabela 13 - Volume de esgoto tratada com uso potencial. ....	71
Tabela 14 - Tabela de compromissos para gestão do conflito .....	101
Tabela 15 - Demandas de retiradas por setor usuário (m <sup>3</sup> /s) no rio São Francisco.....	110
Tabela 16 - Vazões de retirada (m <sup>3</sup> /s) por uso consuntivo no rio São Francisco. ....	111
Tabela 17 - Conflitos pelo uso da água no rio São Francisco. ....	112
Tabela 18 - Lacunas para uma gestão que proporcione os usos múltiplos das águas. ....	113
Tabela 19 - Limites de operação com os níveis dos reservatórios. ....	119
Tabela 20 - Estações de controle de defluências mínimas. ....	120
Tabela 21 - Resumo das proposições dos documentos oriundos do CBHSF, da ANA.....	128
Tabela 22 - Cotejamento da proposta do CBHSF com a minuta da ANA.....	128
Tabela 23 - Gestão das águas e inovação.....	140
Tabela 24 - Conjunto de recomendações para ampliar a segurança hídrica. ....	145

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores de maiores impactos ao desenvolvimento econômico .....	4
Figura 2 - Imagem de satélite mostrando a redução do mar de Aral.....	5
Figura 3 - Modelo conceitual do impacto da seca nas operações financeiras.....	8
Figura 4- Impacto das mudanças climáticas no PIB em algumas regiões.....	9
Figura 5 - Histórico de vazões ao reservatório Perth, em Mm <sup>3</sup> (milhões de m <sup>3</sup> ).....	10
Figura 6 - Volumes afluentes ao Estado do Ceará desde 1986 até 2017.....	11
Figura 7- Índice de esgoto coletado(%) no Brasil (Ano base 2015).....	14
Figura 8 - Índice de esgoto tratado (%) no Brasil (Ano base 2015).....	14
Figura 9 - Internações por doença de veiculação hídrica .....	15
Figura 10 - Índices de perdas dos serviços de distribuição de água.....	20
Figura 11 - Perdas de água no sistema de água de Fukuoka (Japão).....	21
Figura 12 - Total de água retirada no Brasil.....	25
Figura 13 - Total de água consumida no Brasil.....	26
Figura 14 - Consumo de água industrial no Brasil.....	26
Figura 15 - A participação do agronegócio no PIB brasileiro (Ano base 2015).....	28
Figura 16- Participação do agronegócio e da carne bovina nas exportações.....	29
Figura 17 - Evolução da área irrigada no Brasil (milhões de hectares).....	30
Figura 18 - Distribuição de demanda hídrica por tipo de rebanho.....	30
Figura 19 - Fontes de energia elétrica no Brasil.....	33
Figura 20 - Crescimento populacional e capacidade de acumulação dos reservatórios.....	35
Figura 21 - Objetivos do desenvolvimento sustentável.....	41
Figura 22 - Gestão de risco versus gestão da crise .....	44
Figura 23 - Pilares da gestão do risco.....	44
Figura 24 - Monitor de seca no mês de novembro de 2017.....	45
Figura 25 - Impactos na gestão de risco.....	46
Figura 26 - Respostas na gestão de risco.....	46
Figura 27 - Articulação na gestão de risco.....	47
Figura 28 - Mudanças da agricultura na Califórnia .....	52
Figura 29 - Cascata de reservatórios na calha do rio São Francisco .....	53
Figura 30 - Representações na gestão das águas do rio São Francisco .....	54
Figura 31 - Previsão de vazões para o reservatório de Três Marias.....	55
Figura 32 - Curva de segurança para o reservatório de Sobradinho.....	56
Figura 33 – Vazões (m <sup>3</sup> /s) da estação de controle de Propriá (Sergipe) .....	60
Figura 34 - Resoluções ANA obre defluências de Sobradinho.....	61
Figura 35 – O antigo e o novo modelo de gestão .....	63
Figura 36 - Ganho de eficiência energética no processo de osmose-reversa .....	73
Figura 37 - Distribuição da capacidade mundial de dessalinização(ano base 2016).....	74
Figura 38 - Custos da água para diferentes fontes.....	75
Figura 39 - Conceitos da indústria 4.0.....	76
Figura 40 - Eficiência hídrica (R\$/m <sup>3</sup> ) para as atividades econômicas no Brasil.....	80
Figura 41 - Ações da economia verde.....	81
Figura 42 - A segurança hídrica e os objetivos da Lei 9.433.....	87
Figura 43 - Conjunto de ações estruturais e não estruturais para a segurança hídrica.....	88
Figura 44 – Organismos com atuação do SINGREH.....	89
Figura 45 - Fases clássicas da gestão e modelo da diplomacia hídrica .....	92

Figura 46 - Perspectivas na análise do conflito pelo uso da água .....	102
Figura 47 - Modelo conceitual do AGORA. ....	104
Figura 48 - Modelo conceitual de coleta de dados para tomada de decisão. ....	105
Figura 49 - Distribuição de vazões por setor usuário no rio São Francisco (Ano 2010).....	110
Figura 50 - Ilustração dos condicionantes para operação do reservatório. ....	119
Figura 51 - Ilustração da condição normal de operação para Três Marias.....	122
Figura 52 - Níveis mínimos a jusante de Três Marias .....	124
Figura 53 - Atendimento da demanda hídrica no Central Valley Project.....	134
Figura 54 - Tarifas da água no DINC .....	136

## LISTA DE SIGLAS

<b>ABRH</b>	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
<b>AGB PEIXE VIVO</b>	Agência de Bacia Hidrográfica Peixe Vivo
<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>ANDIFES</b>	Associação dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino
<b>CASAL</b>	Companhia de Saneamento de Alagoas
<b>CBHSF</b>	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
<b>CEMADEN</b>	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres
<b>CGEE</b>	Centro de Gestão de Estudos Estratégicos
<b>CGU</b>	Controladoria Geral da União
<b>CHESF</b>	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
<b>CNI</b>	Confederação Nacional da Indústria
<b>CODEVASF</b>	Companhia de Desenvolvimento do São Francisco e do Parnaíba
<b>COMPESA</b>	Companhia Pernambucana de Saneamento
<b>FGV</b>	Fundação Getúlio Vargas
<b>FIRJAN</b>	Federação da Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
<b>FORPLAD</b>	Fórum Nacional Pró-Reitores de Planejamento e Administração
<b>GTSF</b>	Grupo de Trabalho São Francisco
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology
<b>MPE/AL</b>	Ministério Público do Estado de Alagoas
<b>ONS</b>	Operador Nacional do Sistema Elétrico
<b>PISF</b>	Projeto de Integração do rio São Francisco
<b>PNRH</b>	Política Nacional de Recursos Hídricos
<b>PPI</b>	Programa de Parcerias de Investimento
<b>PRH</b>	Plano de Recursos Hídricos
<b>REUNI</b>	Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
<b>RMRJ</b>	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
<b>SEMARH</b>	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas
<b>SINGREH</b>	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<b>SNIS</b>	Sistema Nacional de Informação de Saneamento
<b>TCU</b>	Tribunal de Contas da União
<b>UFAL</b>	Universidade Federal de Alagoas
<b>UHE</b>	Usina Hidroelétrica
<b>VU</b>	Volume Útil

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	CENÁRIO ATUAL E TENDÊNCIAS DA CRISE HÍDRICA.....	4
2.1	Os serviços de saneamento.....	13
2.2	A oferta da água no território nacional.....	22
2.3	A demanda de água por setor usuário .....	24
2.4	A agroindústria e o consumo de água.....	28
2.5	A matriz energética brasileira e o consumo de água .....	32
2.6	O desequilíbrio da oferta e da demanda hídrica.....	35
2.7	Segurança hídrica .....	41
2.8	A gestão do risco .....	43
2.9	Alocação de água: um processo negociado .....	49
2.10	O fortalecimento do SINGREH.....	65
2.11	Reação à escassez hídrica.....	69
2.11.1	O reúso do esgoto doméstico tratado .....	69
2.11.2	A dessalinização .....	73
2.12	Novos conceitos no enfrentamento da crise hídrica .....	76
3.	METODOLOGIA.....	86
3.1	Diplomacia hídrica.....	91
3.2	Separar o contendor do problema.....	93
3.3	Perceber a diferença entre “posição” e “interesse” .....	94
3.4	Busca por alternativas para conciliar interesses .....	96
3.5	Critérios, fundamentos e diretrizes para criar acordos .....	96
4.	ANÁLISES DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA .....	98
4.1	Conflito no reservatório Bálsamo (AL/PE).....	98
4.2	Inovações tecnológicas na solução de conflitos .....	103
4.3	Um pacto: usos múltiplos das águas do rio São Francisco.....	108
4.3.1	Reflexões prévias havidas no CBHSF sobre operações dos reservatórios .....	109
4.3.2	O processo de criação da resolução.....	118
4.3.3	Condições de Operações para o reservatório de Sobradinho e Xingó.....	125
4.3.4	Conteúdo final da Resolução e reflexões sobre o processo.....	127
4.4	Uma nota sobre a operação do PISF .....	130
5.	CONCLUSÕES.....	138
5.1	Epílogo.....	149
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	150
	POSFÁCIO .....	160

## 1. INTRODUÇÃO

Até o ano de 2030, a população mundial alcançará 8,3 bilhões de pessoas e a demanda por água crescerá em 30%. Segundo prognóstico da ONU, cerca de 1,8 bilhão de pessoas viverá em áreas de grave escassez hídrica até o ano de 2025 (GUPPY; ANDERSON, 2017).

A crise hídrica afeta o desenvolvimento econômico e social de quatro formas:

- a) Secas e inundações afetam negativamente a qualidade de vida, causam mortes, provocam êxodos e destroem ativos das pessoas, da sociedade e das empresas;
- b) Sendo a água um vital fator de produção, sua falta reduz a quantidade de bens e serviços produzidos, podendo ocasionar queda do PIB regional ou mesmo nacional;
- c) Secas e inundações causam doenças, subnutrição e prejudicam a qualidade da educação - especialmente das crianças -, desestruturam e inibem a atividade econômica e diminuem o capital humano;
- d) As secas acirram os ânimos entre países, regiões e estados que dividem a mesma água, tornando a cooperação econômica e social mais complexa e difícil.

A crise hídrica mundial decorre da insuficiente oferta de água, em termos qualitativos ou quantitativos, em certa local por determinado período de tempo, para atender as demandas hídricas das cidades, das atividades agrícolas, das atividades industriais, da geração de energia e demandas hídricas para manutenção dos ecossistemas e seus serviços ambientais. Também pode ocorrer o inverso: enchentes de grande magnitude atingem vários pontos do globo destruindo vidas, destruindo os ativos das pessoas e das empresas, diminuindo o bem-estar, afetando a saúde das pessoas, especialmente das crianças. As secas e as enchentes costumam, inclusive, afastar as crianças das escolas, prejudicando sua formação educacional. A crise hídrica tem sido agravada pelo crescimento contínuo da população, das demandas por alimentos e por energia, e pelo crescimento das atividades econômicas que produzem bens e serviços. Todos estes fatores acarretam a ampliação do consumo de água.

Soma-se a isto, as ameaças mais recentes das mudanças climáticas, tornando o padrão de chuva mais variável, com aumento da frequência e da magnitude de eventos hidrológicos extremos. A luta para enfrentar as mudanças climáticas exigiu uma nova perspectiva para a geração de energia, um setor sempre lembrado como hidro intensivo. Notadamente, a busca por fontes de energia renovável, solar e eólica, estão presentes na agenda das nações mais desenvolvidas.

Durante as primeiras décadas do século XX os temas da gestão oferta e demanda da hídrica estavam circunscritos aos profissionais diretamente ligados ao tema. A participação dos usuários e da sociedade se não inexistia, era diminuta. Tudo isto mudou, ou está no caminho da mudança. A participação dos usuários e da sociedade é recomendada por vários documentos de amplitude internacional, conforme está apresentado em detalhes no capítulo 3.

No caso brasileiro, a política nacional de recursos hídricos foi desenhada para funcionar de forma descentralizada, com a participação da sociedade e dos usuários de águas, já que é grande o seu potencial de litígio. Como se viu intensamente na severa escassez hídrica do quinquênio 2013-2018 que atingiu o território nacional.

Tendo em vista este cenário, a presente tese teve os seguintes objetivos:

- a) Avaliar a gravidade, a abrangência, a tendência e as consequências da crise hídrica e verificar a efetividade das opções - incluindo as inovações tecnológicas – que estão sendo exploradas para ampliar a segurança hídrica;
- b) Propor e avaliar o uso de um método efetivo para a construção de pactos entre governo, usuários de água e a sociedade que ampliem a segurança hídrica.
- c) Propor um conjunto de recomendações que ajudem a ampliar a segurança hídrica nacional.

A motivação central da escolha do conteúdo desta tese decorreu das atividades desenvolvidas pelo autor nos últimos 4 anos junto ao Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF), à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos

Hídricos (SEMARH) do Governo de Alagoas, ao Tribunal de Contas da União (TCU), à Controladoria Geral da União (CGU), ao Ministério Público do Estado de Alagoas(MPE-AL), à Confederação Nacional da Indústria (CNI) e a ArcelorMittal Tubarão – a maior usina de produção de aço longo do Brasil. A severa crise hídrica do quinquênio 2013-2017 provocou um longo, contínuo e intenso debate com estes entes. O envolvimento com os problemas reais e a participação em grupos de trabalho com capacidade e competência para tomar decisões efetivas na gestão das águas trouxeram ao autor informações, percepções, reflexões e recomendações que estão contidas nos capítulos desta tese. Envoltos neste processo, o autor, em 2017, publicou o livro intitulado “*Solução de conflitos pelo uso da água*” contendo uma semente das discussões contidas nesta tese.

No capítulo 2 está apresentado um conjunto de informações, atualidades e conceitos necessários à compreensão e a formação da plena consciência dos desafios atuais da crise hídrica. Há informações de várias regiões do mundo, sempre alinhadas pelos problemas comuns na busca pela ampliação da segurança hídrica. No capítulo 3 estão apresentados conceitos e um método validado que auxilia a busca por consensos nos ambientes onde se discute conflitos pelo uso da água, conforme previsto na Lei 9.433/1997. No capítulo 4 estão apresentados estudos de caso onde analisou-se a efetividade da aplicação dos conceitos e método do capítulo anterior em situações de elevada complexidade. No capítulo 5 estão apresentadas conclusões que confirmam que a metodologia e conceitos expostos nesta tese auxiliam a busca por soluções nos diversos ambientes que busca a ampliação da segurança hídrica. Há também uma lista de recomendações que visam ampliar a segurança hídrica no território nacional.

## 2. CENÁRIO ATUAL E TENDÊNCIAS DA CRISE HÍDRICA

O **Fórum Econômico Mundial** publica anualmente um relatório onde são hierarquizados os fatores de maiores riscos ao desenvolvimento econômico. Nos últimos 5 anos, já incluindo o ano de 2018, o risco da crise hídrica esteve entre as cinco maiores ameaças na escala global conforme ilustra a figura 1 (WORLD ECONOMIC FORUM, 2018).

Figura 1 - Fatores de maiores impactos ao desenvolvimento econômico

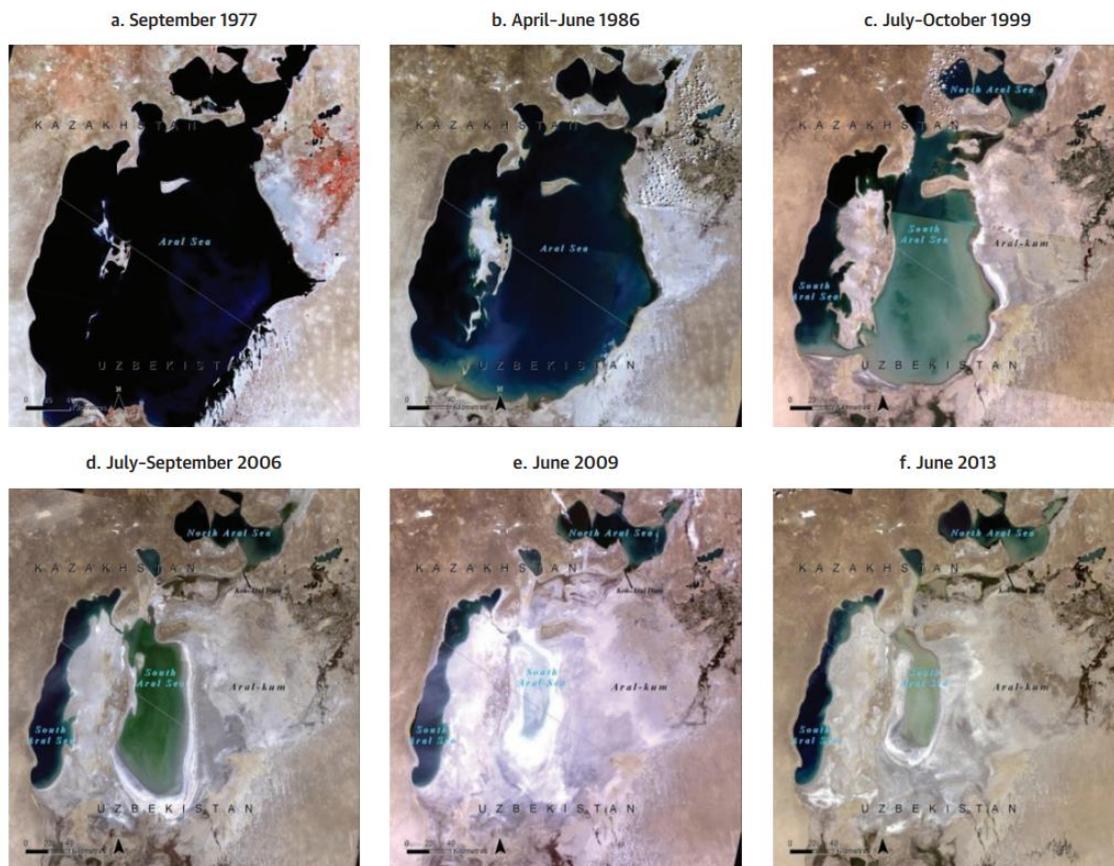
2014	2015	2016	2017	2018
Fiscal crises	Water crises	Failure of climate-change mitigation and adaptation	Weapons of mass destruction	Weapons of mass destruction
Climate change	Rapid and massive spread of infectious diseases	Weapons of mass destruction	Extreme weather events	Extreme weather events
Water crises	Weapons of mass destruction	Water crises	Water crises	Natural disasters
Unemployment and underemployment	Interstate conflict with regional consequences	Large-scale involuntary migration	Major natural disasters	Failure of climate-change mitigation and adaptation
Critical information infrastructure breakdown	Failure of climate-change mitigation and adaptation	Severe energy price shock	Failure of climate-change mitigation and adaptation	Water crises

Fonte: (World Economic Forum, 2018)

Um exemplo de até onde pode ir uma crise hídrica é a história do mar de Aral. Este lago interior é alimentado pelos rios Amu Darya e Syr Daya, cujas áreas estão espalhadas pelos países Afeganistão, Cazaquistão, Quirguistão, Tajiquistão, Turcomenistão e Uzbequistão. Ali, o excesso de consumo hídrico para irrigação - principalmente de algodão - e uma gestão hídrica incapaz levaram a uma situação onde o mar de Aral ocupa apenas 10% do seu tamanho original, conforme ilustra a figura 2 (SADOFF; BORGOMEIO; DE WALL, 2017).

Com a redução do lago, ocorreu o aumento da salinidade da água, impactando a fauna e flora aquática. As correntes de ar transportando em forma de aerossóis o sal causaram danos à saúde das pessoas e ao meio ambiente. Houve mesmo um êxodo de 100 mil pessoas. A atividade da pesca e a biodiversidade foram impactadas. Diversas ações de recuperação estão em andamento financiadas por várias instituições, entre elas o Banco Mundial (SMALL; VAN DER MEER; UPSHUR, 2001).

Figura 2 - Imagem de satélite mostrando a redução do mar de Aral.



Source: UNEP Global Environmental Alert Service (2014) with data from USGS/NASA.

Fonte: (UNEP, 2014)

Assim como a falta de água, as cheias também têm expressivo impacto sobre a atividade econômica. A enchente de 2011 na Tailândia paralisou a produção de carros das fábricas da Nissan, Toyota e Honda. No período, as montadoras deixaram de produzir 33 mil, 240 mil e 150 mil carros, respectivamente. A Rojana Industrial Park da empresa HONDA ficou com a produção paralisada por 174 dias. O Banco Mundial estimou que, devido a esta enchente, o aumento do PIB da Tailândia que seria de

4,1% foi reduzido para 2,9% naquele ano. Apenas as três maiores companhias de seguro japonesas pagaram US\$ 5,3 bilhões pelos danos causados (HARAGUCHI; LALL. 2017).

Os extremos hídricos estão entre as preocupações do setor produtivo. Em sua análise de risco, a empresa VALE aponta em seu relatório de referência que:

Desastres naturais como vendavais, secas, enchentes, terremotos e tsunamis, podem afetar negativamente as operações e projetos da Vale nos países em que opera, e podem gerar uma contração nas vendas aos países afetados, dentre outros fatores, pela interrupção do fornecimento de energia e pela destruição das instalações industriais e infraestrutura. O impacto físico das mudanças climáticas sobre os negócios permanece incerto, mas a Vale pode experimentar mudanças nos padrões de precipitação, aumento nas temperaturas, escassez de água, aumento do nível do mar, aumento na frequência e na intensidade das tempestades como resultado de mudanças climáticas, o que pode afetar adversamente suas operações”.

Como reação, entre outras, a empresa exibe em seu relatório uma redução de 35% no consumo de água em cinco unidades na área de negócio de minério de ferro e pelotas (VALE, 2017).

A AMBEV – indústria brasileira do segmento de bebidas - em seu formulário de referência analisa os riscos aos resultados operacionais da companhia. Entre outros, o relatório aponta os riscos de efeitos negativos devido aos seguintes fatores: 1) desabastecimento de energia; e b) desabastecimento ou racionamento de água (CERVBRASIL, 2017).

Esta análise de risco ganha importância com os números da indústria nacional de cerveja: R\$ 77 bilhões de faturamento por ano; mais de 2,2 milhões de empregos; R\$ 27 bilhões em salários; R\$ 23 bilhões em impostos por ano; 117 mil hectares de cultivo de cereais; 50 fábricas, respondendo por 14 % da indústria de transformação (CERVBRASIL, 2017).

A avaliação do risco associado aos extremos hídricos já faz parte das análises de financiamento das instituições bancárias. O Bank of America Merrill Lynch em estudo sobre o tema mostra que 470 investidores, representando US\$ 50 trilhões buscam informações sobre o risco do negócio associado à água junto ao Carbon Disclosure Project - organização sem fins lucrativos cujo objetivo é criar uma relação entre acionistas e empresas focada em oportunidades de negócio decorrentes do aquecimento global. Em 2011, ao mesmo tempo, 1.800 empresas de atuação global já apresentavam em seus relatórios de sustentabilidade o risco de extremos hídricos (BANK OF AMERICA, 2012).

Com o título autoexplicativo, “Teste de Estresse Hídrico- como tornar as instituições financeiras mais resilientes aos riscos ambientais”, o relatório da Natural Capital Finance Alliance (NFVA; GIZ, 2017) expõe que:

“A aplicação de uma estrutura quantitativa para avaliar os riscos em potencial para as carteiras dos bancos, utilizando a Ferramenta de Teste de Estresse Hídrico, destaca a seca como um risco até então não quantificado que em certos casos poderia ter um efeito dramático sobre as taxas de inadimplência dos empréstimos em carteira.

Secas extremas podem aumentar em 10 vezes a inadimplência de empréstimos para instituições com carteiras específicas que estejam mais expostas aos riscos de seca. Os setores mais afetados são o de fornecimento de água, agricultura e geração de energia, principalmente em países que dependem muito de energia hidrelétrica. Impactos significativos também são encontrados em setores que depende da água, tais como o de alimentos e bebidas”.

O documento tem sua metodologia aplicada em detalhes para quatro países: Brasil, Estados Unidos, China e México. Para cada país foram analisados cinco cenários variando a severidade da seca. Para cada cenário foi avaliado o risco na perda de receita da atividade econômica decorrente da escassez de água. Com estas informações as operações de empréstimos – para cada localidade – recebem uma “nota” que orientará as instituições financeiras na definição das condições de empréstimos daquele empreendimento. A figura 3 apresenta o modelo conceitual do teste.

Figura 3 - Modelo conceitual do impacto da seca nas operações financeiras.



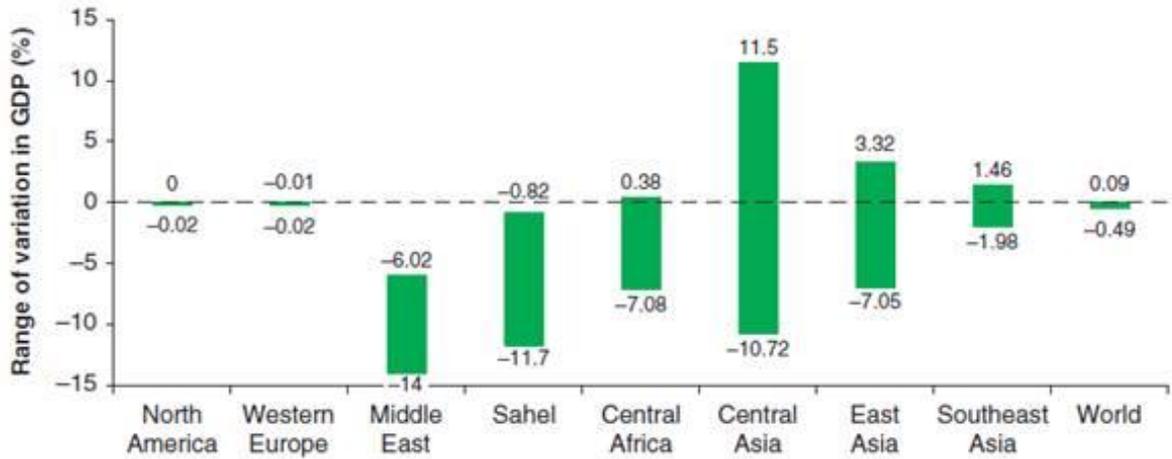
Fonte: (NFVA; GIZ, 2017)

A água é um fator de produção, assim, restrições no suprimento de água podem reduzir o crescimento econômico. Segundo estudos do Banco Mundial, por causa da escassez hídrica, algumas regiões podem ter sua taxa de crescimento diminuída em até 6% do PIB - até o ano de 2050 - como resultado de perdas na agricultura, na indústria, na saúde, nos salários e nas propriedades (WORLD BANK, 2016a).

O cenário da escassez da água ganhou novos desafios nas últimas décadas pela crescente urbanização, aumento da atividade econômica e, há alguns anos, pelos efeitos das mudanças climáticas. Os desafios que o mundo irá enfrentar nas necessárias adaptações das questões ligadas aos recursos hídricos são relevantes. A inadequada gestão das águas pode exacerbar os efeitos adversos das mudanças climáticas, enquanto boas práticas de gestão podem, ao longo prazo, neutralizá-las.

As mudanças climáticas podem trazer variação no regime de chuvas, elevação do nível do mar, aumento da intrusão salina nos aquíferos costeiros e alterações no ciclo hidrológico, aumentando a frequência e intensidades de eventos extremos como secas e inundações. Conforme o mesmo estudo do Banco Mundial, as mudanças climáticas afetarão as economias nacionais de forma desigual. Para a Ásia Central, as mudanças podem fazer o PIB variar entre + 11,5% a -10,72%. Para o Oriente Médio, o PIB pode variar entre -6,02% a -14%, conforme ilustra a figura 4.

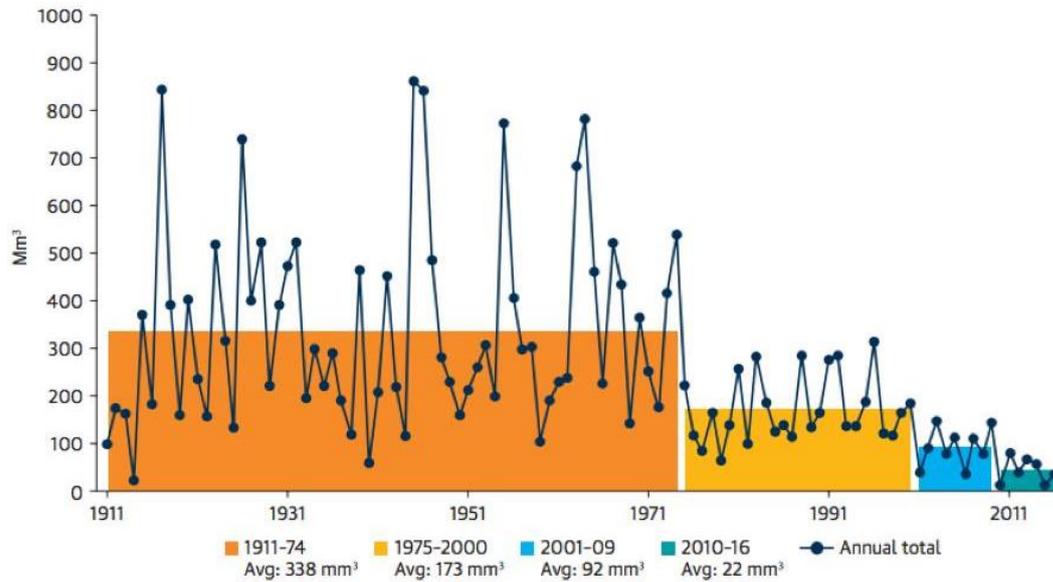
Figura 4- Impacto das mudanças climáticas no PIB em algumas regiões.



Fonte: World Bank (2016)

Um exemplo esclarecedor do fenômeno da variação do regime hidrológico vem da Austrália. Na cidade de Perth, um novo padrão de vazões tem chegado ao reservatório que atende à localidade, que conta com 2 milhões de habitantes (World Bank, 2018). A figura 5 ilustra que no período de 1911 a 1974 o aporte anual médio ao reservatório era de 338 milhões de m<sup>3</sup>. No período de 2010 a 2016, na média, o aporte caiu para 22 milhões de m<sup>3</sup>. Este padrão recente de vazões exigiu mudanças na operação do reservatório, busca por novas fontes de água -incluindo a dessalinização -, controle da demanda hídrica por medidas de restrições de consumo e uso de tarifas que induzem a redução do consumo.

Figura 5 - Histórico de vazões ao reservatório Perth, em Mm<sup>3</sup>(milhões de m<sup>3</sup>).

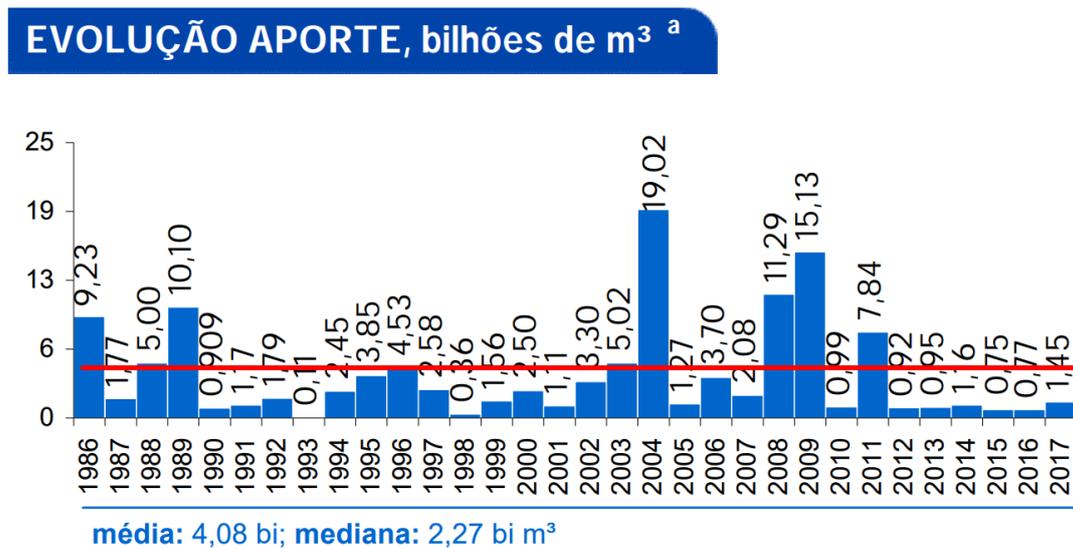


Source: Perth Water Corporation website (<https://www.watercorporation.com.au/water-supply/rainfall-and-dams/streamflow/streamflowhistorical>).

Fonte: (World Bank, 2018)

No Brasil também há casos de grande variação de aporte hídrico ao longo dos anos. Um caso elucidativo é o do Estado do Ceará: o biênio 2008-2009 teve chuvas generosas. O ano de 2010 foi um ano seco. O ano de 2011 foi muito chuvoso. De lá para cá, no período de 2012 até 2017, o Ceará vive sua mais severa e longa estiagem, com 5 anos seguidos muitos secos, conforme ilustra a figura 6. Não se trata de afirmar com este exemplo que tal fato decorre diretamente das mudanças climáticas (COGERH, 2018). Trata-se da certeza de que é preciso que a gestão dos recursos hídricos deve ser capaz de lidar com regimes de vazões com grande desvio padrão interanual, que pode ser ampliado pelas mudanças climáticas. Portanto, é necessário que as políticas públicas, assim como os investimentos públicos e privados, internalizem este fenômeno em suas diretrizes, princípios e instrumentos de ação.

Figura 6 - Volumes afluentes ao Estado do Ceará desde 1986 até 2017



Fonte: (COGERH, 2018)

Outro fenômeno é a crise hídrica alcançar regiões que não possuíam histórico de escassez. É o caso do rigor da seca que atingiu o sudeste brasileiro nos anos recentes. A cidade de São Paulo enfrentou sua mais severa crise hídrica, com intensidade máxima no ano de 2015, tendo o seu maior reservatório - o Cantareira - alcançando o volume de 3,9% de sua capacidade máxima, seu menor nível histórico. O tema foi exaustivamente debatido em todas as mídias nacionais. O assunto ficou em evidência também no noticiário internacional (SABESP, 2017).

O centro-oeste brasileiro também viveu uma de suas mais graves crises hídricas. No Distrito Federal, em 2017, foi implementado rodízio nas regiões atendidas pela CAESB, observando o limite máximo de 48 horas de interrupção do fornecimento de água, bem como redução da pressão na rede de distribuição de água. Também foi implementada a suspensão das captações de águas superficiais. Próximo dali, em setembro de 2017, o Governo do Estado de Goiás decretou situação de emergência hídrica na região metropolitana de Goiânia (CAESB, 2018).

Às vezes, a falta, em outras, o excesso. Assim como em outras latitudes, severas enchentes atingem, regularmente, o território brasileiro. No período de 1995 até 2014, o valor dos prejuízos por inundações, em todo território nacional, foi em R\$ 72,3 bilhões. De 1995 até 2015 foram 51 milhões de brasileiros afetados (WORLD BANK; UFSC, 2016).

Assim, os prejuízos que o Brasil acumula por desastres de natureza hídrica são do tamanho do país. Com os eventos hidrológicos extremos em Santa Catarina, no ano de 2008, em Alagoas e Pernambuco, no ano de 2010, e na região Serrana do Rio de Janeiro no ano de 2011, os prejuízos foram avaliados em R\$ 15,5 bilhões (WORLD BANK; UFSC, 2016).

A este cenário já complexo da variação da oferta hídrica, soma-se a crescente demanda hídrica. Estimativas sugerem que nas próximas três décadas o sistema global de produção de alimentos ampliará seu consumo de água de 40% a 50%, o setor industrial crescerá seu consumo de água de 50% a 70% e o setor de energia terá um acréscimo de consumo de 85%. E, conforme estimativa do Banco Mundial, os ecossistemas - já em situação grave - terão ainda menos água disponível. Na escala do território brasileiro a tendência é a mesma (WORLD BANK, 2016a).

Assim, a mensagem central do nexo água-alimento-energia é que as disputas entre água para produção de alimentos, água para a produção de energia, água para os ecossistemas e água para os meios urbanos-industriais serão significativos e exigirão cuidadosa avaliação dos gestores, usuários, *stakeholders* e legisladores. Entretanto, os impactos destes *trade-offs* podem ser minorados pela adoção de políticas públicas e estratégias empresariais mais eficientes (WORLD BANK, 2016a).

A crise nos centros urbanos-industriais decorre tanto da má gestão da água como da indisponibilidade do recurso natural. Contribui com esse contexto a insuficiência dos serviços de saneamento (oferta de água, recolhimento e tratamento de efluentes e do lixo e de drenagem urbana). Assim, o enfrentamento da crise hídrica exige atuação decisiva nestes dois eixos: eficiência do serviço de saneamento e a eficiência na gestão da escassez hídrica, com a adoção da gestão do risco para o enfrentamento dos eventos extremos.

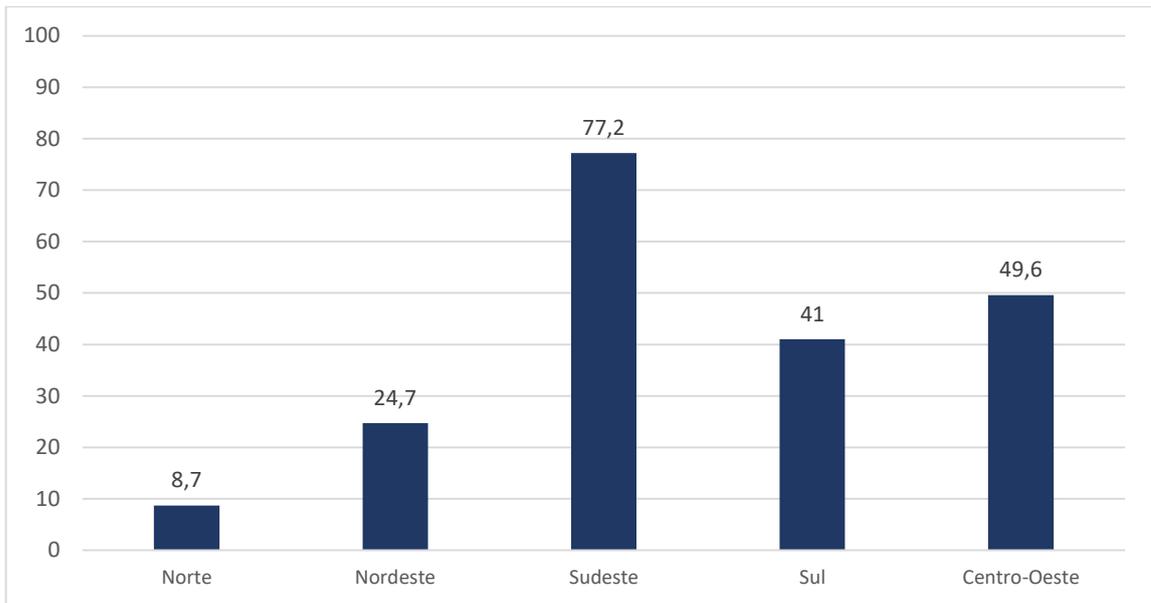
## 2.1 Os serviços de saneamento

Atualmente, cerca de 4,5 bilhões de pessoas convivem com precários serviços de saneamento. As condições insatisfatórias destes serviços ameaçam à saúde pública mundial. Estima-se que mais de 340 mil crianças morrem anualmente - quase mil crianças por dia, nos cinco continentes, antes de atingir os cinco anos - vitimadas por doenças ocasionadas pelas precárias condições de saneamento, pelos inadequados hábitos de higiene e pela água com qualidade abaixo do padrão mínimo de potabilidade (PNUD, 2017).

O tratamento das águas servidas e a saúde pública são dois lados da mesma moeda. Em média, os países de renda alta tratam cerca de 70% das águas residuais urbanas e industriais que produzem. Essa proporção cai para 38% nos países de renda média-alta e para 28% nos países de renda média-baixa. Nos países de renda baixa, apenas 8% dessas águas são submetidas a algum tipo de tratamento (SNIS, 2016). Os lançamentos de efluentes sem prévio tratamento nos corpos de água causam danos à saúde humana, além de indispor a fonte hídrica para outros usos. Também degradam o ecossistema.

O índice de esgoto coletado no Brasil ainda é um importante desafio de saúde pública. Conforme dados do ano de 2015, este índice para a região norte foi de 8,7%, já na região centro-oeste foi de 49,6%, conforme ilustra a figura 7. Se estes índices já são baixos para uma comparação entre países em desenvolvimento, é preciso alertar que o índice de esgoto tratado é mais baixo (SNIS, 2016).

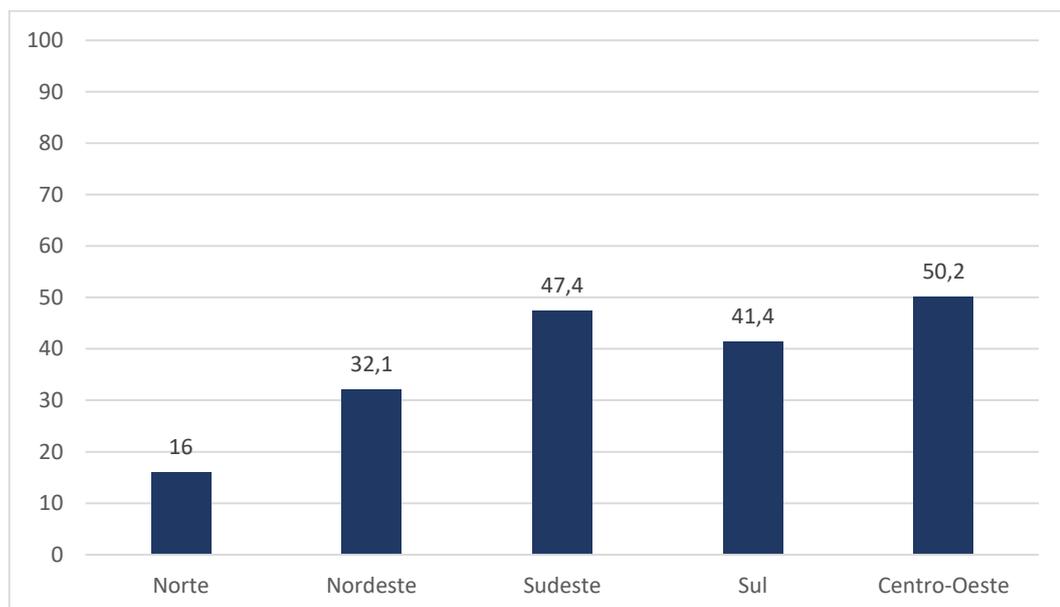
Figura 7- Índice de esgoto coletado(%) no Brasil (Ano base 2015)



Fonte: (SNIS, 2016)

Levantamentos recentes apontam que 45% da população brasileira residem em áreas onde não há tratamento de esgotos (ANA, 2017a). De acordo com os dados do ano de 2015, na região sudeste 47,4% dos esgotos são tratados, e na região centro-oeste este valor foi de 50,2%. Tudo isto para as duas regiões mais bem posicionadas do Brasil. Para a região norte, o índice foi de 16%, conforme ilustra a figura 8.

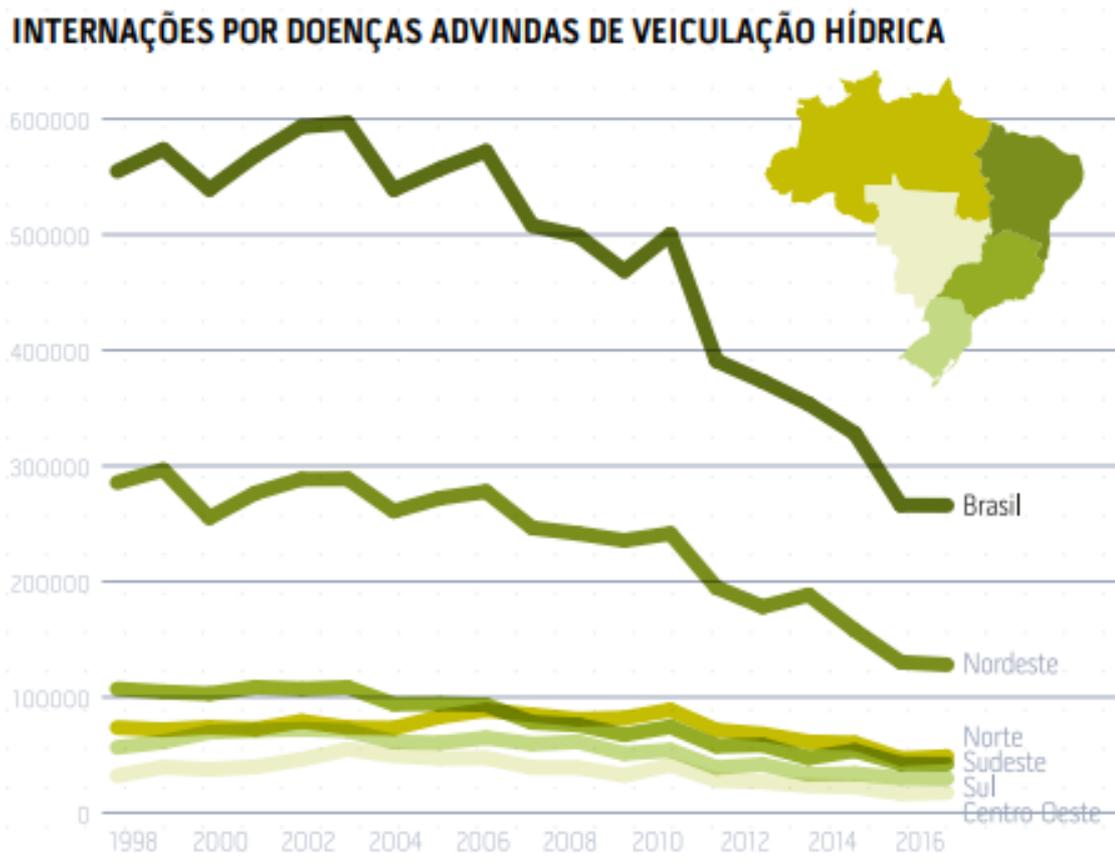
Figura 8 - Índice de esgoto tratado (%) no Brasil (Ano base 2015).



Fonte: (SNIS, 2016)

O baixo índice de cobertura e qualidade do serviço tem suas consequências na saúde pública brasileira. Em 2016, foram registradas 260 mil internações hospitalares por doenças advindas de veiculação hídrica, com números mais elevados na região nordeste (ANA, 2017a). A figura 9 mostra a queda nas internações por doenças de veiculação hídrica nos últimos anos, decorrente da progressiva ampliação das coberturas dos serviços de saneamento.

Figura 9 - Internações por doença de veiculação hídrica



Fonte: (ANA, 2017)

O impacto do lançamento de esgoto sem tratamento na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) foi explorado em um documento da FIRJAN (Federação da Indústrias do Estado do Rio de Janeiro). Lá, entre outras recomendações, destaca-se a seguinte, *ipsis litteris*, (FIRJAN, 2015):

A qualidade das águas dos rios dos Poços, Queimados e Ipiranga, que deságuam no Rio Guandu é uma ameaça ao abastecimento da RMRJ (Região Metropolitana do Rio de Janeiro). É necessário implantar, como

medida paliativa e emergencial, o projeto que já existe, de desvio das águas dos rios Poços, Queimados e Ipiranga para um ponto antes da captação da Estação de Tratamento de Água (ETA) Guandu, operada pela CEDAE e que fornece água tratada para cerca de 9,4 milhões de consumidores na RMRJ. Como medida definitiva, deve-se coletar e tratar os esgotos urbanos produzidos na Baixada Fluminense, em especial nas bacias contribuintes desses rios.

Já sobre a necessidade de redução do uso excessivo, o mesmo documento da FIRJAN mostra que o consumo médio per capita na RMRJ é de 330 Litros/hab/dia, considerado muito alto se comparado à média nacional, por exemplo, que é de 166,3 Litros/hab/dia. Por último, recomenda que uma política pública, ampla, deve incentivar a pesquisa, a produção e a comercialização de equipamentos certificados em relação ao menor consumo de água, criando subsídios para troca de equipamentos hidráulicos existentes de unidades domésticas e industriais por outros mais econômicos em relação ao consumo de água.

Há também uma relação umbilical entre saneamento e a qualidade de vida do trabalhador. A implantação de rede de esgoto reflete positivamente na saúde e na qualidade de vida do trabalhador, gerando o aumento da sua produtividade e renda. FGV (2017) mostrou que, no Brasil, por ano, 217 mil trabalhadores precisam se afastar de suas atividades devido a problemas gastrointestinais ligados à falta de saneamento. A cada afastamento, perde-se 17 horas de trabalho em média. A probabilidade de uma pessoa com acesso a rede de esgoto faltar as suas atividades por diarreia é 19,2% menor que uma pessoa que não tem acesso a rede.

Considerando o valor médio da hora de trabalho do país e apenas os afastamentos provocados pela falta de saneamento básico, os custos chegam a R\$ 787,7 milhões por ano em horas pagas e não trabalhadas. Além de outros R\$ 125,4 milhões em despesas hospitalares, conforme ilustra a tabela 1.

Tabela 1- Custos com afastamentos por diarreia

Regiões	Dias de afastamento do trabalho	Horas de trabalho perdidas	Custo com horas pagas e não trabalhadas (R\$ milhões)	Custo hospitalar com internações no SUS (R\$ milhões)
Norte	1.267.084	6.960.587	37,5	20,9
Nordeste	6.796.655	37.277.574	270,8	65,5
Sudeste	6.151.365	37.011.794	336,2	18,7
Sul	2.226.497	12.110.986	94,2	12,3
Centro-Oeste	1.025.105	5.772.587	48,8	7,9
Brasil	17.466.707	99.133.528	787,7	125,4

Fonte: (FGV, 2017)

Na escala nacional, os investimentos necessários para universalizar o serviço de água e tratamento de esgoto foram estimados pela FGV (2017), em R\$ 429 bilhões, sendo R\$ 88,2 bilhões para setor de água e R\$ 429,3 bilhões para a coleta e tratamento de esgoto (valores a preço de 2014), conforme tabela 2.

Tabela 2 - Investimentos para a universalização dos serviços (valores de 2014)

Regiões	Distribuição de água tratada (R\$ bilhões)	Coleta e tratamento de esgoto (R\$ bilhões)	Total (R\$ bilhões)
Norte	16,310	41,944	58,254
Nordeste	29,127	161,371	190,498
Sudeste	25,096	76,319	101,416
Sul	9,510	43,395	52,906
Centro-Oeste	8,191	18,050	26,241
Brasil	88,235	341,079	429,314

Fonte: (FGV, 2017)

A busca pela universalização tem considerável impacto na geração de empregos. FGV (2017) afirma que:

Estes investimentos na direção da universalização do serviço potencializarão os 68,3 mil empregos diretos gerados por ano pelos investimentos em saneamento no Brasil. Estima-se que foram gerados cerca de 37 mil empregos indiretos por ano na cadeia produtiva da construção na média do período de 2005 a 2015.

A universalidade ao acesso à água é apenas um dos lados da moeda. Também é fundamental reduzir o risco de desabastecimento de água e garantir a modicidade tarifária. O Estado do Ceará, enfrentando grave crise hídrica, criou, em 2017, por meio Decreto Estadual Nº 32.159, de 24 de fevereiro de 2017, o Encargo Hídrico

Emergencial, uma tarifa de contingência, a ser cobrada das indústrias termoeletricas com valores que variaram de R\$ 3.101,39 a R\$ 2.067,59 por cada 1.000 m<sup>3</sup>. Em resposta, a Empresa ENEVA S.A. fez um comunicado relevante ao mercado informando que o equilíbrio econômico-financeiro do contrato foi ameaçado, uma vez que o encargo extra equivale a três vezes o valor mensal praticado com o serviço de água (ENEVA, 2017).

É necessário antecipar cenários de crise aguda, de forma que haja tempo e condições para negociar com os envolvidos as soluções possíveis. Uma indústria, por exemplo, pode buscar fontes alternativas – poços, adutoras, reúso, dessalinização, diminuição de perdas no sistema, etc. – contanto que esteja constantemente alerta e atenta às informações atuais e relevantes, antevendo assim cenários críticos e tomando decisões de investimentos que afastem o risco do desabastecimento. Aliás, os custos envolvidos na reação à escassez serão sempre maiores nas situações de urgências. Uma vez havido um bom acompanhamento dos fatos, a reação virá planejada, sem afogadilho, e com custos seguramente menores.

O documento *Comparações internacionais - uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro* realizou estudos comparativos com 6 países no quesito serviço de saneamento. Da Alemanha e do Japão, destacaram-se os baixos índices de perdas. Do Chile, a expressiva participação do setor privado. Na Inglaterra, a forte regulação independente do setor. Dos Estados Unidos, investimentos condizentes com as exigências dos gargalos da infraestrutura. Do Canadá, destaque para a visão integrada no planejamento dos recursos hídricos. Portanto, para o cenário brasileiro é necessário implantar aqui, total ou parcialmente, cada um destes destaques (CNI, 2017).

Com o lançamento do PPI (Programa de Parcerias de Investimento), por meio da Lei Federal Nº 13.334/2016, o Governo Federal decidiu expandir investimentos para universalizar o atendimento dos serviços de saneamento à população. Entretanto, a grave crise financeira e a complexa situação política que atingiram o Brasil no biênio 2016-2017 - que ainda perdura nestes meses de 2018 - embaçaram o avanço do programa.

A Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base apresentou algumas propostas para retomada nos investimentos em infraestrutura. Em síntese, defende o fortalecimento regulatório e a ampliação da participação do investimento privado no setor (ABDIB, 2017).

Quanto ao serviço de oferta de água no território nacional, a situação é melhor. Principalmente nas áreas urbanas. Nas áreas rurais, ainda há muito avanço a perseguir. Conforme SNIS (2016), na região norte, 69,2% da população urbana é servida pelo sistema de fornecimento de água. Incluindo as populações rurais e urbanas, este número cai para 56,9%. A região melhor servida é a sul, com índice de 98,1% para a população urbana, conforme ilustra a tabela 3.

Tabela 3 - Índice de atendimento (%) com água dos municípios, ano base 2015

Região	Total	Urbano
Norte	56,9	69,2
Nordeste	73,4	89,6
Sudeste	91,2	96,1
Sul	89,4	98,1
Centro-Oeste	89,6	97,4

Fonte: (SNIS, 2016)

No Brasil, em 2016, 87,3% dos domicílios ligados à rede geral tinham disponibilidade diária de água, percentual que era de 66,6% para a região Nordeste. Na região, em 16,3% dos domicílios o abastecimento ocorria de uma a três vezes por semana e em 11,2% dos lares de quatro a seis vezes (IBGE, 2016). Contudo, a presença da rede de água chegando às casas não garante a entrega do serviço.

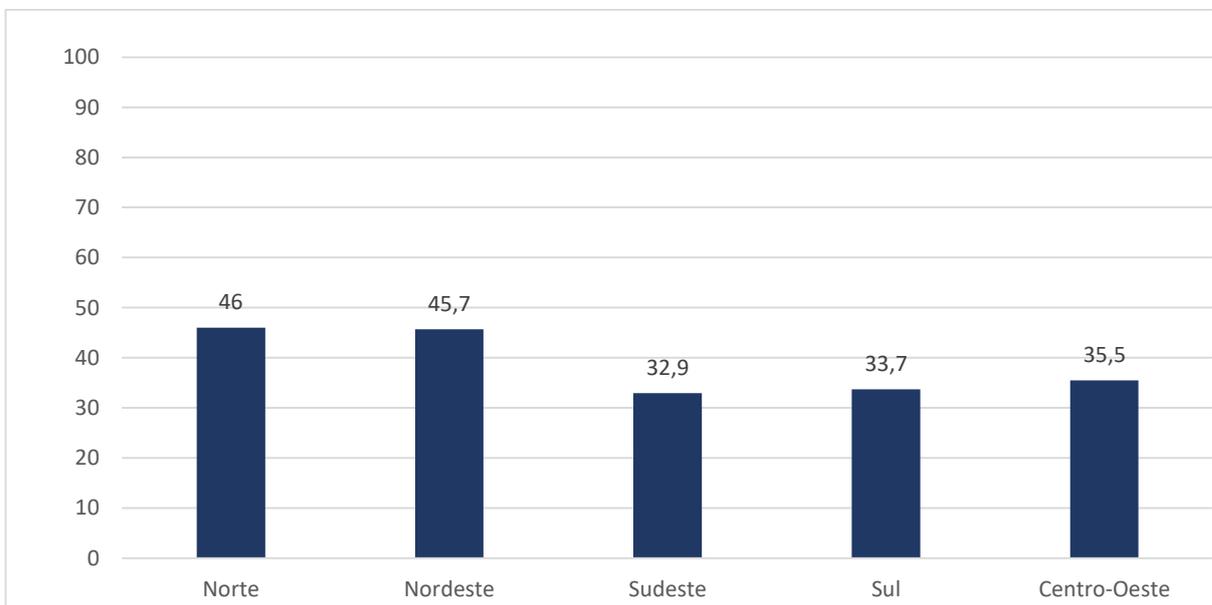
O fato de haver uma adutora chegando ao reservatório de uma cidade e da lá ramificações ligando-o às residências não significa que a região é atendida regularmente pelo serviço de água. Há rodízios que levam água no regime de 1 dia com água para 7 sem água, às vezes, em situações até piores. Inclusive para cidades de grande porte, como é o caso de Campina Grande (PB) que, na crise do biênio

2015-2016, viveu um rodízio de 1 dia com água para 3 dias sem água (informação pessoal)<sup>1</sup>.

Mas esta situação pode se repetir em outras áreas do país. O próprio Distrito Federal estava em situação de rodízio durante o Fórum Mundial de Água, ocorrido em março de 2018. A qualidade do serviço de água no Distrito Federal sempre foi adequada, mas a grave seca que atingiu o centro-oeste brasileiro também o alcançou (informação pessoal)<sup>2</sup>.

A cobertura do serviço de água tem um calcanhar de Aquiles: a eficiência. Com relação ao índice de perdas de água na distribuição o país tem um longo caminho a percorrer. Para o ano de 2015, na região nordeste, o índice de perdas foi de 45,7%, já na região centro-oeste foi de 35,3%, conforme ilustra a figura 10. Estes índices são a soma das perdas físicas com as perdas comerciais. Os países mais bem colocados têm índices de perdas variando de 5 a 10%.

Figura 10 - Índices de perdas dos serviços de distribuição de água.



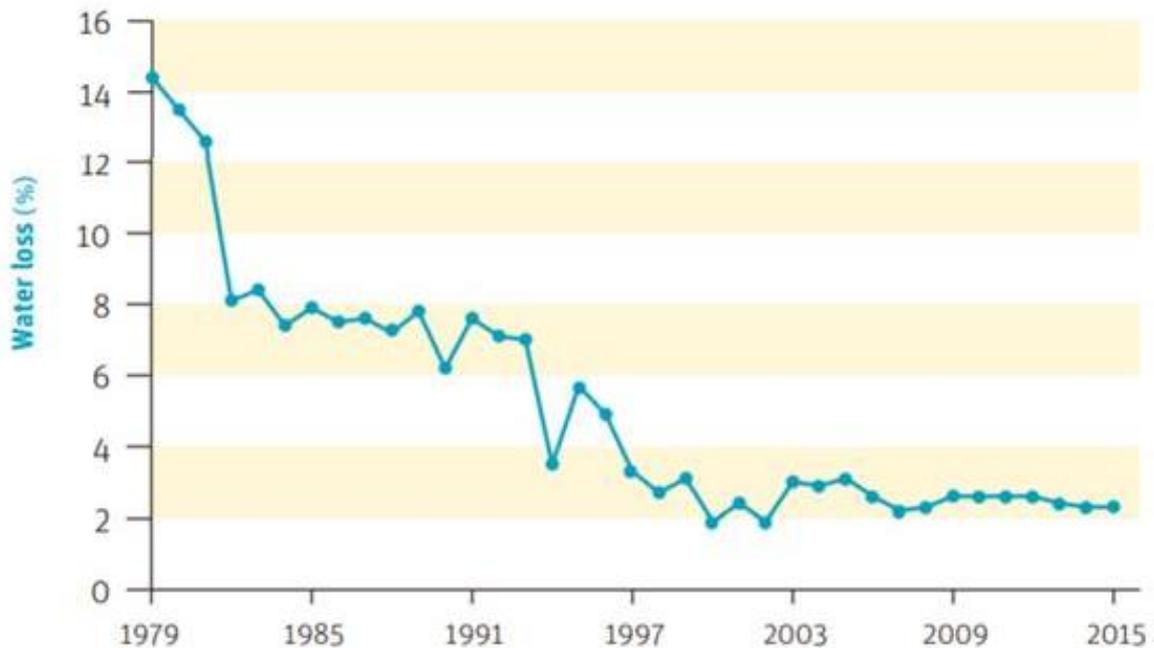
Fonte: (SNIS, 2016)

<sup>1</sup> Diálogo com os representantes da CAGEPA (Companhia de Água e Esgoto da Paraíba), na cidade de Campina Grande, em outubro de 2017.

<sup>2</sup> O autor participou do Fórum Mundial da Água e acompanhou pelos jornais do DF as notícias narradas.

Do outro lado do mundo, a cidade de Fukuoka (Japão) exibe perdas de água na rede de distribuição de apenas 2%, conforme ilustra a figura 11. A referência pesquisada deixa claro que este índice de perdas se refere exclusivamente às perdas físicas do líquido por vazamentos na rede de distribuição. Não se trata de perdas comerciais como inadimplência, adulteração de hidrômetros, imprecisão do hidrômetro, consumidores sem medidores de consumo, etc (WORLD BANK, 2018).

Figura 11 - Perdas de água no sistema de água de Fukuoka (Japão)



Fonte: (World Bank, 2018).

No caso brasileiro, cabe destacar que há um controverso debate sobre a representatividade dos números do SNIS. Embora sejam declarados pelas companhias de saneamento, parece haver algum deslocamento entre a perda real e a perda declarada, decorrente de um preenchimento pouco acurado dos formulários. Também não há uma padronização na forma do cálculo das perdas, embaçando um pouco o debate (comunicação pessoal)<sup>3</sup>.

Há, entretanto, a certeza que é preciso mais eficiência nos serviços de saneamento do Brasil. Esta água perdida faz falta aos aglomerados urbanos e aos parques

<sup>3</sup> Diálogo do autor com representantes da EMBASA, CASAL e COMPESA, nos anos de 2016 e 2017.

industriais, pois muitas indústrias são servidas pelas redes dos serviços públicos de saneamento.

Sobre a grave crise hídrica na região metropolitana de São Paulo no final do ano de 2015, SABESP (2017), entre reflexões e aprendizados sobre a superação, afirma que “o desperdício não deve ser evitado. O desperdício de água deve ser eliminado”.

## 2.2 A oferta da água no território nacional

Estudo da Agência Nacional de Águas mostra que **83% da disponibilidade hídrica superficial (m<sup>3</sup>/s) do Brasil estão na região hidrográfica do rio Amazonas**, onde habitam cerca de 5% da população brasileira (ANA, 2017a). As tabelas 4 e 5 ilustram esta irregular distribuição. Chama a atenção, entre outros, o fato de que na região hidrográfica do Paraná há apenas 5,6% da disponibilidade hídrica nacional, embora lá se produz 45,5% do PIB brasileiro. É certo afirmar que o Brasil detém a maior reserva hídrica mundial, entretanto há uma marcante desigualdade na distribuição destas águas por bacias hidrográficas.

Enquanto 83% da disponibilidade hídrica está na bacia hidrográfica amazônica, lá a densidade populacional é de apenas 2,7 habitantes por km<sup>2</sup>. Já na bacia do atlântico sudeste há 1,7% da disponibilidade hídrica brasileira, porém com 136,7 habitantes por km<sup>2</sup>. Nesta região, localiza-se a bacia do rio Paraíba do Sul<sup>4</sup> que atende parte da oferta hídrica das regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro, com cerca de 30 milhões de habitantes e forte presença do setor industrial. Esta é uma região com graves crises hídricas.

---

<sup>4</sup> Uma contribuição à geografia dos recursos hídricos. IBGE. 2016. Disponível em [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97884\\_cap7.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97884_cap7.pdf)

Tabela 4 - Distribuição da água superficial no território nacional.

Região hidrográfica	Precipitação média anual (mm)	Disponibilidade hídrica (m <sup>3</sup> /s)	Disponibilidade Hídrica (%)	Participação no PIB (%)
Amazônica	2.253	65.617	83,5%	3,7
Atlântico Leste	940	271	0,3%	4,5
Atlântico Nordeste Ocidental	1.791	397	0,5%	1,1
Atlântico Nordeste Oriental	841	218	0,3%	6,5
Atlântico Sudeste	1.400	1.325	1,7%	17,8
Atlântico Sul	1.573	513	0,7%	8,6
Paraguai	1.342	1.023	1,3%	1,1
Paraná	1.490	4.390	5,6%	45,5
Parnaíba	1.040	325	0,4%	0,7
São Francisco	938	875	1,1%	5,6
Tocantins-Araguaia	1.760	3.098	3,9%	2,8
Uruguai	1.689	550	0,7%	2,1

Fonte: (ANA, 2017a)

Tabela 5 - Densidade populacional por bacia hidrográfica (ano base 2015).

Região hidrográfica	Área (km <sup>2</sup> )	População	Densidade (hab/km <sup>2</sup> )	Participação no PIB (%)
Amazônica	3.869.953	10.485.790	2,7	3,7
Atlântico Leste	388.160	16.174.377	41,7	4,5
Atlântico Nordeste Ocidental	274.301	6.393.828	23,3	1,1
Atlântico Nordeste Oriental	286.802	25.278.051	88,1	6,5
Atlântico Sudeste	214.629	29.339.937	136,7	17,8
Atlântico Sul	187.522	13.574.899	72,4	8,6
Paraguai	363.446	3.111.356	8,6	1,1
Paraná	879.873	64.322.182	73,1	45,5
Parnaíba	333.056	4.209.040	12,6	0,7
São Francisco	638.576	15.015.855	23,5	5,6
Tocantins-Araguaia	918.822	8.992.847	9,8	2,8
Uruguai	174.533	4.136.331	23,7	2,1

Fonte: (ANA, 2017a)

As reservas de águas subterrâneas também estão distribuídas de forma irregular no território nacional, tendo a região amazônica 67% do potencial explorável dos aquíferos em território nacional, conforme ilustra a tabela 6. Em certas regiões esta fonte é imprescindível para cidades, indústrias e a agricultura.

Tabela 6 - Distribuição da água subterrânea no território nacional.

Região hidrográfica	Área afluente (%)	Reserva Potencial Direta (m <sup>3</sup> /s)	Reserva Potencial Explotável (m <sup>3</sup> /s)
Amazônica	92,3	27.898	9.809
Tocantins-Araguaia	82,4	3.702	1.064
Atlântico Nordeste Ocidental	83,7	1.064	223
Parnaíba	64,3	537	218
Atlântico Nordeste Oriental	95,1	213	79
São Francisco	96,6	1.194	334
Atlântico Leste	96,3	388	137
Atlântico Sudeste	96,6	402	148
Atlântico Sul	84,7	746	272
Uruguai	89,7	1.082	433
Paraná	94,3	3.388	1.479
Paraguai	89,8	2.036	450

Fonte: (ANA, 2017a)

### 2.3 A demanda de água por setor usuário

O uso da água no território brasileiro atende a múltiplas finalidades. Do total da água retirada no território brasileiro - para o ano de 2016 foram 2.057 m<sup>3</sup> a cada segundo - 46,2% destinaram-se à irrigação, seguida, por ordem de consumo, do resfriamento das termoeletricas, indústrias, abastecimento animal e mineração, conforme ilustra a figura 12 (ANA, 2017a).

Figura 12 - Total de água retirada no Brasil



Fonte: (ANA, 2017a)

Mas é preciso considerar a distinção entre **água retirada** e **água consumida**. Parte da água retirada é consumida no processo produtivo e outra parte retorna ao leito do rio. Assim, o conceito de água consumida é aquela parte da água retirada que não retorna ao leito do rio. Por exemplo, parte da água usada para resfriar equipamentos em plantas termoeletricas retorna ao rio com a temperatura acrescida. Somente uma parte evapora no processo e não estará disponível para outro uso. Sob esta métrica do consumo, **a irrigação responde por 67,2% da água consumida** no Brasil, seguido do abastecimento animal com 11,1 % e da indústria com 9,5%, conforme ilustra a figura 13. A produção agrícola e pecuária brasileira, assim, responde por 78,3% (= 67,2% + 11,1%) do volume de água consumido no país (ANA, 2017a).

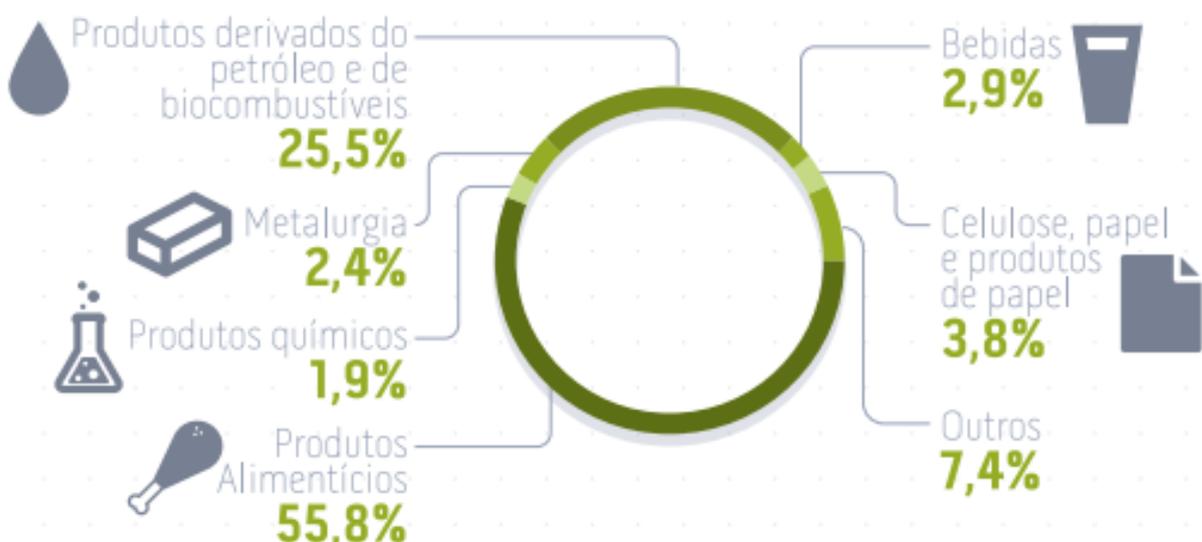
Figura 13 - Total de água consumida no Brasil



Fonte: (ANA, 2017a)

Nos registros da Agência Nacional de Águas constata-se um consistente crescimento nas vazões de retirada para o setor industrial, com destaque para as regiões sudeste e nordeste. Segundo o mesmo estudo o setor de produtos alimentícios lidera o consumo de água na indústria, seguido do setor de derivados de petróleo e de biocombustíveis, conforme ilustra a figura 14.

Figura 14 - Consumo de água industrial no Brasil



Fonte: (ANA, 2017a)

Entretanto, há que se destacar que estes números precisam ser analisados com cuidado. O modo de estimativa deste consumo de água foi feito por meio de índices de consumo de água por tipo de indústria e por número de colaboradores. Tal método certamente não é o mais adequado. Conforme justificativa, a ausência regular e ampla de medições de vazões nas várias fases do processo produtivo impediu uma estimativa mais acurada (ANA, 2017b). Na época do lançamento do texto da Agência Nacional de Águas intitulado “Água na indústria: uso e coeficientes técnicos”, a CNI apresentou suas preocupações com o método utilizado, requerendo atualização das informações com objetivo de qualificar a estimada das demandas hídricas para o setor industrial.

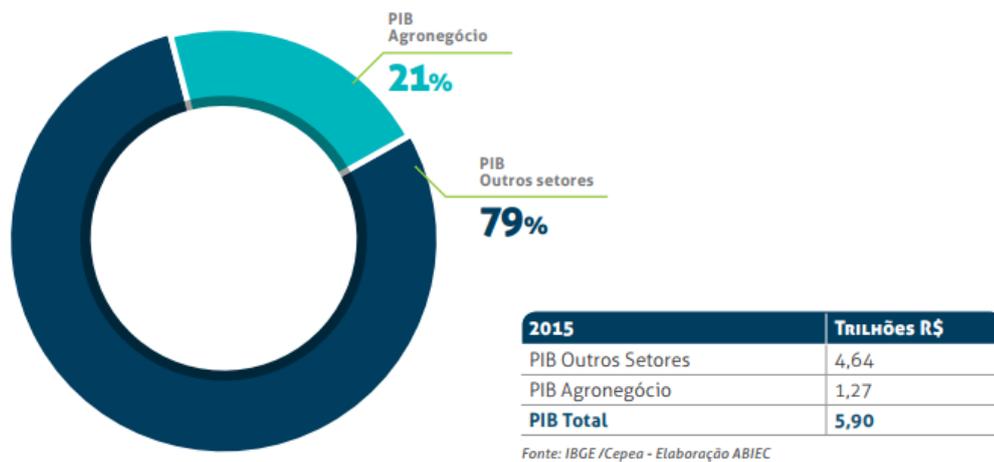
Do exposto, resta claro que há um expressivo conjunto de usos das águas que moldam o funcionamento da sociedade: as águas que atendem às áreas urbanas, as águas utilizadas nas atividades econômicas, às águas utilizadas nos processos de geração de energia e as águas que compõem e formam os ecossistemas nacionais. Também há o desafio da redução de riscos aos eventos climáticos extremos - secas, inundações e deslizamento de terras, tão presentes na realidade nacional. Também é preciso reconhecer os valores imateriais da água, como seu valor cênico tão importante para a cadeia da atividade econômica do turismo.

Há também os valores religiosos tão comum quanto universal nas sociedades ribeirinhas. Um caso tradicional no rio São Francisco é a procissão fluvial Bom Jesus dos Navegantes que ocorre desde o ano de 1884, na cidade de Penedo, próximo à foz. Nos períodos de vazões baixas, é solicitado um pulso de cheia do reservatório de Xingó para que os barcos façam a travessia em segurança. O volume de água deste pulso de vazão às vezes faz falta aos irrigantes de montante, principalmente nos períodos de severas secas. O tema água é capaz de promover este encontro multifacetado de demandas e visões tão distintas. Aliás, em janeiro de 2018, devido à crise hídrica severa, o pedido do “pulso de vazão” foi negado.

## 2.4 A agroindústria e o consumo de água

A agroindústria é um setor muito importante para a economia brasileira. Em 2015, o PIB do agronegócio alcançou R\$1,26 trilhão, representando 21% do PIB brasileiro, conforme exibe a figura 15. Já o PIB da pecuária chegou a R\$ 400,7 bilhões, representando 30% do agronegócio brasileiro (ABIEC, 2017). Esses números, por si só, mostram a importância deste setor tão dependente da oferta de água.

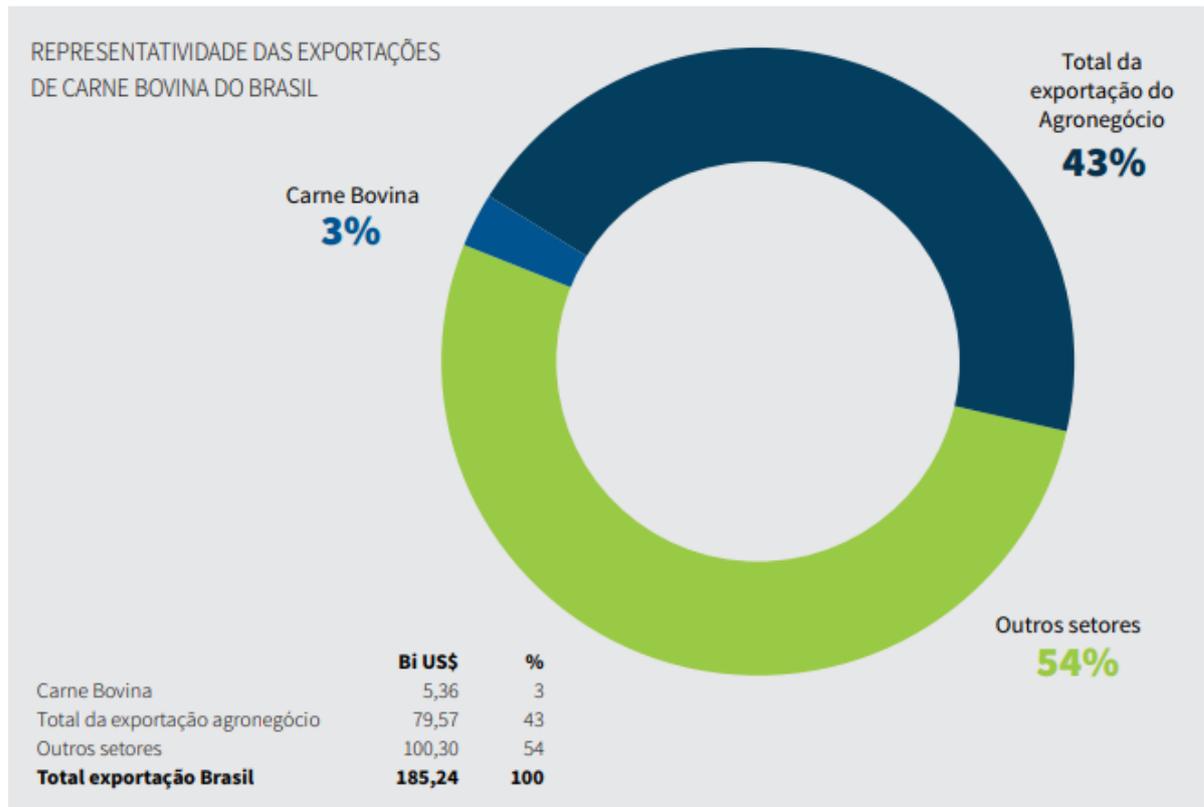
Figura 15 - A participação do agronegócio no PIB brasileiro (Ano base 2015)



Fonte: (ABIEC, 2016)

O Brasil tem 63 milhões de hectares dedicados à agricultura. Apenas a Índia, Estados Unidos, China e Rússia tem maior área dedicada à atividade. Na pecuária, os números são ainda mais expressivos. A Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC) reúne 31 empresas do setor no País, responsáveis por 92% da carne negociada para mercados internacionais. Conforme seus relatórios, o Brasil possui 209 milhões de cabeças de gado distribuídos em 167 milhões de hectares. Uma lotação de 1,25 cabeça por hectare. O rebanho do Brasil é o maior do mundo, com um total de 13,8% do total mundial. A cadeia da pecuária e cadeia da agricultura respondem por 46% das exportações brasileiras, conforme ilustra a figura 16. Esta cadeia de produção exige água no campo e na indústria de processamento.

Figura 16- Participação do agronegócio e da carne bovina nas exportações

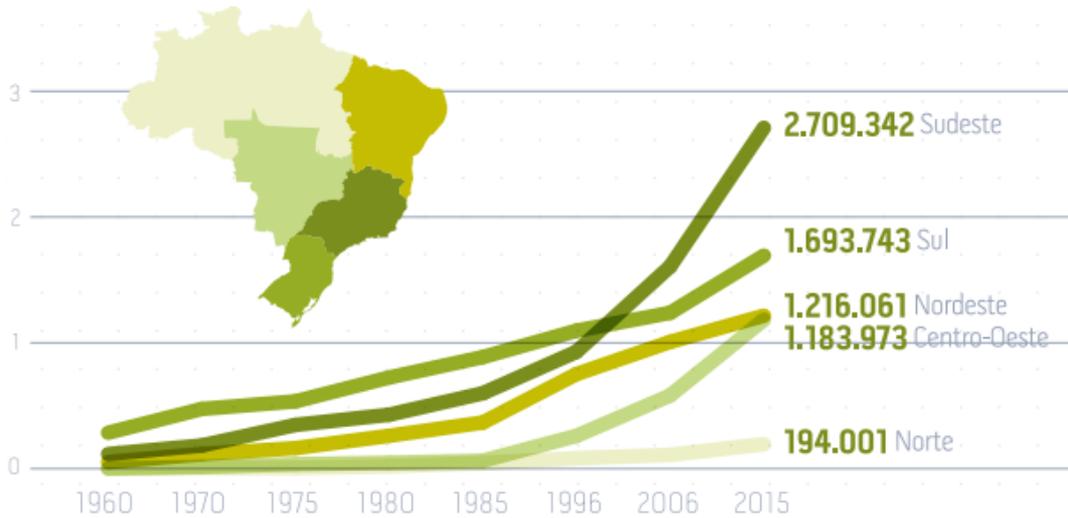


Fonte: (ABIEC, 2016)

Apesar da crise vivenciada pelo país no último triênio, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento classificou o ano de 2017 como “excepcional”, com expectativa que “o PIB do setor agropecuário avance 10,9%”. A tendência é mesmo de crescimento.

A disponibilidade hídrica e a produção agrícola são indissociáveis. O crescimento deste setor depende da segurança hídrica de suas operações. A figura 17 mostra a ampliação na área irrigada nos últimos 55 anos. Os dois setores, pecuária e agricultura, estão ligados por muitas das suas operações diárias. Por exemplo, uma parte importante da produção agrícola, em especial o milho, serve de insumo à atividade da pecuária.

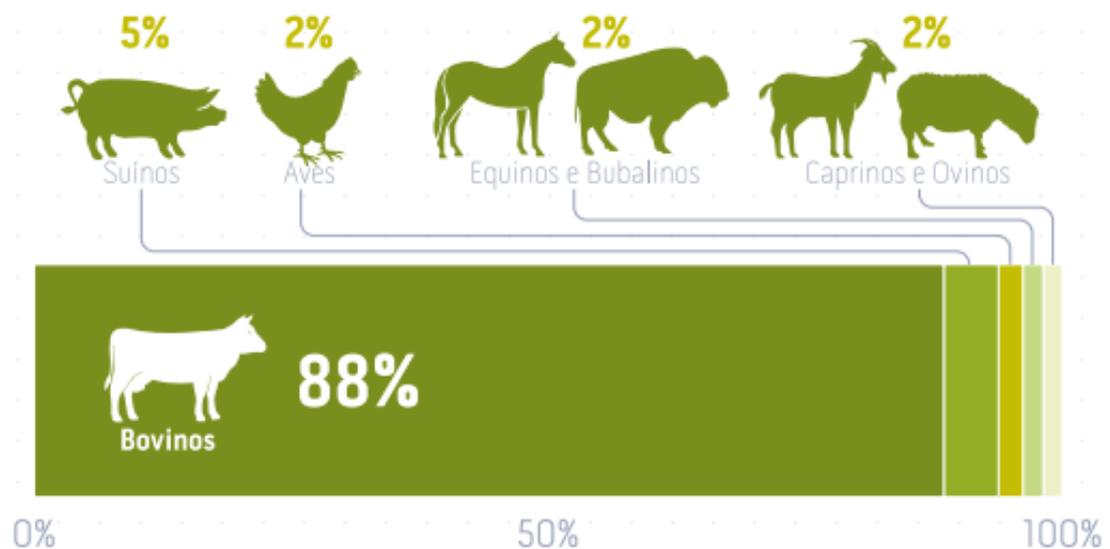
Figura 17 - Evolução da área irrigada no Brasil (milhões de hectares)



Fonte: (ANA, 2017a)

Conforme dados de outorgas de direito de usos de recursos hídricos disponíveis, no segmento pecuária, a criação de bovinos é a maior usuária de água, seguida da criação de suínos e aves, conforme ilustra a figura 18. Em 2017, o Brasil foi o segundo maior produtor e campeão mundial de exportações de frango. Quanto a carne suína o Brasil ocupa a quarta posição mundial de produtor e exportador (ABPA, 2018).

Figura 18 - Distribuição de demanda hídrica por tipo de rebanho.



Fonte: (ANA, 2017a)

O Brasil também é o maior produtor e exportador de café do mundo e cultiva duas espécies de café. A área total plantada com a cultura do café (arábica e conilon) totaliza 2,2 milhões hectares. Considerando as estimativas de produção divulgados para as safras 2017 e 2018, e os preços médios pagos aos produtores em dezembro de 2016 e dezembro de 2017, respectivamente, a receita bruta de café arábica foi estimada em R\$ 19,13 bilhões na safra 2018, 11,5% superior aos R\$ 17,15 bilhões da safra 2017 (CONAB, 2018).

O cafeeiro irrigado é uma realidade nas mais diversas áreas de produção no Brasil, sendo que a adoção de sistemas de irrigação mais eficientes, como o gotejamento, tem sido o mais acessível aos cafeicultores. Segundo a Embrapa Café, cerca de 25% a 30% da área de cultivo de café no país utiliza métodos de irrigação modernos, com equipamentos que já apresentaram uma redução de 50% no uso de água por saca produzida.

Em vários segmentos econômicos, a gestão deste recurso natural nos processos produtivos se tornou imprescindível e, no universo do café, essa é uma marca registrada. As instituições integrantes do Consórcio Pesquisa Café, coordenado pela Embrapa Café, desenvolveram soluções tecnológicas para o uso eficiente da água na cafeicultura que, além de racionalizar o uso da água, permitem otimizar a produtividade, a qualidade do produto e reduzir custos de produção.

Tais tecnologias, como os sistemas mais eficientes de irrigação, a técnica do estresse hídrico controlado, o sistema de limpeza de águas residuais no processo pós-colheita e o polímero hidroretentor de água contribuem para uso parcimonioso dos recursos hídricos e, conseqüentemente, para o aumento da renda dos cafeicultores (CECAFE, 2017).

A água necessária para a agricultura irrigada ou para o pasto que sustenta a pecuária precisa estar em harmonia com outros usos hídricos, especialmente com o setor de geração de energia. Estes dois setores têm vários casos de conflitos no território brasileiro. A oferta de água e a oferta de energia estão interligadas. São necessários volumes significativos de água em quase todos os processos de geração de energia, desde a produção hidrelétrica, o resfriamento e outros usos nas usinas térmicas, até

a extração e o processamento de combustíveis. Em sentido inverso, o setor hídrico precisa de energia para captar, tratar e transportar a água. Tanto a energia como a água são usadas na produção agrícola, inclusive em culturas destinadas a gerar energia por meio dos biocombustíveis. O próximo item trata deste tema.

## **2.5 A matriz energética brasileira e o consumo de água**

O Brasil destaca-se mundialmente pela importante presença de fontes renováveis em sua matriz de energia elétrica, liderada pela hidroeletricidade e pela biomassa – esta proveniente principalmente da queima do bagaço nas 399 unidades industriais do setor cana de açúcar (IEA, 2017).

O setor sucroenergético brasileiro conta com 371 unidades produtoras em atividade, gerando mais de 900 mil empregos formais diretos gerados apenas pelo setor produtivo e 70 mil produtores rurais de cana-de-açúcar independentes. O setor gera US\$ 10 bilhões em divisas externas geradas, em números do ano em 2014, com as exportações de açúcar e de etanol. Como resultado, o setor sucroenergético foi o terceiro segmento na pauta de exportação do agronegócio do Brasil naquele ano. O valor bruto movimentado pela cadeia sucroenergética supera US\$ 100 bilhões, com um PIB de aproximadamente US\$ 43 bilhões (montante equivalente a cerca de 2% do PIB brasileiro).

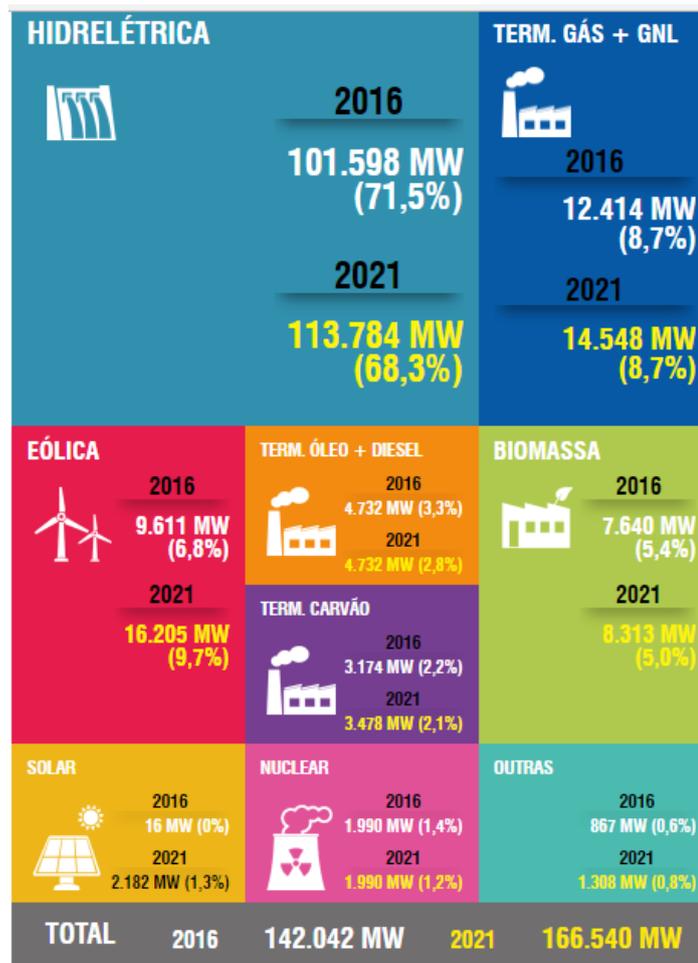
O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. O país produz mais de 632 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano (safra 2014/2015), também é o maior produtor de açúcar, com 36 milhões de toneladas produzidas e 24 milhões de toneladas exportadas no ciclo 2014/2015 - quantias equivalentes a 20% da produção global e 40% da exportação mundial, respectivamente. No caso do etanol, o país é o segundo maior produtor, com *ranking* liderado pelos Estados Unidos. Na safra 2014/2015, o volume de etanol produzido foi de 28 bilhões de litros (UNICA, 2015).

O país tem a maior capacidade instalada de geração de energia por meio da fonte biomassa, com 15,3% do total mundial. Somente a bioeletricidade da cana detém hoje

5,4% da potência instalada no Brasil e quase 79% da fonte biomassa (ONS, 2018). Esta é a terceira fonte de geração da nossa matriz elétrica, atrás somente das fontes hídrica e fóssil. No caso do setor da energia de biomassa a água participa irrigando os canaviais e no processo industrial de fabricação de vapor e do resfriamento dos equipamentos. Há assim um ciclo indissociável entre o setor de água e energia. Se falta irrigação, cai a produção de biomassa que por sua vez diminui a geração de vapor, reduzindo a geração de energia. O balanço térmico da industrial também depende da quantidade de água.

Como se vê na figura 19, no Brasil, 71,5% da energia elétrica provém da força hidráulica, transformando energia potencial em energia cinética. E nos geradores transformando energia cinética em energia elétrica. Sem água não há estas formas de energia.

Figura 19 - Fontes de energia elétrica no Brasil



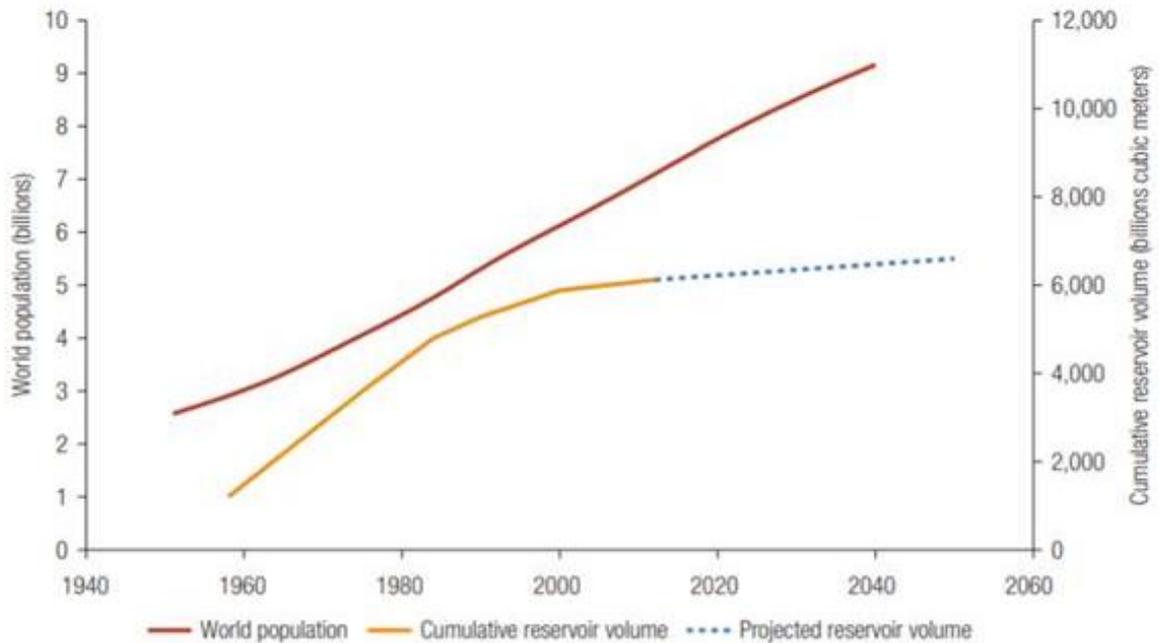
Fonte: (ONS, 2018)

A crise hídrica foi um dos fatores que indicou a necessidade de ajustes na matriz de geração elétrica no Brasil. A energia hidráulica seguirá significativa, mas a sua participação na matriz será alterada. De um primeiro lado, a água tem se tornado escassa. De um segundo lado, os melhores potenciais de geração hidroelétrica já foram usados. De um terceiro lado, a demanda por energia segue crescendo. De um quarto lado, a inovação reduzindo o preço das placas solares fotovoltaicas e das torres de geração eólica. Estes movimentos integrados resultaram em uma expansão nacional da energia eólica e solar. Em especial a energia eólica que saltou de uma geração de 5.050 GWh, em 2012, para 33.489 GWh, em 2016 (EPE, 2017).

O Brasil, no ano de 2016, teve US\$ 5,4 bilhões investidos no setor eólico. Considerando o período de 2009 a 2016, esse número chega a US\$ 32 bilhões (ABEEÓLICA, 2017). A crise hídrica terminou por trazer importantes investimentos ao país e, sobretudo, afastou o risco de desabastecimento de energia elétrica para as cidades e para indústria nacional. Esta segurança de fornecimento de água e energia é essencial para o desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira. Há um debate intenso sobre o preço da energia oriunda das fontes eólica e solar, pois a fonte hidráulica ainda apresenta os menores custos. Entretanto, foge ao escopo desta tese uma apresentação detalhada desta discussão devido aos vários elementos que são considerados na definição do preço da energia.

Não obstante, é possível afirmar que a geração de energia e a ampliação da oferta de água ainda dependem de novas obras civis, especialmente, os reservatórios. Entretanto, a força dos movimentos contrários às barragens tem tido êxito. Está mais raro este tipo de projeto. Não foi encontrada uma estatística da capacidade de armazenamento nos reservatórios por habitante no território brasileiro. Foi possível obter esta informação na escala global. A figura 20 mostra que a capacidade de armazenamento por habitante está em uma tendência decrescente (WORLD BANK, 2017c). O fato merece reflexão, pois crise hídrica mundial também, e ainda, deve ser enfrentada pelo lado da oferta.

Figura 20 - Crescimento populacional e capacidade de acumulação dos reservatórios



Fonte: (World Bank, 2017c)

## 2.6 O desequilíbrio da oferta e da demanda hídrica

A relação entre oferta e demanda hídrica já dá sinais de desequilíbrio estrutural em algumas regiões do Brasil. A crise hídrica nacional pode ser descrita com a ajuda de alguns números e fatos. No início de fevereiro de 2018, o reservatório Sobradinho - o maior reservatório da bacia do rio São Francisco com capacidade de reservar 28 bilhões de m<sup>3</sup> - acumulava apenas 13,8% de sua capacidade. No dia 28 de outubro de 2017, o reservatório estava com 3%. O reservatório com o final da quadra chuvosa acumulava 40% de sua capacidade máxima no início de maio de 2018.

O reservatório Castanhão - o maior reservatório do Estado do Ceará - acumulava 3,8% de sua capacidade no dia 23 de março de 2018. O reservatório Armando Ribeiro Gonçalves – o maior do Estado do Rio Grande do Norte - acumulava 10,2% de sua capacidade no mesmo período. Idem para o reservatório Serra da Mesa – o maior do Estado do Tocantins e do Brasil - que acumulava 10,7 % de sua capacidade.

Na cidade de Correntina (BA), em novembro de 2017, um grupo de pessoas invadiu propriedades rurais e destruíram campos de irrigação. Na semana seguinte cerca de 10 mil pessoas marcharam na cidade expondo o conflito entre oferta hídrica para irrigação e oferta hídrica para as cidades. Os que protestavam acusavam o excesso de irrigação como uma ameaça real ao fornecimento de água para a cidade. A fronteira agrícola na conhecida região denominada MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) acumula histórias de conflitos pelo uso da água entre irrigantes, cidades e geração de energia elétrica (CBHSF, 2017).

A aguda crise hídrica vivida na bacia do rio São Francisco afetou a geração de energia elétrica. Em fevereiro de 2018, das 6 turbinas da Usina Hidroelétrica de Xingó - que representam 30% de toda produção elétrica da CHESF - apenas uma estava gerando energia. As outras cinco estavam inoperantes por falta de água. A empresa CHESF informou em seu relatório anual que a produção de energia foi menor em 2015, afetada pela crise hídrica do Rio São Francisco. Em 2015, a Companhia gerou 25.080 GWh, contra 28.738 GWh em 2014, representando uma redução de 12,7%. Uma menor geração de energia significa também menor transferência de recursos financeiros para os municípios que têm áreas inundadas pelo reservatório. O município de Delmiro Gouveia (AL), que teve parte do território inundado pelos reservatórios da CHESF, recebeu, em agosto de 2015, a título de compensação financeira, o montante de R\$ 410.231,21. No mesmo mês de 2017, o município recebeu R\$ 146.868,21, uma redução de 65%. Assim, o impacto da escassez hídrica atravessa as finanças das empresas de geração de energia, reduzem a oferta de energia para o funcionamento da sociedade, e também atingem as finanças dos municípios lindeiros (CHESF, 2018).

O impacto da escassez hídrica afetou as empresas de geração de energia em várias bacias hidrográficas. FURNAS (2017) aponta que:

“a permanência da condição hidrológica adversa, ocasionada pela escassez de chuvas e o esvaziamento de reservatórios em anos anteriores, impactou significativamente o Mercado de Curto Prazo (MCP) no último ano, o qual permaneceu com alto índice de judicialização. Segundo dados divulgados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Generation Scaling Factor - GSF, fator de ajuste do Mecanismo de Realocação de

Energia (MRE) foi de 79,4%. Isso significa que as usinas participantes do MRE geraram 79,4% de suas garantias físicas. Quanto menor o índice, maior o impacto financeiro no MCP das liminares relacionadas ao risco hidrológico. Conforme informativo referente à contabilização de dezembro de 2017, o montante a ser liquidado pelos agentes participantes da contabilização totalizava R\$ 9,5 bilhões, sendo que R\$ 6 bilhões estão relacionados com as liminares vigentes, ou seja, 64% do total estão relacionados com liminares de risco hidrológico, GSF, no mercado livre”.

As liminares de que tratam a transcrição são penalidades impostas por contrato às geradoras de energia por obterem geração de energia abaixo da estabelecida em contrato. Estes números ilustram o tamanho da complexidade e das múltiplas relações de atrito exacerbadas pelo fenômeno da seca severa. A gestão moderna do recurso água precisa ser capaz de absorver toda esta complexidade, ao tempo de ser ágil para encaminhar uma solução acordada com os interessados.

Um dos casos elucidativos de conflito entre o setor de agricultura irrigada e de geração de energia é o da bacia do rio São Marcos, que tem seu domínio compartilhado entre os Estados de Goiás, Minas Gerais, o Distrito Federal e a União (ANA, 2010). A empresa Furnas Centrais Elétricas S.A tem o direito de uso de água com a finalidade de geração de energia para a Usina Hidrelétrica (UHE) de Batalha, cuja capacidade instalada é de 52,5 MW. A vocação da bacia para agricultura irrigada e o potencial de crescimento deste uso da água definiram a necessidade de compatibilização entre os usos de irrigação e energia elétrica.

Assim, foi definida pela resolução ANA N° 562/2010 que a vazão média anual consumida na bacia do São Marcos, a montante da UHE Batalha, será de, no máximo, 8,7 m<sup>3</sup>/s, de forma a respeitar os limites previstos na outorga da UHE Batalha. Estabeleceu-se uma Área máxima Irrigada Equivalente pelo método de Pivô Central (AIEPC). Deste modo, as outorgas emitidas em cada órgão gestor deve respeitar o limite de 33.500 hectares (AIEPC) para o Estado de Goiás, e de 30.000 hectare (AIEPC) para o Estado de Minas Gerais. A negociação destes conflitos, com as especificidades setoriais sendo consideradas, é essencial para o equilíbrio entre oferta e demanda hídrica.

Durante a crise hídrica vivida no Espírito Santo no ano de 2015, a empresa EDP proprietária da PCH de Rio Bonito apresentou ao Governo do Estado a situação crítica do reservatório e que seria preciso tomar decisões de ordem política e técnica. Reunido o Comitê Hídrico Governamental foi criada uma compatibilização entre a geração de energia elétrica e o abastecimento humano da região metropolitana da capital Vitória. Foi acordado que a Usina de Rio Bonito geraria energia quando o abastecimento hídrico para a área urbana estivesse garantido. Desta forma, foi construído um acordo técnico e operacional e também uma forma de acompanhamento. Esta pactuação ocorreu com a participação de representantes do Governo do Estado do Espírito Santo, da AGERH (Agência Estadual de Recursos Hídricos do Estado), da empresa EDP, CESAN e da ANA, mesmo o rio sendo de domínio do Estado. A pactuação negociada foi fundamental para o êxito da solução (comunicação pessoal)<sup>5</sup>.

ANA (2018) apontou as regiões hidrográficas brasileiras onde a relação entre disponibilidade e demanda hídrica é muito crítica. Concluiu-se que nas regiões com maior densidade e intensidade da atividade econômica o problema da relação disponibilidade e demanda hídrica é estrutural. Entre elas, estão: rio Iguaçu (região de Curitiba e União da Vitória), rio Tietê e Piracicaba (São Paulo e Minas Gerais), rios Vacacaí e dos Sinos (Rio Grande do Sul), rio Guandu (Rio de Janeiro), rios da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro), rio Paraguaçu (Bahia), rio Verde Grande (Bahia e Minas Gerais), rios da região metropolitana de Fortaleza (Ceará), rio Gramame e Piranhas-Açu (Paraíba), rios Capibaribe, Una, Ipojuca e Sirinhaém (Pernambuco), rios Sergipe, Jacaré e Vaza-Barris (Sergipe), rios Apodi e Mossoró (Rio Grande do Norte) e rio São Bartolomeu (DF e Goiás), entre outros.

Os conflitos pelo uso da água se materializam na necessidade de alocar e racionar volumes de água para diversos fins em situações cuja demanda hídrica supera a oferta. A ADASA (Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal) diante da escassez hídrica no Distrito Federal valeu-se de, entre outras ações: a) rodízio do fornecimento de água entre localidades de um mesmo sistema de abastecimento, b) paralização parcial do sistema de abastecimento com

---

<sup>5</sup> O autor tomou nota do relato feito pelo presidente da AGERH-ES, Sr. Paulo Paim.

vistas à redução da oferta de água; e c) medidas de incentivo à redução de consumo, especialmente campanhas para estímulo à economia de água. Além dos altos riscos de racionamento, a escassez também trouxe à tona a implementação da Tarifa de Contingência, que deve aumentar em até 40% o valor total da conta de água (ADASA, 2017).

O desequilíbrio entre oferta e demanda hídrica também ocorre pelo lado da qualidade da água. A qualidade degradada da água impede seu uso para fins de abastecimento humano e industrial. Ou o custo do tratamento para levar água a uma situação de potabilidade é elevado. Às vezes, tão alto que inviabiliza o processo. Por vezes, a solução é ir buscar água mais longe, em outro rio, em outra bacia hidrográfica. Não são raras também as situações onde uma cidade lança seus efluentes não tratados no rio e capta a mesma água a jusante levando-o para uma estação de tratamento. De lá, realimenta a cidade com água, que faz o mesmo lançamento de seus efluentes no rio, em um ciclo irracional e custoso.

O desequilíbrio entre oferta e demanda hídrica impõe o risco hídrico. A avaliação de risco hídrico é feita observando três perspectivas: 1) riscos quantitativos; 2) riscos qualitativos; e 3) riscos regulatórios e reputacionais. A tabela 7 ilustra os indicadores presentes em cada uma das perspectivas (STRONG, et al. 2018).

Tabela 7 - Natureza dos riscos hídricos avaliados.

<b>RISCO QUANTITATIVO</b>	
Indicadores	Forma de quantificação
Estresse hídrico superficial	Proporção entre as retiradas e a oferta total renovável anual de água
Variação interanual	Descrição da variação anual da oferta hídrica
Variação sazonal	Descrição da média mensal da oferta hídrica
Ocorrências de enchentes	Número de enchentes ocorridas no histórico
Severidade da seca	Número de meses onde a água disponível no solo está abaixo do vigésimo percentil.
Reservatórios a montante	Avaliação da capacidade dos reservatórios reduzirem os extremos hídricos
Estresse hídrico subterrâneo	Proporção entre as retiradas e a oferta total renovável anual de água (reserva reguladora)
<b>RISCO QUALITATIVO</b>	
Indicadores	Forma de quantificação
Taxa de retorno das águas servidas	Proporção entre os volumes de água que já foram previamente usadas (águas servidas) e oferta total anual, além da quantidade de lançamentos de efluentes a montante
Áreas protegidas a montante	Estimativa das áreas a montante sujeitas a ambiental, garantindo uma qualidade das águas
<b>RISCO REGULATÓRIO E REPUTACIONAL</b>	
Indicadores	Forma de quantificação
Cobertura da mídia	Quantidade de notícias abordando problemas relacionados com a área, mostrando elevada grau de consciência, atenção e percepção ao problema.
Acesso à água	Porcentagem de pessoas na região sem acesso à água, indicando elevado nível de tensão para outros usos
Espécies ameaçadas de extinção	Presença de espécies ameaçadas de extinção exigindo uma gestão das águas com um viés também específico.
Mudanças ou criação de novos instrumentos <sup>6</sup>	Ações que visam modificar as regras aumentando o risco hídrico

Fonte: (STRONG, et al. 2018).

É possível verificar a abrangência de aspectos que deve ser observada na análise das ofertas e demandas hídricas de dada reunião. Isso sem falar de refazer esta análise para o cenário tendencial. O documento que, na prática brasileira, aborda de forma total ou parcial esta análise é o plano diretor de recursos hídricos (PRH). É neste documento que o usuário de água busca as primeiras informações sobre o risco hídrico na região hidrográfica estudada. É dispensável escrever sobre a importância da qualidade das informações e análises contidas neste tipo de documento. Quanto de problemas podem ser previstos, eliminados, ou reduzidos, com estas perspectivas em mente.

<sup>6</sup> Destaque inserido pelo autor.

## 2.7 Segurança hídrica

O conceito de segurança hídrica varia conforme a análise desejada, podendo ser encontrada diferenças significativas. Nesta tese o conceito segurança hídrica utilizado é o consolidado pela ONU(2014), definido como:

“a capacidade da população ter acesso sustentável à água em quantidade e qualidade adequadas para a manutenção da vida e do bem-estar humano, garantindo o desenvolvimento das atividades econômicas, garantindo a proteção contra doenças de veiculação hídrica e desastres associadas à água, bem como a preservação dos ecossistemas”.

O conceito de segurança hídrica é o objetivo central da Política Nacional de Recursos Hídricos. O conceito de segurança hídrica se alinha com a Agenda ONU 2030, cuja meta é erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir a paz e a prosperidade.

A Agenda ONU 2030 contém 17 objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) com 169 metas. Os 17 objetivos são integrados e indivisíveis. As ações para ampliar a segurança hídrica brasileira estão em sintonia com a Agenda 2030, especialmente o objetivo 6, embora também tenham desdobramentos em outras metas, conforme se observa na figura 21 (ONU, 2014).

Figura 21 - Objetivos do desenvolvimento sustentável



Fonte: (ONU, 2014)

O objetivo 6 do Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelece que, até 2030, é preciso melhorar a qualidade da água, reduzir a poluição, eliminar despejo e minimizar a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzir à metade a proporção de águas residuais não tratadas, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento, reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água, aumentar substancialmente a reciclagem e reutilização de água, entre outras. Esta é a linha de ação do conceito de segurança hídrica.

A firme oferta de água é vital para a produção de alimentos e será essencial para atingir o objetivo 2 (Erradicar a fome). Sistemas de saneamento com ampla cobertura e eficiência são essenciais para os objetivos 3 (Saúde de qualidade) e 6 (água potável e saneamento). E a água é indispensável para o funcionamento das indústrias e criação de novos empregos, que são os objetivos 7 (energia renováveis e acessíveis) e 8 (trabalho digno e crescimento econômico). Nenhum destes objetivos serão alcançados sem água em quantidade e qualidade para preservar a sustentabilidades dos ecossistemas, que são os objetivos 13 (ação climática), 14 (proteger a vida marinha) e 15 (proteger a vida terrestre). Segurança hídrica é um elo fundamental para o alcance da Agenda 2030.

O ponto de partida para ampliar a segurança hídrica no longo prazo é a compreensão da exposição e da sensibilidade de cada região a um determinado conjunto de impactos e a formulação de respostas na forma de políticas e investimento visando reduzir essas vulnerabilidades (WORLD BANK, 2011).

O enfrentamento dos impactos da baixa segurança hídrica exige ações que podem ser agrupadas em três eixos:

- a) Reduzir a exposição aos riscos decorrentes dos extremos hidrológicos que tornarão as chuvas mais incertas e variáveis, com a adoção da gestão do risco ao invés da gestão da crise;
- b) Otimizar o uso da água através de planejamento e incentivo, implementando mecanismo negociado de alocação de água com foco em setores de maior valor agregado e maior eficiência no uso da água;
- c) Expandir o investimento em saneamento, universalizando o atendimento de água e o tratamento de esgoto e melhorando a eficiência na prestação do serviço;

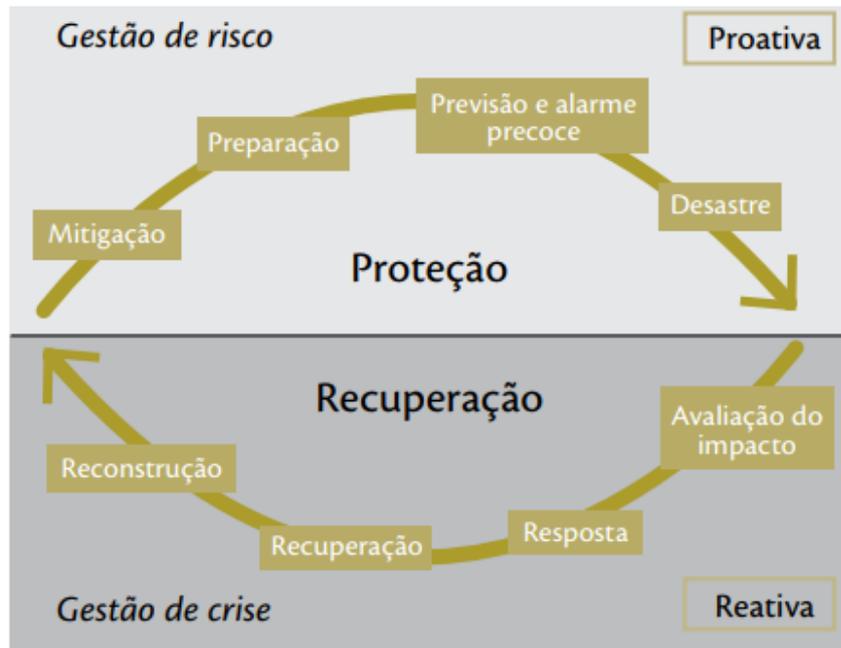
Os dois primeiros eixos de atuação serão detalhados na sequência. O terceiro eixo contém discussão largamente tratada em vários livros, artigos, planos de governo, legislações, congressos técnicos e, portanto, não será detalhada neste texto.

## **2.8 A gestão do risco**

A tradicional gestão da crise dos eventos hidrológicos extremos é reativa. Ela consiste em avaliar o impacto e ações de resposta e recuperação e reconstrução para restaurar o local ou região afetada ao estado pré-desastre (CGEE, 2016).

Já a gestão de riscos inclui ações proativas que precedem o desastre e que tem por objetivo evitar ou reduzir impactos futuros, conforme ilustra a figura 22. Tais ações incluem alerta precoce, monitoramento, planejamento, mitigação e o desenvolvimento de políticas nacionais de gestão da crise. É preciso mudar o paradigma da gestão da crise para a gestão de riscos.

Figura 22 - Gestão de risco versus gestão da crise

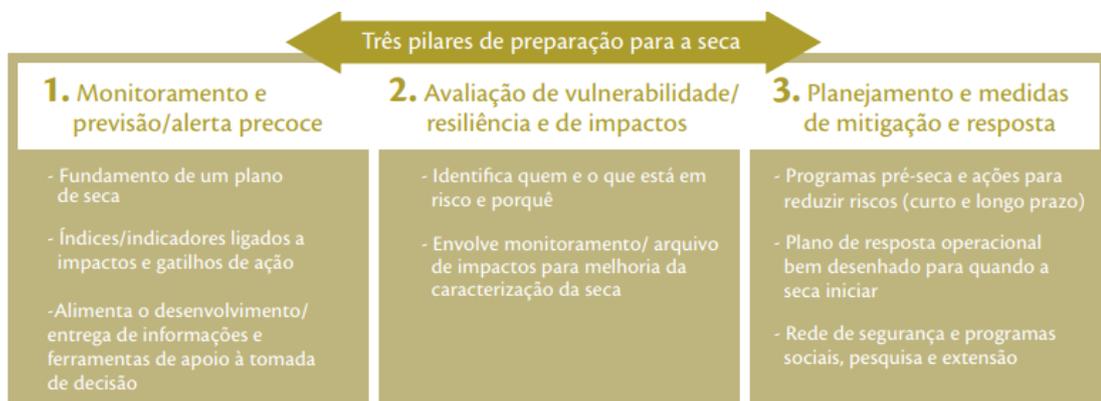


Fonte: (CGEE, 2016)

A gestão de risco concentra-se em identificar vulnerabilidades e implementar medidas de forma sistemática e interativa para diminuir os potenciais impactos associados aos eventos extremos.

O conceito de gestão de risco associada à preparação para a seca baseia-se em três pilares: a) monitoramento e previsão precoce; b) avaliação de vulnerabilidades, de resiliência e de impactos; e c) planejamento e medidas de mitigação e resposta à seca, conforme ilustra a figura 23.

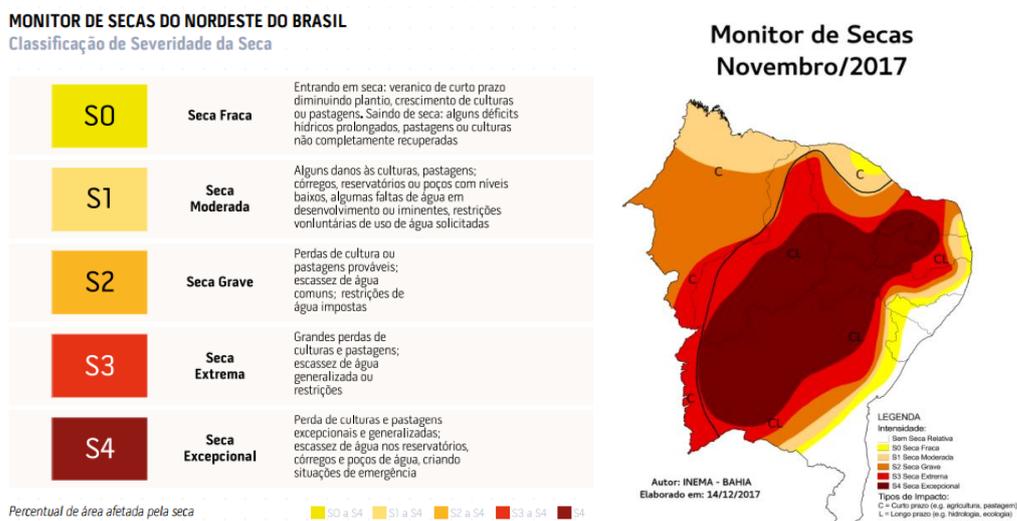
Figura 23 - Pilares da gestão do risco.



Fonte: (CGEE,2016)

No pilar monitoramento tem destaque o monitor de secas. O monitor de secas consiste, portanto, em um processo que conta com a participação e colaboração de instituições de clima e dos setores de recursos hídricos e agricultura de diversos estados, assim como universidades. Este processo participativo gera a criação do produto-chave: o mapa mensal da seca. Classificada a severidade da seca, entre cinco categorias, produz-se mensalmente o mapa. O mapa mensal da seca apresenta a distribuição da severidade da seca na região afetada, conforme ilustra a figura 24.

Figura 24 - Monitor de seca no mês de novembro de 2017



Fonte: (SEMARH,2018)

Com a indicação da severidade da seca, recorre-se aos possíveis impactos já devidamente mapeados, conforme ilustra a figura 25. A precisão dos impactos possíveis depende, por evidente, do nível de detalhe que se buscou na fase de planejamento. Este é o pilar da avaliação dos impactos.

Figura 25 - Impactos na gestão de risco.

Categoria	Percentil	Descrição	Impactos possíveis
S0	30	Seca fraca	Entrando na seca; seca de curto prazo desacelera o plantio e o crescimento de culturas ou pastagens. Saindo da seca: certo déficit hídrico remanescente, culturas e pastagens ainda não se recuperaram completamente
S1	20	Seca moderada	Alguns danos às culturas, pastagens; rios, reservatórios ou poços com baixo nível de água. Faltas de água em desenvolvimento ou intermitentes; solicitação de restrições voluntárias do uso da água
S2	10	Seca grave	Provável perda de culturas ou pastagens; faltas de água são comuns; restrições hídricas são impostas
S3	5	Seca extrema	Grandes perdas de culturas / pastagens; amplas faltas de água ou restrições hídricas
S4	2	Seca excepcional	Perdas de culturas ou pastagens excepcionais e amplas; falta de água em reservatórios, rios e poços, gerando emergências hídricas

Fonte: Adaptado do NDMC, Lincoln, Nebraska, U.S.

Fonte: (CGEE, 2016)

Uma das respostas possíveis ao conhecer os impactos decorrentes é iniciar um programa de redução de consumo hídrico para adiar o colapso no abastecimento. Caso ocorra o prolongamento da seca e em sua severidade, amplia-se a restrição ao consumo, conforme mostrado na figura 26. É o planejamento efetivo no enfrentamento da seca. Este é o pilar da mitigação dos danos e da resposta à seca.

Figura 26 - Respostas na gestão de risco.

Estágio	Gatilho de Seca	Metas da Resposta
Alerta	Abaixo do Nível da Meta 1	Redução de 10% no Consumo
Seca moderada	Abaixo do Nível da Meta 2	Redução de 20% no Consumo
Seca grave	Abaixo do Nível da Meta 3	Redução de 30% no Consumo
Seca extrema	Abaixo do Nível da Meta 4	Redução de 60% no Consumo

Fonte: (CGEE, 2016)

Uma das respostas possíveis ao conhecer os impactos decorrentes é iniciar um programa de redução de consumo hídrico para adiar o colapso no abastecimento. Caso ocorra o prolongamento da seca e em sua severidade, amplia-se a restrição ao consumo. É o planejamento fazendo parte de forma efetiva no enfrentamento da seca.

O principal ensinamento e força do monitor de seca é a união institucional que o mesmo exige e promove. A construção do produto apoia-se na união de várias instituições nas esferas municipais, estaduais e federal, trocando informações e criando rotinas compartilhadas, com ênfase no desenvolvimento regional e na gestão de risco, gerando informação estratégica. É, sobretudo, uma pactuação coletiva das decisões, conforme pode se verificar na figura 27, onde estão indicadas as responsabilidades de casa órgão e sua articulação com os demais.

Figura 27 - Articulação na gestão de risco

Categoria	Ação	Objetivos	Caráter das Ações	Instituições responsáveis
S0 Fraca	Outorgas tradicionais + alocação negociada	Garantir a quantidade e qualidade da água para usos diversos	Voluntário	ANA; Semarh-RN; AESA-PB
S1 Moderada	Revisão das outorgas tradicionais para grandes usuários com pequena redução na demanda + alocação negociada	Maximizar o atendimento à demanda (considerando-se o mínimo de perdas)	Voluntário	ANA; Semarh-RN; AESA-PB
S2 Grave	Alocação negociada + previsão climática	Maximizar o atendimento à demanda	Medidas obrigatórias	ANA; Semarh-RN; AESA-PB; CBH-PPA; Comitês de Gestão; Usuários da água
S3 Extrema	Alocação hidroeconômica negociada + previsão climática	Reduzir os impactos econômicos das secas para todos os usuários	Medidas obrigatórias	ANA; Semarh-RN; AESA-PB; CBH-PPA; Comitês de Gestão; Usuários da água
S4 Excepcional	Alocação hidroeconômica negociada + previsão climática	Reduzir os impactos econômicos das secas para todos os usuários	Medidas obrigatórias e tolerância zero	ANA; Semarh-RN; AESA-PB; CBH-PPA; Comitês de Gestão; Usuários da água

Fonte: (CGEE, 2016)

Muita dificuldade precisa ser vencida para que esta articulação alcance sua meta. É possível imaginar a dificuldade em promover esta articulação tendo em mente a variedade e quantidade de órgãos envolvidos, muitas vezes sem canal oficial de

comunicação, cada órgão com suas limitações de pessoal e orçamento – além de suas idiosincrasias-, além das disputas pelo “poder” que situação cria, dificuldades de relações interpessoais, entre outras. Este, conforme se analisará no capítulo, é um dos desafios da gestão das águas. Não há efetividade da gestão das águas sem esta articulação.

Do exposto, vê-se com clareza a inovação contida no conceito de gestão de risco quando comparada à visão tradicional a um evento de seca. Algumas destas medidas fazem parte das ações que os órgãos gestores estaduais já desenvolvem na lida com a seca. Entre elas: alocação negociada de água nos reservatórios, restrição parcial do uso da água adequada às especificidades dos usuários, prioridades de uso, regras de operação para os sistemas hídricos, suspensão do uso da água em casos de elevada severidade hídrica. Estas ações podem ser classificadas como ações não-estruturais como resposta à seca. Entretanto, também são muito importantes as ações estruturais. Esta classificação entre ações estruturais e não-estruturais largamente utilizadas ao se discutir medidas de controle de inundações em área urbana (TUCCI, 2012).

As obras de infraestrutura hídrica são importantes e essenciais para a ampliação da segurança hídrica nacional. Essas obras de infraestrutura cumprem um papel fundamental. Como exemplo desta importância pode-se citar alguns exemplos nacionais: a transposição de bacias que abastece a cidade do Rio de Janeiro com águas do rio Paraíba do Sul; a transposição do rio São Francisco que já atende os Estados de Pernambuco e Paraíba e, em breve, atenderá os Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará; o reservatório Castanhão que ajudou a perenizar o rio Jaguaribe; o reservatório Pedra do Cavalo, fonte de água para a cidade de Salvador e para o controle de enchentes na foz do rio Paraguaçu; a barragem Pirapama, fonte de água para a região metropolitana do Recife; e outras centenas de obras no território nacional que ajudam a ampliar a segurança hídrica.

Também é preciso considerar os mecanismos que garantam a sustentabilidade econômico financeira da operação e manutenção desses empreendimentos. Para os instrumentos voltados a garantir a sustentabilidade econômico financeira, é preciso destacar dois aspectos centrais aos usuários: (i) qualidade da prestação do serviço

de distribuição de água bruta; e (ii) a modicidade tarifária. Pedrosa (2001) apresentou metodologia para a sustentabilidade financeira para os serviços de distribuição de água com busca pela universalização.

## **2.9 Alocação de água: um processo negociado**

É questão central para o incremento da segurança hídrica o fortalecimento de um processo negociado de alocação de água que considere as especificidades setoriais na definição de medidas de restrição de consumo de água ou tarifas de contingência no setor. É fundamental que as decisões sobre restrição de uso de água ou tarifas excepcionais sejam antecedidas por minucioso acompanhamento transparente e amplo da criticidade do evento extremo e das decisões planejadas, conforme o fenômeno evolua. Somente assim os usuários terão condições de atuar com mais eficiência e menor custo para superar a escassez hídrica.

No caso da alocação de água em situações de escassez hídrica é importante destacar que critérios de eficiência econômica e justiça social sejam equilibrados ao orientar a alocação de água. Por exemplo, o Estado do Ceará produziu metodologia- e aplicou- onde a segurança produtiva (kg/hectare), a segurança econômica (R\$/hectare), a segurança social (empregos/hectare) e a segurança hídrica (m<sup>3</sup>/hectare) são levadas em conta para definir o corte no fornecimento de água nos momentos de escassez. É um avanço inovador em relação ao corte linear (ADECE, 2017).

Tradicionalmente, em situação de severa escassez hídrica uma das opções utilizadas é a redução do volume outorgado para todos os usuários. Às vezes, excetuado o abastecimento humano. Este procedimento pode ser injusto e não incentivar a eficiência. É o que ocorre quando numa situação de severa seca decide-se por reduzir todos os volumes outorgados em, por exemplo, 50%. Não será raro encontrar a situação onde um usuário que já utiliza método e manejo da água com alta eficiência, digamos 12.000 m<sup>3</sup>/hectare/ano, tenha seu volume outorgado cortado pela metade, ou seja, para 6.000 m<sup>3</sup>/hectare/ano. Enquanto isso, outro usuário que não aplica nenhuma técnica de eficiência, usando assim um elevado volume, por exemplo, 20.000 m<sup>3</sup>/hectare/ano, tem também o volume cortado pela metade, passando a ter o direito de consumir 10.000 m<sup>3</sup>/hectare/ano. A situação pode ser classificada como

injusta com o primeiro. Daí a necessidade de levar em conta alguns fatores na hora de decidir pelo corte parcial do volume outorgado. A mesma natureza de análise no corte parcial do volume outorgado deve considerar o número de empregos gerados por usuário –desejando minimizar o desemprego-, também deve considerar a produção (tonelada) de alimentos a ser impactada pelo corte do volume –desejando não desabastecer a comercialização de alimentos da região -, bem como avaliar o impacto do corte do volume outorgado na geração de riqueza, impostos e na massa salarial. Por evidente, um pacto que considere todos estes aspectos não é simples de ser alcançado.

A metodologia intitulada “Alocação de água em açudes isolados (Nota Técnica Nº 10/2015/COMAR/SRE) foi desenvolvida e é utilizada pela ANA na alocação em vários reservatórios presentes nos Estados da Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Piauí, Paraíba e Rio Grande do Norte.

O Estado do Ceará também desenvolve com grande sucesso estas alocações de água com ampla participação popular, coordenadas pela Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos (COGERH). Chama a atenção a alocação de água para decidir quanto de água defluente ao reservatório Castanhão seguirá no leito do rio Jaguaribe até a foz e quanto será transferido para o Eixão das Águas e atenderá a região metropolitana de Fortaleza. Na última alocação, havida em junho de 2017, sob forte tensão, foi decidido manter 3,5 m<sup>3</sup>/s para o Eixão das Águas e 4,5 m<sup>3</sup>/s para o baixo Jaguaribe, seguidos de outros acordos (COGERH, 2017). Este ano de 2018, a tensão não será menor, porque com o fim da quadra chuvosa o reservatório Castanhão acumulou apenas 9% de sua capacidade máxima.

Mercados de alocação de água também já são discutidos no Brasil. Há mesmo um projeto de lei (PL Nº 495/2017) que visa inserir o mercado de água entre os instrumentos da Lei Federal das Águas.

ANA (2001) apud Pedrosa (2017) narrou um caso inovador que aconteceu no Estado do Ceará, no ano de 2001, nas bacias dos rios Jaguaribe e Banabuiú. As águas destas bacias abastecem a população de Fortaleza e, em grande parte, a agricultura irrigada.

O consumo de água para a agricultura precisava ser compatibilizado com a cidade. A solução do conflito consistiu em:

- a) Compensar financeiramente os rizicultores que renunciassem à metade da área cultivada até então;
- b) Cobrar pelo uso da água para irrigação para financiar parte das compensações;
- c) Treinar os agricultores na melhoria de eficiência da irrigação (difusão tecnológica);
- d) Regularizar os usos por meio da outorga de direito de uso de recursos hídricos.

Aos rizicultores que aderiram ao acordo foram pagos, em única parcela, os seguintes valores: R\$ 600,00/ha para áreas de até 2 ha; R\$ 500,00/ha para áreas de 2 a 100 ha e R\$ 400,00/ha para áreas acima de 100 ha. Para participar do acordo o agricultor estava obrigado a comparecer a um programa de treinamento de melhor uso da água, bem como seria capacitado para buscar por culturas alternativas, com menor consumo hídrico.

Previa-se fazer cessar o plantio de mais de 5.000 ha de arroz a um custo total de R\$ 10 milhões, dos quais 80% seriam financiados pela ANA e o restante por verbas estaduais e pela arrecadação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, a qual era feita da seguinte forma: usuários com captação inferior a 1,4 L/s estavam isentos do pagamento; usuários com captação entre 1,4 e 6,9 L/s pagavam R\$ 0,01/m<sup>3</sup>, com possibilidade de pagarem metade desse valor caso comprovassem a adoção de métodos mais eficientes de uso da água; e usuários com captação superior a 6,9 L/s pagavam R\$ 0,01/m<sup>3</sup> sem a possibilidade de redução.

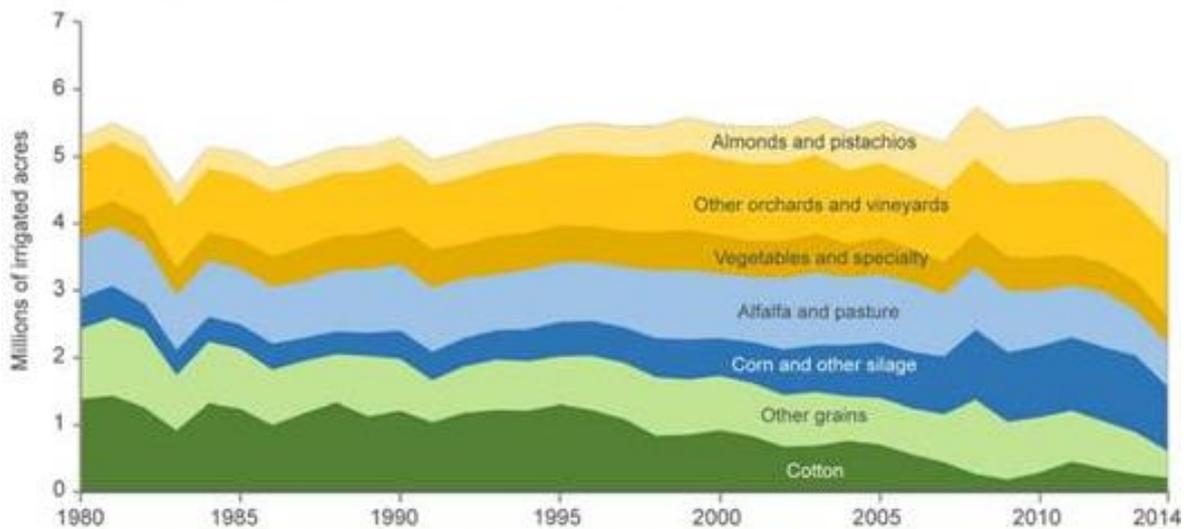
Como resultado do projeto destacaram-se:

- a) Eliminação do risco de desabastecimento da cidade de Fortaleza;
- b) Atendimento à totalidade da demanda hídrica do setor de hortifruticultura e até sua ampliação em 20%, resultando em US\$ 15 milhões de produção para o setor;
- c) Redução de cerca de 3.600 ha de arroz irrigado por mais de 1.600 agricultores;

- d) Economia de quase 60 milhões de m<sup>3</sup> de água (5,7 m<sup>3</sup>/s);
- e) Pagamento de aproximadamente R\$ 1,2 milhões em indenizações.

A reação do agricultor à crise hídrica ocorre em todas as partes do mundo onde há escassez. O fértil vale do rio San Joaquin (Califórnia) tem se adaptado às desafiantes condições hídricas. Conforme, PPIC (2017) entre as opções em prática, destacam-se: 1) maior presença de culturas permanentes e de maior valor agregado, em especial, uva, amêndoas, pistache; exceção para o tomate; 2) declínio da outrora dominante cultura do algodão; e 3) mercado de água. A figura 28 ilustra esta dinâmica ao longo dos anos.

Figura 28 - Mudanças da agricultura na Califórnia



Fonte: (PPIC, 2018)

Essas ideias de alocação de água induzida por capacidade de pagamento não são recentes. Em homenagem aos 499 anos de morte de Leonardo Da Vinci, registra-se que:

"...quando Leonardo Da Vinci se mudou para Milão, o sistema dos maiores canais já existia havia trezentos anos e grande parte da receita do ducado vinha da comercialização da alocação de água. Certa vez, o próprio Leonardo foi pago com uma alocação".

Em seu testamento, Leonardo Da Vinci deixou para “*seu servo e acompanhante mais recente, Batista de Vilanis, os direitos sobre água concedida em Milão*” (ISSACSON, 2017).

A seguir é narrado um processo de alocação de água em cenários de escassez hídrica na bacia do rio São Francisco<sup>7</sup>. O rio São Francisco no período de 2015 a 2017 enfrentou uma de suas mais graves crises hídricas. No final do ano de 2017, após um quadriênio com chuvas abaixo da média histórica, o sistema hídrico que garantia uma vazão mínima na foz de 1.800 m<sup>3</sup>/s, foi obrigado a operar com defluências de 550 m<sup>3</sup>/s, tudo devido ao baixo índice dos volumes armazenados em seus reservatórios. O reservatório de Sobradinho no dia 01 de outubro de 2017 tinha apenas 4,95% de seu volume útil. A figura 29 ajuda o entendimento do processo exibindo a sequência dos principais reservatórios na calha do rio São Francisco.

Figura 29 - Cascata de reservatórios na calha do rio São Francisco



Fonte: (ANA, 2017a)

Para enfrentar esta situação, detalha-se na sequência a metodologia das reuniões semanais que a Agência Nacional de Águas, o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF) e demais parceiros desenvolveram para garantir a

<sup>7</sup> O autor participou direta e continuamente do processo narrado na condição de assessor voluntário da Diretoria Executiva do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF), tendo tido acesso a todos documentos públicos gerados neste processo.

transparência, a participação e a colaboração de todos os envolvidos na gestão desta notável crise hídrica.

Desde 2015, a reunião ocorre regularmente nas segundas-feiras. A coordenação do processo é feita pela Agência Nacional de Águas (ANA). Representantes dos Governos Estaduais com área na bacia, representantes do Governo Federal, do CBHSF, dos usuários e da sociedade participam. A figura 30 apresenta algumas das instituições que participam do processo.

Figura 30 - Representações na gestão das águas do rio São Francisco

<b>ANA</b>	<b>CBHSF</b>	<b>ONS</b>	<b>CEMADEN</b>
<b>CHESF</b>	<b>CEMIG</b>	<b>DINC</b>	<b>JAÍBA</b>
<b>MPE/BA</b>	<b>MARINHA</b>	<b>INEMA/BA</b>	<b>SEMARH/AL</b>
<b>APAC/PE</b>	<b>IBAMA</b>	<b>IGAM/MG</b>	<b>CODEVASF</b>
<b>DESO/SE</b>	<b>MMA</b>	<b>MME</b>	<b>MPF/SE</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

## O processo

Sob a coordenação da ANA, a reunião é iniciada com a apresentação do **CEMADEN** (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) que expõe os registros de chuvas havidos na quinzena que antecedeu a reunião e a previsão de chuvas para a quinzena futura. A severidade da escassez é mostrada através da tabela 8. Na ocasião, a vazão defluente de Sobradinho era de 600 m<sup>3</sup>/s.

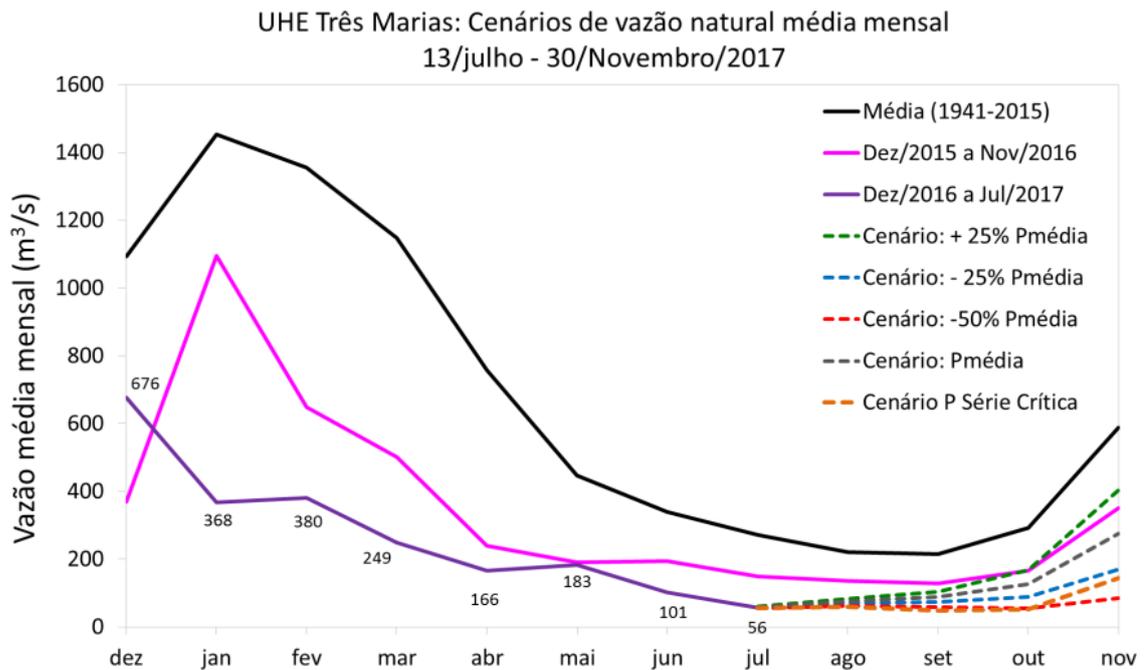
Tabela 8 - Condições de precipitação e vazões no rio São Francisco

	Precipitação (mm) [Outubro-março]	Precipitação abaixo da média (%)	Vazões (m <sup>3</sup> /s) afluentes a Três Marias [Novembro a abril]	Vazões abaixo da média (%)
2013/2014	777	36	361	66
2014/2015	1000	18	446	58
2015/2016	1010	17	501	53
2016/2017	926	24	365	66

Fonte: (Apresentação do CEMADEN no dia 17 de julho de 2017.)

Diante das previsões de curto prazo para chuvas no rio São Francisco, o representante do CEMADEN apresenta a previsão de vazões para os reservatórios. Na figura 31 estão ilustradas as previsões para o reservatório de Três Marias.

Figura 31 - Previsão de vazões para o reservatório de Três Marias.



Fonte: (Apresentação do CEMADEN no dia 17 de julho de 2017)

Concluída a sequência de informações do CEMADEN, o representante do ONS (Operador Nacional do Sistema) passa a fazer a avaliação das condições hidrológicas e de armazenamento nos reservatórios do rio São Francisco. Várias análises são realizadas, embora a decisiva seja a análise da curva de segurança. A figura 32 ilustra a curva de segurança para o reservatório de Sobradinho. O conceito de curva de segurança está detalhado no capítulo 3 desta tese.

Deve ser observado que a linha pontilhada em vermelho começa em setembro e vai até dezembro. Na ocasião, o armazenamento em Sobradinho era de 11,9%. O gráfico mostra que se voltar a ocorrer a série de vazões havida em 2016, para os meses de agosto a novembro, e se a defluência de Sobradinho for mantida em 600 m<sup>3</sup>/s, o reservatório chegará em dezembro com 0,3% de sua capacidade. Já se a defluência for alterada para 550 m<sup>3</sup>/s o reservatório chegará até dezembro em uma situação um pouco mais confortável. Embora, ainda assim, com apenas 1,2% de seu volume útil.

Figura 32 - Curva de segurança para o reservatório de Sobradinho.



Fonte: (Apresentação da ONS na reunião do dia na reunião do dia 17 de julho de 2017)

É neste tipo de análise que se apoiam as decisões desta reunião. Recentemente, para divulgar esta metodologia a íntegra das reuniões foram disponibilizadas na plataforma *Youtube*. Seguindo a ordem da reunião, uma vez que o representante do ONS apresentou suas análises, o representante da ANA pede que todos se manifestem sobre o impacto da redução da vazão defluente de Sobradinho para 550 m<sup>3</sup>/s. Narra-se na sequência a manifestação de quatro participantes da reunião.

O representante da CODEVASF ao se manifestar apresentou três grandes preocupações com a redução da vazão para 550 m<sup>3</sup>/s:

- a) Cota suficiente para que a água entre nos canais de aproximação que alimentam as estações de bombeamento para o funcionamento de seus perímetros públicos de irrigação, com especial preocupação com o Distrito de Irrigação do Jaíba (MG) e com o Distrito de Irrigação de Nilo Coelho (PE).
- b) A garantia de calado para as travessias por balsa nos seguintes trechos apontados na tabela 9:

Tabela 9 - Pontos críticos de travessia.

Estado	Ponto crítico
MG	Ponto Chique-Buritizeiro
MG	São Romão-Ubaí
MG	São Francisco-Pintópolis
MG	Itacarambi-Jaíba (Mocambinho)
MG	Manga-Mathias Cardoso
BA	Muquém de São Francisco-Morpará
BA	Barra-Barra (Currealinho)
BA	Barra-Xique Xique
BA	Curaça - Santa Maria da Vitória
BA	Chorrochó-Belém do São Francisco
AL/SE	Pão de Açúcar - Niterói
AL/SE	Penedo-Neópolis
AL/SE	Piaçabuçu-Brejo Grande

Fonte: Apresentação da CODEVASF nas reuniões narradas.

- c) As adutoras dos sistemas de abastecimentos das cidades que captam diretamente na calha do rio São Francisco, conforme exibem a tabela 10. Na ocasião já está clara a necessidade de implantação de flutuantes, extensão da adutora ou modificação no canal de aproximação.

Tabela 10 - Captações em situação crítica

Estado	Município	Intervenção
MG	Pirapora	Infraestrutura de bombeamento
BA	Casa Nova	Extensão de adutora
BA	Casa Nova	Extensão de adutora
BA	Remanso	Extensão de adutora
BA	Remanso	Extensão de adutora
BA	Rodelas	Extensão de adutora
BA	Sento Sé	Extensão de adutora
BA	Sento Sé	Extensão de adutora
BA	Sítio do Mato	Extensão de adutora
BA	Sobradinho	Extensão de adutora
BA	Paratinga	Extensão de adutora
BA	Pilão Arcado	Extensão de adutora
BA	Pilão Arcado	Extensão de adutora
PE	Lagoa Grande	Canal de aproximação
PE	Belém de São Francisco	Implantação de flutuante
PE	Floresta	Implantação de flutuante
PE	Itacurubá	Implantação de flutuante
PE	Petrolina	Canal de aproximação
PE	Santa Maria da Boa Vista	Canal de aproximação
AL	Delmiro Gouveia	Implantação de flutuante
AL	Olho D'Água do Casado	Implantação de flutuante
AL	Penedo	Implantação de flutuante
AL	Piaçabuçu	Implantação de flutuante
AL	Piranhas	Implantação de flutuante
SE	Amparo de São Francisco	Implantação de flutuante
SE	Brejo Grande	Deslocamento de flutuante
SE	Canhoba	Deslocamento de flutuante
SE	Gararu	Deslocamento de flutuante
SE	Ilha das Flores	Deslocamento de flutuante
SE	Neópolis	Deslocamento de flutuante
SE	Nossa Senhora de Lourdes	Deslocamento de flutuante
SE	Poço Redondo	Deslocamento de flutuante
SE	Porto da Folha	Implantação de flutuante

Fonte: Apresentação da CODEVASF nas reuniões narradas.

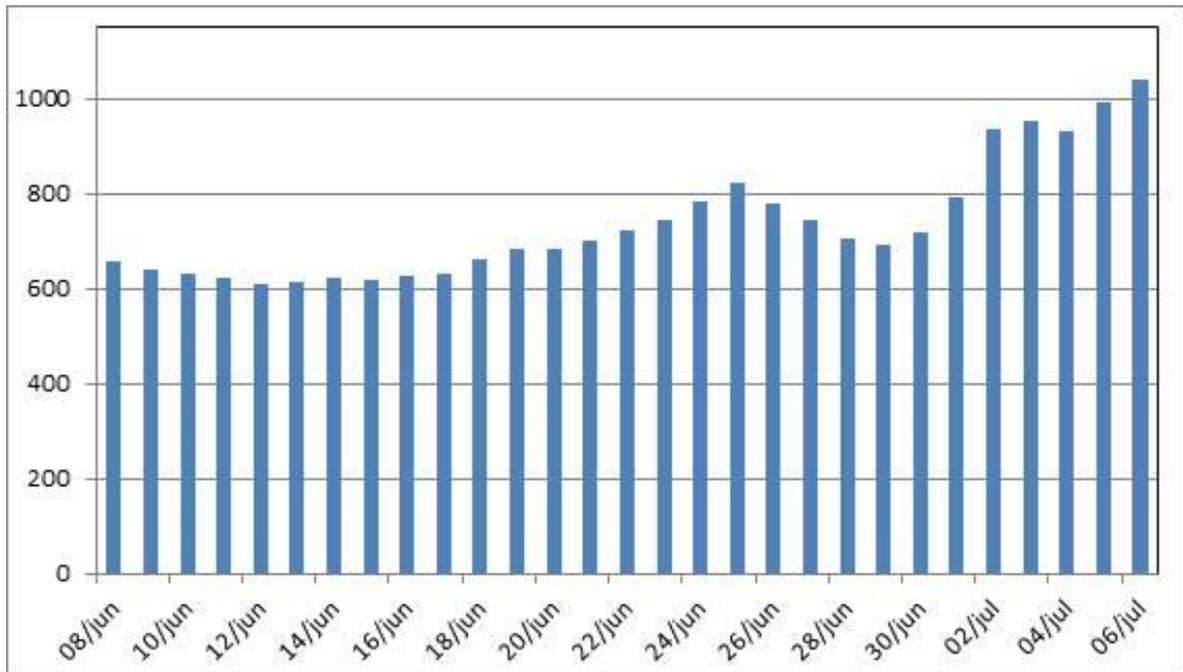
O representante da **CHESF** manifestou-se com vários argumentos: entre outros, que enquanto a reunião acontecia das seis turbinas da usina hidroelétrica de Xingó, cinco estavam sem operar por vazão insuficiente. Assim, a geração de energia, fonte de receita da CHESF, na UHE de Xingó, estava reduzida, naquele período, a um sexto de sua capacidade instalada.

A **CHESF** como operadora do reservatório também é a responsável por fazer testes para antever problemas com a fauna aquática no rio, bem como os problemas operacionais em suas turbinas por funcionarem em situações nunca antes testadas.

O representante da **DESO** - Companhia de Saneamento de Sergipe mostrou preocupação pois havia o eminente risco da água do rio São Francisco não entrar no canal de aproximação que leva água até a estação de bombeamento da adutora São Francisco, que atende à região metropolitana da capital Aracaju, com 1 milhão de habitantes. Há alguns meses, a **DESO** empreendia seus melhores esforços para a colocação de flutuadores como forma de garantir a captação no rio. Este fato revela outra nuance da gestão da crise hídrica: a captação da adutora São Francisco é de 3 m<sup>3</sup>/s, onde a vazão que atingia o baixo São Francisco na ocasião era de 600 m<sup>3</sup>/s. Logo, neste caso, o problema não era insuficiência de vazão, mas inadequação da cota de captação.

O representante do CBHSF apresentou as questões ambientais da foz do rio São Francisco e da salinidade da água nas cidades próxima à foz. Medições de vazões realizadas pelo CBHSF mostraram que na cidade de Piaçabuçu, nove quilômetros a montante da foz, a água já se apresentava imprópria pela elevada salinidade. Mas é preciso alertar que estas concentrações têm dinâmicas muito próprias. A entrada da cunha salina depende da maré (de sizígia ou de quadratura), também depende do momento de preamar e baixa-mar, também depende da vazão do rio na foz, que nem sempre é igual a vazão liberada pelo último reservatório no rio, que é de Xingó.

Algumas poucas vezes, os afluentes dos rios intermitentes dos territórios alagoano e sergipano produzem volumes significativos. Foi o que aconteceu em junho de 2017, quando os reservatórios do rio São Francisco eram operados para que uma vazão de 600 m<sup>3</sup>/s alcançasse a foz. Esta era a vazão que o reservatório de Xingó vinha liberando para jusante. Acontece que choveu nos rios do sertão alagoano e do sertão sergipano. Assim, do lado alagoano, os rios Capiá, Traipú e Ipanema desaguaram no rio São Francisco. O efeito foi que a vazão na foz ultrapassou 1.000 m<sup>3</sup>/s, conforme ilustra a figura 33 com o hidrograma da estação de controle de Propriá.

Figura 33 – Vazões (m<sup>3</sup>/s) da estação de controle de Propriá (Sergipe)

Fonte: (CHESF, 2017)

Neste fenômeno o baixo São Francisco recebeu 340 milhões de m<sup>3</sup> de seus afluentes alagoanos e sergipanos. Este volume representa 1,22% do volume útil de Sobradinho. Por causa deste volume a salinidade na proximidade da cidade de Piaçabuçu foi reduzida. Nestes dias, conforme monitoramento da CHESF a salinidade apresentou-se nula tanto na preamar como na baixa-mar na estação de controle defronte à cidade de Piaçabuçu (CHESF, 2017).

A solução do abastecimento da cidade de Piaçabuçu foi a construção de uma nova adutora, captando água 2 km a montante do ponto original. A obra consumiu R\$ 1,5 milhão e foi realizada pela Companhia de Saneamento de Alagoas, tendo sido inaugurada em março de 2018.

### A decisão

Depois de ouvir as análises dos presentes, os representantes da ANA percebendo em quais pontos há um consenso, materializa uma decisão. Se o dissenso prevalece, nova reunião é agendada para a semana seguinte, onde alguns dos presentes

recebem uma missão de apresentar na reunião seguinte novos estudos e análises mais aprofundadas.

Alguns dias depois, uma resolução da ANA materializou o consenso havido. Por exemplo, em julho de 2017, a Resolução N° 1291 autorizou a descarga mínima dos reservatórios de Sobradinho e Xingó com vazão média diária de 550 m<sup>3</sup>/s e vazão instantânea de 523 m<sup>3</sup>/s. A resolução indica onde o pacto será monitorado. No caso das descargas do reservatório de Sobradinho a vazão será monitorada na estação fluviométrica Juazeiro (código ANA 48020000). A figura 34 ilustra as resoluções que autorizaram as reduções graduais das defluências mínimas de Sobradinho e Xingó.

Figura 34 - Resoluções ANA obre defluências de Sobradinho.



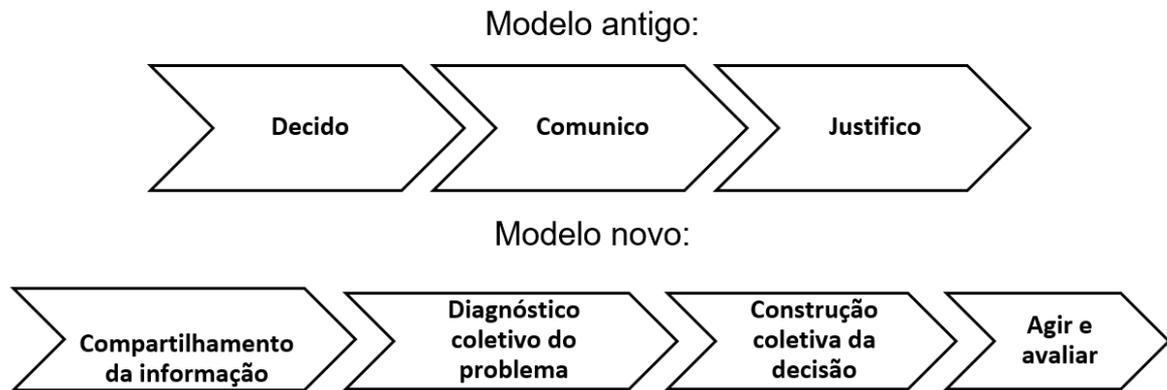
Fonte : (ANA, 2017c).

O processo também permite correções. Em 2017, devido ao agravamento da crise hídrica vivida na bacia do rio São Francisco, a ANA publicou a Resolução Nº 1.043/2017 que proibia a captação de águas nas quartas-feiras, exceto para o abastecimento humano e animal. Esta medida ficou conhecida como “O DIA DO RIO”. O setor industrial por meio da equipe da CNI argumentou, apresentou suas especificidades, alternativas e sua manifesta compreensão do momento e da firme decisão de buscar uma solução negociada. Entretanto, os representantes da CNI explicaram que o processo produtivo industrial, sendo contínuo, não pode ser paralisado por um dia, e recomeçar no dia seguinte. Após muita negociação, um mês depois, alcançou-se um consenso. A Resolução Nº 1.043/2017 foi reformada pela Resolução Nº 1290/2017, permitindo a captação nas quartas-feiras para o segmento industrial com o compromisso de que cada unidade industrial reduzisse o volume mensal captado em 14% - exatamente o volume correspondente a ficar um dia na semana sem consumo. Assim, na média mensal, o propósito da redução dos volumes captados foi preservado.

### **Reflexão sobre o processo**

A Lei 9.433/1997 estabeleceu que a gestão das águas brasileiras deve ser descentralizada e participativa, atendendo aos usos múltiplos da água e a prioridade do atendimento ao consumo humano em casos de escassez. Na reunião narrada estes fundamentos foram respeitados. Observa-se, também que modelo defendido por Jerome Delli Priscoli, em seu livro *Participation, consensus building, and conflict management training course*, foi em grande medida o que ocorreu na reunião relatada. Ou seja, do modelo *decido-comunico-justifico* evoluiu-se para um procedimento onde os envolvidos dividem informação, fazem um diagnóstico coletivo do problema, constroem uma decisão coletiva e, juntos, monitoram e avaliam a efetividade da decisão. A figura 35 ilustra os dois modelos conceituais.

Figura 35 – O antigo e o novo modelo de gestão



Fonte: Elabora pelo autor.

Há um exemplo concreto da etapa do diagnóstico coletivo no processo narrado. Quando as vazões defluentes na foz atingiram o patamar de 700 m<sup>3</sup>/s e já se sabia que seria preciso reduzir ainda mais as vazões, havia muitas questões sobre o efeito destas baixas vazões nas seções transversais. Embora, a ANA tenha uma equipe de excelente qualidade e gigante banco de dados, a agência criou um ambiente colaborativo e questionou à CHESF qual seria o rebaixamento no nível nas seções transversais de interesse. Assim, o diagnóstico sendo realizado coletivamente. A complexidade envolvida em uma bacia hidrográfica, como a do rio São Francisco, é incompatível com a premissa que uma “instituição” detém todas as informações necessárias. A riqueza das reuniões é, também, decorrente deste ambiente colaborativo.

O acesso à informação teve e tem papel decisivo na criação de consensos. Conforme as reuniões vão acontecendo as informações sobre vazões, cotas, armazenamentos, previsão de chuva, entre outras, vão sendo apropriados por todos. Este fato tem um gigante efeito benéfico para afastar o “achismo” e as informações sem credibilidade. Após garantida e consolidada, na mente de cada participante, a posse das informações reduz-se sobremaneira o espaço para as ideias extremadas e sem sentido físico. Este é um grande resultado do processo utilizado.

A nova forma de construir o diagnóstico e a decisão em nada diminuíram a autoridade dos representantes da ANA em gerir a crise hídrica no rio São Francisco. Muito pelo contrário, a ANA saiu fortalecida por investir com determinação na transparência da

metodologia da gestão da crise. Esta transparência amplia a comunicação com a sociedade, aspecto fundamental na gestão das águas.

Quando este processo é mostrado aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, Rotary Club, CREA, Federação das indústrias, cursos de gestão da crise hídrica, Universidades e Centro de Pesquisas, e outros, o resultado é positivo. Os participantes percebem que há técnica refinada, participação dos envolvidos e muita responsabilidade nas decisões. O efeito sobre a plateia é visível. Quando são apresentadas aos fatos passam a ter outra opinião sobre a crise hídrica e a decisão por redução das vazões.

A participação de representantes da sociedade civil e usuários no processo de decisão é benéfica sob vários aspectos. Estes ajudam a propagar a informação de como a decisão é alcançada. Não é só porque a Lei exigiu, é que a descentralização da decisão promove a compreensão do assunto, empodera com informações a sociedade civil. Assim, no lugar de agências do governo contra a sociedade, tem-se uma parceria. Mesmo que cada um com sua função e competência e poder bem definidos.

Na academia também tem resultado positivo. Os professores que participam do processo devolvem esta oportunidade difundindo entre estudantes, por meio de suas aulas e pesquisas, o novo modelo de gestão das águas.

Outro resultado positivo é que retira parte da pressão sobre os agentes públicos. Ao dividir a informação, ao criar um ambiente cooperativo com todos os envolvidos, especialmente o CBHSF, ocorre um efeito considerável de reduzir as conflituosas relações institucionais na gestão da crise hídrica. Claramente configura-se como um processo *ganha-ganha*. Decididamente trata-se de uma rota sólida na direção de um novo paradigma da gestão das águas. Assim, tal modelo deve ser adaptado e usada em outras regiões sempre que as alocações de águas escassez estejam em litígio.

## 2.10 O fortalecimento do SINGREH

A ampliação da segurança hídrica também passa pelo fortalecimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), melhorando os instrumentos da Lei 9.433/1997 e melhorando a alocação de água. O fortalecimento do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos também passa por sua sustentabilidade financeira. E já há recursos financeiros consideráveis no sistema para o desempenho de sua missão.

Os recursos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica são de 7% (sete por cento) sobre o valor da energia elétrica produzida no país, conforme disposto na Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. Estes 7% estão divididos em duas parcelas:

- a) o percentual de 6,25 % é destinado aos Estados, Municípios, Fundo Nacional de Desenvolvimento Científicos e Tecnológico, Ministério de Meio Ambiente e Ministério de Minas e Energia;
- b) o percentual de 0,75% é repassado ao MMA para aplicação na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, nos termos do art. 22 da Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997<sup>8</sup>.

O decreto Nº 7.402, de 22 de dezembro de 2010, estabeleceu que a parcela de 0,75% constitui cobrança pelo uso de recursos hídricos, e será destinada ao Ministério do Meio Ambiente para as despesas que constituem obrigações legais referentes à Política Nacional de Recursos Hídricos e ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídrico, a serem realizadas pela Agência Nacional de Águas.

---

<sup>8</sup> Lei Federal Nº 9.984, DE 17 DE JULHO DE 2000

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2018) divulga os valores anuais transferidos referentes à compensação financeira pela utilização de recursos hídricos. Conforme tabela 11, verifica-se que, por exemplo, foi distribuído para a Agência Nacional de Águas (ANA), no ano de 2017, o valor de R\$ 172.810.014,82 para - conforme já se disse - implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, bem como organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Tabela 11 - Distribuição de compensação financeira (R\$) pelo uso dos recursos hídricos

<b>Resumo da distribuição em 2017</b>		
0,75%	ANA (0,75%)	R\$ 172.810.014,82
6,25%	FNDCT (4%)	R\$ 57.603.079,90
	MMA (3%)	R\$ 43.202.309,92
	MME (3%)	R\$ 43.202.309,92
	ESTADOS (45%)	R\$ 648.034.648,83
	MUNICÍPIOS (45%)	R\$ 648.034.648,83
	ESTADOS + MUNICÍPIOS (90%)	R\$ 1.296.069.297,66
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.612.887.012,22</b>

Fonte: (ANEEL, 2017)

Os Estados, por sua vez, receberam, no ano de 2017, o valor de R\$ 648.034.648,83. E as leis estaduais que criaram os Fundos Estaduais de Recursos Hídricos definem, em geral, que constituem receitas dos fundos a parte, ou o todo, da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica em seus respectivos territórios.

Cabe destacar que a Lei Nº 13.661, de 8 de maio de 2018, alterou a Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, para definir as parcelas pertencentes aos Estados e aos municípios do produto da Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos (CFURH), cabendo agora aos municípios 65% e 25 % aos Estados.

Além dos recursos da compensação referida, há a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, no conceito definido no artigo 19 da Lei Nº 9.433/1997. O site da Agência Nacional de Águas informa que, no ano de 2016, foram arrecadados R\$ 295,23 milhões. A tabela 12 exhibe os montantes envolvidos.

Estes valores deveriam prioritariamente, conforme a legislação, financiar:

- I - Estudos, programas, projetos e obras incluídas nos Planos de Recursos Hídricos;
- II - Despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Tabela 12 - Distribuição da arrecadação pelo uso da água

Região	Início da cobrança	Valores do ano 2016		Total de 2003 até 2016		Número de anos cobrados
		Cobrado (Milhões R\$)	Arrecadado (Milhões R\$)	Cobrado (Milhões R\$)	Arrecadado (Milhões R\$)	
<b>Cobranças Interestaduais</b>						
Paraíba do Sul	Mar/03	11,00	10,74	144,3	141,1	13
PCJ	Jan/06	20,97	10,39	185,9	171,5	10
São Francisco	Jul/10	23,00	20,95	145,6	137,9	6
Doce	Nov/11	11,04	9,19	52,1	39,5	5
<b>Cobranças Estaduais</b>						
Ceará	Nov/96	101,58	99,90	693,3	670,0	20
Rio de Janeiro	Jan/04	24,61	24,57	271,8	236,3	12
São Paulo	Jan/07	88,42	76,56	391,6	360,3	9
Minas Gerais	Mar/10	42,11	38,40	186,2	173,9	6
Paraná	Set/13	3,81	3,80	11,1	10,6	3
Paraíba	Jan/15	2,06	0,72	6,2	1,1	1
Cobrança total no país (Milhões de R\$)		328,60	295,23	2.088,4	1.942,3	

Fonte: (ANA, 2017)

A lei estabelece que os montantes arrecadados devem ser aplicados em projetos e obras que alterem, de modo considerado benéfico à coletividade, a qualidade, a quantidade e o regime de vazão de um corpo de água.

Os recursos da compensação financeira e da cobrança pelo uso dos recursos hídricos já disponível no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos devem ser aplicados para que a Lei das Águas cumpra seus objetivos, auxiliando a progressiva ampliação da segurança hídrica nacional. Esta aplicação precisa ser acompanhada em detalhes para garantir que o Sistema Nacional receba os recursos orçamentários e financeiros necessários para o cumprimento de seus objetivos.

O Agência Nacional de Águas criou o **PROJETO LEGADO** que tem como missão apresentar os principais desafios à implementação da Política Nacional de Recursos

Hídricos, junto com propostas para enfrentamento dos problemas identificados, bem como possíveis instrumentos normativos para sua execução.

Entre as propostas contidas no **Projeto Legado**, destacam-se (ANA, 2017c):

- a) Propõe-se a criação de um Comitê Interministerial de Segurança e Infraestrutura Hídricas (CINFRAH) e o aperfeiçoamento do Certificado de Sustentabilidade de Obra Hídrica – CERTOH de forma a exigí-lo durante a etapa de planejamento das obras hídricas;
- b) Propõe-se a ampliação do limite de custeio de 7,5% para até 15% para as agências de bacia, conforme proposta dos Comitês, sem qualquer alteração no que concerne à aplicação dos recursos orçamentários destinados à ANA.
- c) Estabelecer, em caráter definitivo, em atendimento à Moção CNRH no 58, de 29 de junho de 2011, uma Conferência Nacional das Águas (CONÁGUAS) que se configurará como amplo mecanismo de consulta à sociedade brasileira, complementar àqueles já existentes no âmbito dos colegiados do SINGREH.
- d) Propõe-se ampliar as possibilidades de aplicação do modelo de pagamento por resultados nas políticas públicas como alternativa aos instrumentos convencionais, revisando o arcabouço infra legal vigente de forma a explicitar o uso de contratos de metas e resultados como um dos instrumentos para transferências voluntárias.
- e) Propõe-se o aprimoramento da Lei 12.334/2010, com a criação de uma Comissão Nacional de Segurança de Barragem (CNSB) e manutenção do papel do CNRH no que concerne às barragens de acumulação de água para múltiplos usos.
- f) Propõe-se aprimorar a Lei 9.433/1997, explicitando-se a fiscalização como mais um instrumento essencial para dar consequência regulatória à gestão de recursos hídricos, e a Lei 9.605/1998.
- g) Aprimoramento da gestão das águas subterrâneas, observadas as interdependências entre os usos de águas subterrâneas e superficiais, evitando-se a exaustão de aquíferos e nascentes;
- h) Aprimoramento dos instrumentos de planejamento, com a definição de regras e mecanismos para gestão estratégica em interligação de bacias hidrográficas e para orientar os investimentos públicos em segurança e infraestrutura hídrica.

## 2.11 Reação à escassez hídrica

As indústrias, os irrigantes e outros usuários intensivos de recursos hídricos agiram com a crise hídrica. Buscaram soluções de curto e médio prazo para reduzir à exposição ao risco da escassez hídrica. Na sequência são apresentados alguns exemplos com potencial de serem ampliados.

### 2.11.1 O reúso do esgoto doméstico tratado

Uma das reações da indústria na região sudeste para diminuir o risco do desabastecimento foi a AQUAPOLO, maior empreendimento para a produção de água de reúso industrial na América do Sul, e quinto maior do planeta. Resultado de parceria entre a BRK Ambiental e a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), fornece por contrato 650 litros/segundo de água de reúso para o Polo Petroquímico da Região do ABC Paulista. Embora, tenha capacidade de produzir 1.000 litros/segundo. Isso equivale ao abastecimento de uma cidade de 500 mil habitantes, como Santos, por exemplo.

Constituído por 12 empresas, o Polo Petroquímico é responsável por 25 mil empregos diretos e ou indiretos. Foi ele que determinou as propriedades e qualidades da água de reúso produzida. Em 2015, o AQUAPOLO ampliou sua atuação para fora do Polo Petroquímico do ABC e passou a atender empresas da região que deixaram de utilizar água potável em seus processos produtivos, contribuindo para a disponibilidade hídrica do ABC (AQUAPOLO, 2017).

Desde 2013, a CNI (Confederação Nacional da Indústria) tem realizado esforços para alertar às empresas quanto aos riscos associados ao desabastecimento de água. O risco regulatório está presente na determinação de racionamentos e revisão/restrição de outorgas - amplamente utilizados no país.

Dentre as soluções para a indústria, a racionalização do uso e o uso de fontes alternativas de água são as opções mais comuns para a redução da vulnerabilidade do setor. Nesse sentido, o reúso dos esgotos urbanos tratados como fonte de água para a indústria se apresenta viável.

Entretanto, o preço da água de reúso e o ambiente regulatório onde se inscrevem os contratos nesse setor ainda são desafios importantes no país. O setor industrial considera importante o entendimento que o custo do fornecimento do esgoto tratado às indústrias seja, exclusivamente, os custos marginais associados às unidades de tratamento complementares necessárias e o sistema de adução e reservação.

CNI (2017b) tratando sobre o assunto afirma que:

“Os custos primários associados aos sistemas de tratamento convencionais de esgotos não podem ser atribuídos ao reúso, pois são legalmente necessários para o atendimento aos padrões de emissão estabelecidos pelas Resoluções Conama nº 357/2005 e nº 430/2011”.

Este é um tema controverso em debates com as companhias de saneamento. O conceito apresentado no parágrafo acima não é um consenso no momento de pensar em tarifas para o aproveitamento das águas servidas oriundas das estações de tratamento. Este é sem dúvida um gargalo a ser vencido para a larga adoção desta medida no território brasileiro.

Ainda assim, houve avanços. O reúso industrial de águas servidas oriundas dos sistemas de tratamento de esgoto foi a solução para a empresa COTEMINAS, em sua unidade industrial produtora de tecidos, na cidade de Campina Grande (PB). O reservatório Epitácio Pessoa – conhecido como Boqueirão e fonte de água de toda a cidade incluindo o parque industrial - atingiu o nível de 2,0% no começo do ano de 2017. Diante da crise, no mesmo ano de 2017, foi firmado um contrato pelo qual a COTEMINAS construirá uma adutora para receber da CAGEPA (Companhia de Águas e Esgoto da Paraíba) parte das águas servidas tratadas na ETE Catingueira-Caiçara, na qualidade já obtida pela ETE. Tudo isto como alternativa de suprimento hídrico para sua unidade. De outra forma, havia o risco de desabastecimento e ameaça a manutenção do nível de produção. Conforme o contrato, as despesas havidas para a instalação da adutora de 7 km, estimadas em R\$ 2.470.856,32, foram realizadas pela COTEMINAS. Este valor será descontado nos próximos 10 anos na conta de água da empresa. O valor da tarifa da água de reúso foi fixado em R\$

1,58/m<sup>3</sup>. Ao fim do período, a adutora será inserida no patrimônio da CAGEPA. A CAGEPA fez o projeto executivo de engenharia, bem como providenciou a desapropriação da área atravessada pela adutora e as licenças necessárias<sup>9</sup>.

O reúso é uma opção que está na pauta da indústria. O Estado do Rio de Janeiro, somente com a ETE Alegria, gera cerca de 2,5 m<sup>3</sup>/s de efluentes. Esse volume é quase 4 vezes o que é reutilizado pelo Polo Petroquímico do ABC paulista através do Projeto AQUAPOLO. Somadas, as 17 ETE's do entorno da Baía de Guanabara devolvem ao mar cerca de 10,5 m<sup>3</sup>/s de esgoto tratado. Um volume significativo que poderia ser fornecido, por exemplo, para as indústrias fluminenses da região (FIRJAN, 2015).

CNI (2017) tratando do reúso de efluentes na indústria estimou o volume de esgoto tratado nas ETES que, sob certos critérios locais e outros, poderiam ter como destino o uso industrial, ao invés de serem diluídos nos rios ou outras fontes hídricas. A tabela 13 detalha esses volumes.

Tabela 13 - Volume de esgoto tratada com uso potencial.

ANO	ÁGUA PRODUZIDA (MIL M <sup>3</sup> /ANO)	ÁGUA CONSUMIDA (MIL M <sup>3</sup> /ANO)	ESGOTO COLETADO (MIL M <sup>3</sup> /ANO)	ESGOTO TRATADO (MIL M <sup>3</sup> /ANO)
2008	14.303.079	8.364.361	4.018.386	2.657.998*
2009	14.518.110	8.418.217	4.229.809	2.894.984
2010	15.023.400	9.111.552	4.662.490	3.124.071
2011	15.423.936	9.355.778	4.726.248	3.207.947
2012	15.862.169	9.880.042	5.149.349	3.540.787
2013	16.117.584	10.144.946	5.222.459	3.579.335
2014	15.991.238	10.132.306	5.357.051	3.763.851

Fonte: (CNI, 2017b)

No biênio 2015-2016, a região metropolitana de Vitória (ES) viveu sua mais grave crise hídrica. Em resposta, a concessionária CESAN implementou um racionamento progressivo e continuada para todos, incluindo as indústrias da região. Reagindo, a ArcelorMittal Tubarão - que faz parte do Grupo ArcelorMittal, maior produtor de aço do mundo - modernizou sua Estação de Tratamento de Água para reúso, representando o maior investimento privado de reúso no Espírito Santo, num total de

<sup>9</sup> O autor visitou o empreendimento em outubro de 2017 e recebeu todos os documentos legais desta operação.

R\$ 23 milhões. Ao final do período a empresa acumulou 49% de redução em relação ao volume de água contratada da concessionária. A empresa conseguiu esta redução sem reduzir sua produção de aços planos (Pedrosa, 2017).

Ao mesmo tempo, no início de 2017, a CESAN lançou uma PMI (Proposta de Manifestação de Interesse) que se destina a selecionar o melhor projeto para que os efluentes da ETE Camburi sejam reaproveitados para o reúso do setor industrial. Mais uma ação para ampliar a segurança hídrica pela diversificação das fontes de abastecimento na região metropolitana de Vitória.

No ano de 2015, diante da escassez hídrica vivida no Estado de Minas Gerais, as entidades representativas do setor produtivo mineiro, reunidas no Fórum das Entidades Empresariais de Minas Gerais, firmaram o PACTO DE MINAS PELAS ÁGUAS que, entre outras ações, comprometem-se a (FIEMG, 2017):

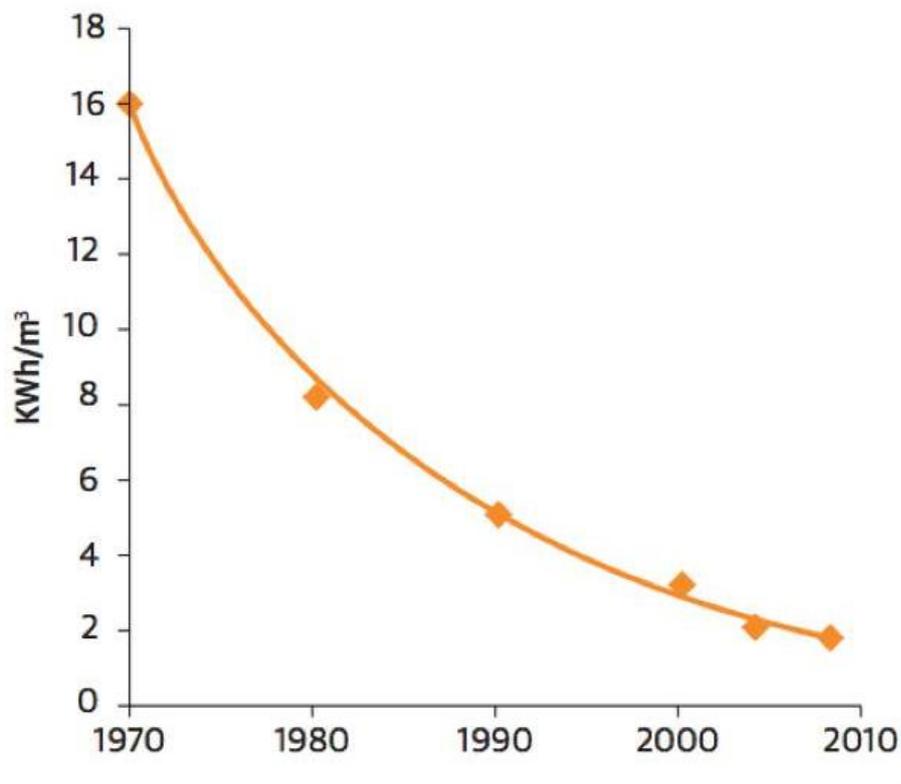
- a) Cooperar para o atingimento das metas de redução propostas pelo Governo do Estado de Minas Gerais, atuando junto às cadeias produtivas no aperfeiçoamento da utilização dos recursos hídricos em seus processos produtivos;
- b) Priorizar programas, projetos e ações para elevar a capacidade de reúso de água de forma que, no limite da capacidade econômica e tecnológica, se possa melhorar a performance hídrica no setor produtivo;
- c) Investir na manutenção e recuperação dos mananciais utilizados na produção, em áreas de responsabilidade dos usuários, de forma a preservar os lençóis freáticos e nascentes dos rios;
- d) Realizar ações visando reduzir o consumo de água em suas unidades administrativas e educacionais, bem como apoiar as comunidades no entorno em ações para racionalização do consumo de água;

Ao mesmo tempo, o PACTO DE MINAS PELAS ÁGUAS convidou o Governo do Estado de Minas Gerais a “trabalhar com transparência para que consumidores e usuários estejam permanentemente informados sobre a real situação hídrica no estado e para que medidas de restrição – especialmente no que se refere a vazões outorgadas – sejam resultado de um processo amplamente negociado e que considere especificidades setoriais”.

### 2.11.2 A dessalinização

A dessalinização tem sido usada como alternativa competitiva em certas regiões submetidas à severa escassez hídrica. O custo do processo de osmose reversa tem caído, tornando-o competitivo em certos contextos. O avanço tecnológico também permitiu a redução do consumo de energia no processo. A figura 36 exibe o caso de Perth, cidade da Austrália (World Bank, 2018). Já é possível obter 1 m<sup>3</sup> usando 2 KWh, contra 16 KWh há quatro décadas.

Figura 36 - Ganho de eficiência energética no processo de osmose-reversa

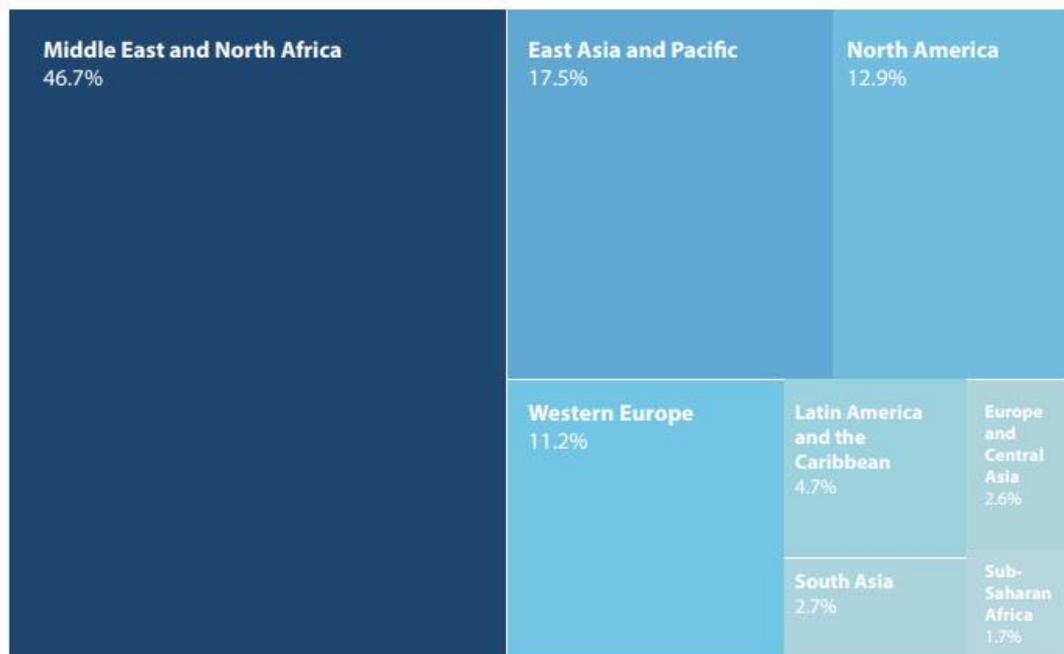


Source: Elimelech and Phillip 2011.

Fonte: (World Bank, 2018)

A figura 37 ilustra a distribuição da capacidade instalada dos dessalinizadores ao redor do mundo. Observa-se que 46,7% da capacidade está localizada no Oriente Médio e no Norte da África.

Figura 37 - Distribuição da capacidade mundial de dessalinização(ano base 2016)

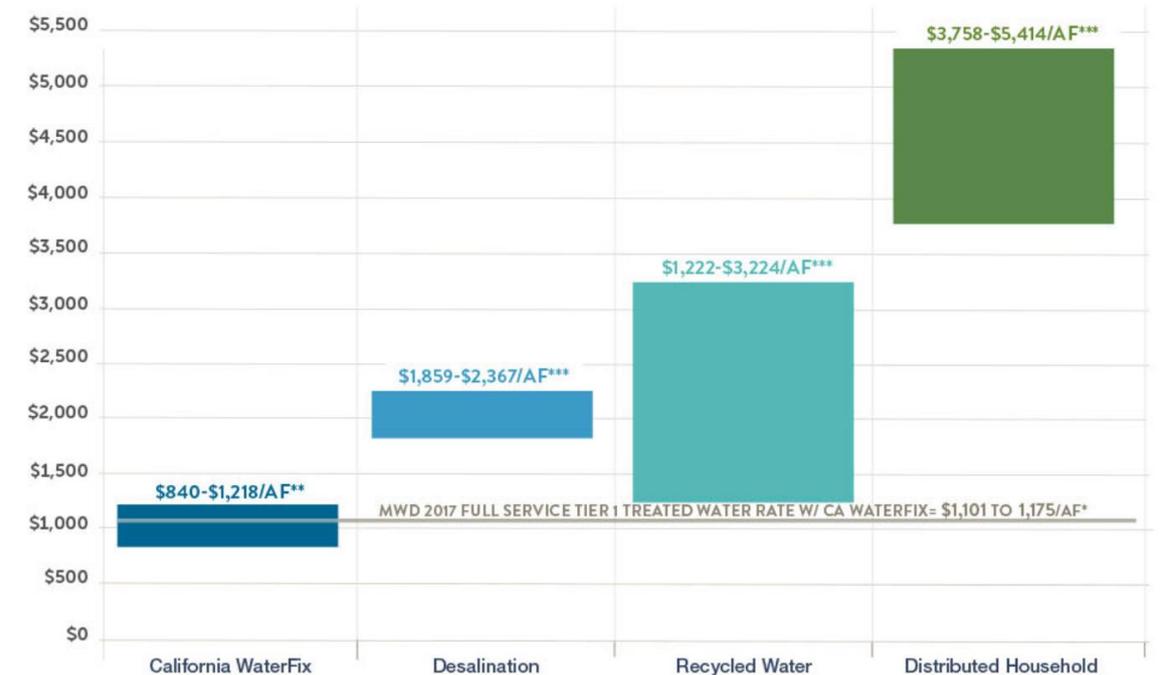


Source: Data from Global Water Intelligence 2016a.

Fonte: (World Bank, 2017b)

O serviço de água do sul da Califórnia (The Metropolitan Water District of Southern California) comparou os custos de obtenção atuais de água (California WaterFix, abril de 2018) com outras opções (dessalinização, reúso de águas servidas e água de chuva), conforme ilustra a figura 38. O estudo do MWD mostra que a dessalinização, no sul da Califórnia, já é competitiva com o reúso de águas servidas.

Figura 38 - Custos da água para diferentes fontes.



Fonte: (MDW, 2018)

No Brasil, a dessalinização de pequena escala é usada largamente em certas pequenas comunidades do sertão nordestino, onde as águas com alto teor de sais impedem seu uso sem o prévio tratamento. O Programa Água Doce (PAD) é uma ação do Governo Federal, coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente em parceria com instituições federais, estaduais, municipais e sociedade civil, que visa estabelecer uma política pública permanente de acesso à água de qualidade para o consumo humano, incorporando cuidados técnicos, ambientais e sociais na implantação, recuperação e gestão de sistemas de dessalinização de águas salobras e salinas.

Estima-se que mais de 200 mil pessoas já recebam água por meio dos dessalinizadores financiados pelo programa. Conforme informa o Ministério do Meio Ambiente, o desafio do Programa Água Doce é avançar no caminho da sustentabilidade hídrica, alimentar e energética, ampliando o uso de energia solar fotovoltaica e incorporando boas práticas de conservação de solo e água.

Outro exemplo de uso da dessalinização é encontrado no Arquipélago de Fernando de Noronha que tem sua água obtida desta forma. O uso de tal técnica, portanto, ainda

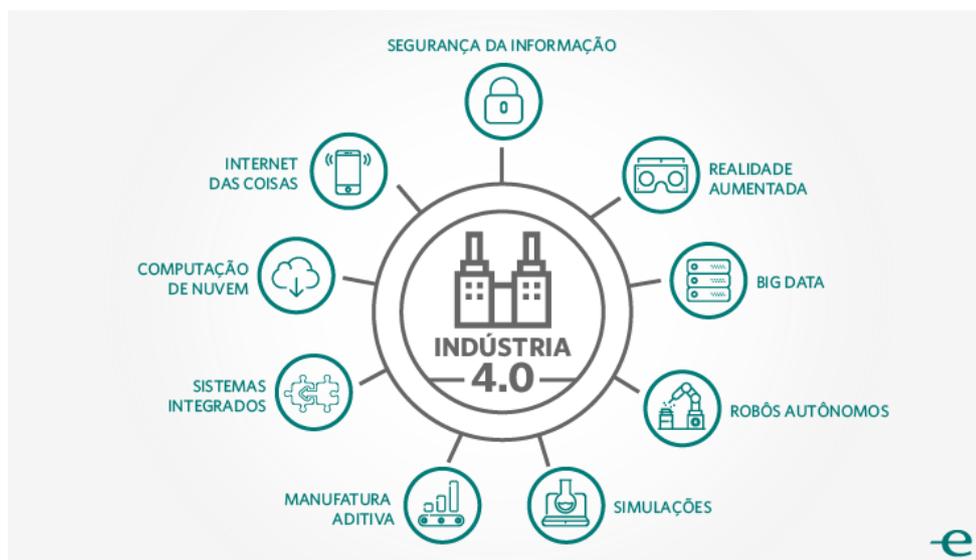
é incipiente no Brasil, mas o avanço da escassez hídrica tem feito que algumas unidades industriais localizadas próximos ao mar realizem estudos de viabilidade técnica, ambiental e financeira desta fonte alternativa de água.

## 2.12 Novos conceitos no enfrentamento da crise hídrica

Novos conceitos - e outros não tão novos - precisam constar nas agendas da sociedade civil, do governo brasileiro e do setor produtivo nacional quando o tema em debate é segurança hídrica. O tratamento das questões hídricas ainda é caracterizado, na média, por baixa atualização tecnológica e com grandes oportunidades no aumento da eficiência. Felizmente, sobram exceções de modernidade e eficiência no uso das águas.

É fundamental que a revolução tecnológica contida no conceito de **indústria da quarta geração** traga para o setor de recursos hídricos suas inovações. Esta revolução engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura. O setor de recursos hídricos deve se apropriar deste fenômeno. As mais relevantes tecnologias da indústria 4.0 são internet das coisas (IoT), *big data*, e segurança e estabilidades das comunicações, conforme ilustra a figura 39.

Figura 39 - Conceitos da indústria 4.0.



Fonte: (ENDEAVOR,2018)

Na irrigação ainda precisa ser ampliado o uso de sensores para medição da umidade do solo e medição precisa da vazão em cada aspersor, de forma a entregar a quantidade exata de água que a cultura necessita. Na verdade, o próprio controle do volume de água aplicado na cultura ainda precisa ser ampliado. Mesmos nos casos de irrigação por salvação - irrigação com fornecimento de água aquém das necessidades da cultura - ainda assim a literatura técnica aponta que é possível manter a produção com uma redução do consumo de água de até 30%. Sendo a irrigação o maior usuário de água, 30% de redução no consumo deste setor é muito expressivo.

Há iniciativas de uso de aplicativos de celular em conjunto com sensores de forma que a irrigação seja monitorada a distância com o controle da umidade do solo. O CESAR (Centro de Estudos Avançados do Recife, 2018) desenvolveu comercialmente um destes aplicativos, o *Monitor de Irrigação*. O gerente da fazenda monitora e modifica pelo celular o funcionamento do pivô central: a velocidade de rotação do pivô, a lâmina de água aplicada, a umidade do solo, o consumo de água por hectare e verificação de pressão. Especialistas defendem que devemos passar do controle por hectare para o controle por metro quadrado - é o conceito de agricultura de precisão. Algumas fazendas nos Estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás já usam a tecnologia.

Na safra 2016/2017 o grupo Coruripe, com 5 unidades produtoras de açúcar, álcool e bioeletricidade, produziu 20 milhões de sacos de açúcar, 686 mil MWh de bioeletricidade e 445 milhões de litros de etanol. A utilização de drones pela Usina Coruripe já é prática. Além de proporcionar fotografias e vídeos das áreas em alta resolução, auxilia também em diversas atividades como: monitoramento das lavouras através do levantamento de pragas e falhas no plantio, estimativa de safra, fazer a previsão de sacarose da planta, mapeamento de áreas para plantação e para cadastro ambiental, contagem de árvores, identificação de nascentes, entre outros. Em suas unidades, a irrigação por gotejamento, com eficiência de 95%, gera uma produção de 91.840 kg de cana/hectare, contra 63.460 kg de cana/hectare com pivô central. O uso do gotejamento permite reduzir a pressão sobre os mananciais, aumentar a produção por hectare e tornar desnecessário a ampliação da área produtiva, suprimindo vegetação nativa. É preciso salientar que há muita tecnologia na irrigação por gotejamento, inclusive os minúsculos dispositivos que impedem que as partículas em

suspensão na área entupam os pontos de saída da água. O reúso também já é realidade sendo a fonte de irrigação de 8.109 hectares. Estes são alguns dos exemplos das inovações que já chegaram na interface do uso da água na agro-indústria (CORURIFE, 2018).

As tecnologias de *big data*, o desenvolvimento de variedades culturais resistentes à seca, as informações de modelos de previsão de chuva, a internet das coisas e a nova geração de sensores mais baratos e mais precisos já permitem que o manejo da cultura considere a cada porção da área da produção o tipo de solo, a quantidade de água no solo, a quantidade de chuva nos dias anteriores e a previsão de chuvas para os próximos dias, definindo um manejo com menor uso de insumos, inclusive a água, elevando a produtividade hídrica (kg ou tonelada de produção por metro cúbico).

O Brasil que já é importante no cenário mundial da agricultura, tem tudo também para ser um protagonista da tecnologia na agricultura e na pecuária, viabilizando a sustentabilidade ambiental das suas operações. Da mesma maneira, há espaço para irrigação por gotejamento, para o reúso da água, reciclagem e redução dos efluentes desta cadeia de produção.

O Estado de Israel ocupa a liderança mundial no reúso do efluentes domésticos urbano na agricultura. Em Israel 86% dos efluentes domésticos são tratados e reusados na agricultura irrigada (comunicação pessoal)<sup>10</sup>. Muita tecnologia de monitoramento por sensores, métodos de tratamento de efluentes, controle de umidade no solo e softwares de integração de todas informações são integrados e usados para decidir pela melhor produtividade hídrica: mais produção (kg) por metro cúbico. O Brasil mal iniciou esta caminhada. Algumas destas ferramentas tecnológicas já são realidades em sistemas de geração de energia, telecomunicações e transporte.

Nos serviços de saneamento urbanos há boas oportunidade de melhorias. Há mesmo uma perda na distribuição que varia entre 70% a 30%, a depender do sistema. O uso das possibilidades da Internet das Coisas (**IoT**), dos sensores de medição de vazão,

---

<sup>10</sup> Comunicação pessoal do Dr. Ygal Achmon intitulada Israel Water Sector, em palestra na University of California, no mês de junho de 2015.

dos sensores para detecção de vazamentos por meio do monitoramento da pressão linear na rede, dos sistemas de inteligência artificial associados aos de modelagem hidráulica, e ao tradicional manejo dos registros para controle da pressão da água na rede serão indispensáveis na busca pela redução das perdas. Os números da realidade brasileira não se coadunam com capacidade da nona economia mundial.

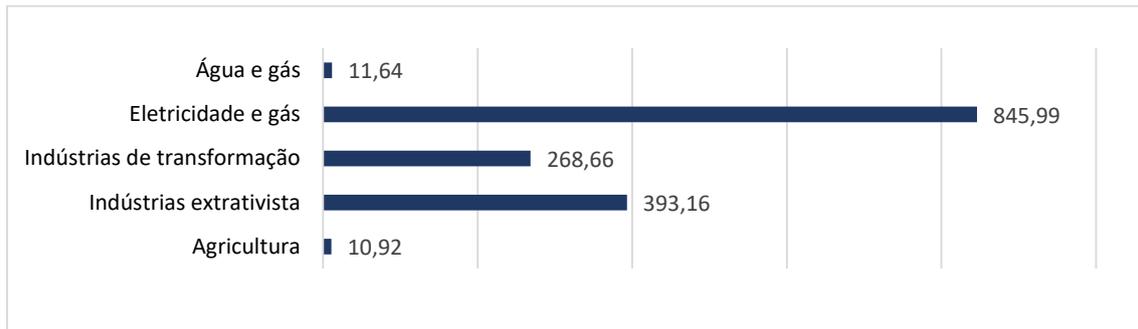
O PNUMA (2011) tem defendido e divulgado o conceito de desacoplamento do consumo de insumos com o desenvolvimento da economia. A ideia está baseada na premissa que o crescimento da população exigirá um aumento na oferta de bens e serviços para esta demanda futura. Esta produção acarretará um aumento no consumo de insumos, inclusive de água. Se a razão de produção e consumo de água - produtividade hídrica - não se alterar, ter-se-á um futuro com a escassez hídrica provavelmente ampliada, ameaçando a população, a preservação do meio ambiente e das atividades produtivas. Daí o conceito ser a busca por técnicas que desacoplem ao aumento do insumo na mesma razão do aumento da produção. A ideia é produzir mais com menos insumo, inclusive a água, melhorando o índice de produtividade hídrica (kg ou unidades produzidas/m<sup>3</sup> de consumo de água no processo).

Em março de 2018, nos dias que antecederam o Fórum Mundial da Água, ocorrido na cidade de Brasília, foi lançada a publicação *Contas Econômicas Ambientais da Água no Brasil* – uma publicação da ANA, IBGE e Ministério do Meio Ambiente. O texto buscou (MMA, 2018):

“Integrar indicadores físicos com indicadores monetários, podem influenciar na condução de ações e políticas públicas no sentido da gestão integrada dos aspectos físicos e monetários deste recurso fundamental para a vida.... Os indicadores estão relacionados com a avaliação da produtividade hídrica dos setores da economia, relacionando valores monetários oriundos do valor adicionado bruto do setor (resultado das atividades produtivas) e o consumo de recursos hídricos deste setor em um determinado ano”.

Assim, para os valores do ano de 2015, as eficiências hídricas das atividades econômicas estão expostas na figura 40.

Figura 40 - Eficiência hídrica (R\$/m<sup>3</sup>) para as atividades econômicas no Brasil.



Fonte: (MMA, 2018. Adaptada pelo autor.).

O documento trata de uma iniciativa importante para, por meio de indicadores, avaliar a eficiência do uso da água na geração da riqueza nacional. Inequivocamente, será uma tendência a busca por prover mais bem e serviços por metro cúbico de água.

Os autores reconhecem e alertam que:

“embora esses indicadores auxiliem na elaboração de um diagnóstico da disponibilidade de água e das pressões exercidas nos recursos hídricos, para abordar problemas de água e priorizar determinadas ações são necessárias informações mais detalhadas e regionalizadas (distribuição no espaço e tempo) sobre como a água é usada em uma economia no país”.

Também tem crescido o conceito de **simbiose industrial**, ou seja, um *cluster* de indústria onde o resíduo do processo de produção de uma sirva como insumo para outras. Como exemplo, ainda usando o caso sucroenergético, o bagaço da cana sendo ser vendido para indústrias que o transformam o mesmo em fonte de combustível para fornos de pizzarias e padarias, ou mesmo produção de etanol de segunda geração.

Um exemplo importante do conceito de redução de consumo hídrico associado à simbiose industrial vem da empresa Nestlé. A fábrica de cápsulas Nescafé Dolce Gusto, em Montes Claros (MG), não utiliza água oriunda das fontes naturais. A explicação é que (NESTLE, 2018):

“a fábrica vizinha de Leite Moça a abastece com água retirada do leite, por meio de um processo de vaporização e condensação. A água extraída do leite é o suficiente para abastecer a fábrica de cápsulas e ainda sobra para

usar na fábrica de leite condensado. Em 1 ano, mais de 66 milhões de litros de água potável deixaram de ser retirados da natureza. A fábrica de cápsulas de Dolce Gusto foi a primeira unidade da Nestlé no mundo a receber a certificação de Impacto Ambiental Neutro em 3 dimensões: água, resíduos e emissão de carbono. A certificação atesta que a unidade não utiliza água potável oriunda da natureza em seus processos produtivos. A Nestlé possui outra unidade “zero água” em Palmeiras das Missões (RS) e outras 3 que também terão o consumo de água zerado em breve”.

Economia verde é um modelo de produção que busca melhorar o bem-estar humano e social enquanto reduz o risco ambiental e a escassez. Baseia-se, principalmente, em investir nos meios de transporte com energia mais limpa, maior eficiência e uso de energia renovável na produção, melhor gerenciamento da água, construções inteligentes do ponto de vista ambiental, melhor eficiência no gerenciamento dos efluentes e melhor uso da terra através de prática sustentáveis de produção. A figura 41 aponta as linhas de ações da economia verde.

Figura 41 - Ações da economia verde.



Fonte: (PNUMA, 2011)

O Brasil já avançou em alguns aspectos, destacando-se o uso do etanol em parte de sua frota. A boa gestão dos recursos hídricos deverá ser buscada para garantir o crescimento desta oferta de combustível renovável. Entretanto, vale ressaltar a participação do etanol hidratado carburante na matriz energética, representando 33,3% do combustível da frota nacional (UNICA, 2015).

A geração de energia por queima de combustível fóssil (termoelétricas) usa água para resfriamento de seus equipamentos. Algumas destas termoelétricas estão em área de escassez hídrica, junto ao mar, e usam água doce para o resfriamento. Em futuros

projetos, é preciso considerar o uso de água do mar para este processo. O que já ocorreu com algumas indústrias há décadas.

Construções ambientalmente sustentáveis precisam torna-se realidade no Brasil. Captação e uso da água de chuva, instalação de placas solares, reutilização de águas cinzas para irrigação dos jardins, medição individualizada do consumo de água, telhado verde, instalações hidráulicas que reduzam o consumo de água, áreas verdes com espécies mais resiste à seca, entre outras medidas foram um conjunto de ações para as construções sustentáveis se expandirem no Brasil.

Também é importante considerar como boas práticas que várias unidades industriais com seus largos pátios e grande telhados já coletam água da chuva e esta água é usada para jardinagem, água nos banheiros e limpeza do pátio e veículos.

Nesta direção, o Governo da China iniciou o projeto intitulado "cidade esponja". O objetivo é que 70% da água da chuva seja absorvida e reusada na cidade por meio de superfícies permeáveis, locais de retenção, purificação e armazenamento, revitalização de lagos, telhados verdes, biorremediação, etc. Dezesesseis cidades pilotos receberão US\$1,2 bilhão para o início da mudança (UNESCO, 2018)

Na engenharia o conceito de resiliência refere-se da capacidade de um material voltar ao seu estado normal depois de ter sofrido tensão. O termo tem sido adaptado e usado várias outras áreas. Nesta direção, **resiliência hídrica é capacidade de certo conjunto de ações reestabelecer o fornecimento de água** após evento crítico.

O conceito de resiliência não se confunde com o conceito de segurança hídrica (MINSKER; et al., 2015). Resiliência significa a habilidade de lidar com mudanças e continuar a operar. O termo resiliência foi introduzido pelos ecologistas em 1970 para definir o comportamento dos sistemas ecológicos. Atualmente, o conceito é usado em várias disciplinas. No contexto das enchentes, resiliência é capacidade do sistema (comunidade, sociedade ou ambiente) de adaptar, resistir e recuperar-se das enchentes na direção de manter ou atingir nível aceitável de funcionamento.

Resiliência requer testar a habilidade do sistema de se recuperar sob várias circunstâncias que o torne capaz conter perdas/prejuízos e permitir um rápido retorno à condição prévia ao evento.

Desta forma, um sistema resiliente deve ser acompanhada das seguintes características:

- a) Reduzida probabilidade de falha;
- b) Reduzida consequências de falhas quando se avalia perdas humanas;
- c) Reduzido tempo de recuperação;
- d) Aceitável nível de funcionamento.

O conceito de resiliência na engenharia pode ser caracterizado pelos quatro R's da resiliência: a) redundância; b) robustez (a capacidade do sistema absorver perturbações); c) rapidez; e d) recursos disponíveis para as ações.

Adicionalmente, a resiliência pode ser concebida em termos de quatro dimensões interconectadas:

- a) Técnica: capacidade física do sistema em alcançar desempenho satisfatório após evento extremo
- b) Organizacional: capacidade da organização em definir responsabilidades e tomar decisões e ações para alcançar o quatro R's.
- c) Social: medidas destinadas a aliviar a extensão do dano e das consequências negativas sob as comunidades afetadas
- d) Econômico: capacidade da sociedade de reduzir perdas econômicas devido ao evento extremo.

Uma das aplicações mais consolidadas do termo resiliência é no trato com enchentes. A situação de interrupção do fornecimento de água é comum após enchentes, deslizamentos de terra e encostas ou mesmo de má qualidade da água que chega ao sistema de tratamento. Assim, a população é penalizada pelo desastre e depois pela ausência do serviço regular de água.

Assim, é preciso desenvolver um plano que contém três conjuntos de ações:

- a) Avaliação e redução do risco do evento crítico;
- b) Plano e práticas para respostas às situações de emergência;
- c) Sistema para monitorar contaminantes;
- d) Engajamento da população e *stakeholders*;

Uma situação comum no Brasil é a de populações morando em áreas de risco, sem sequer um alarme para avisar da proximidade de alguma ameaça. Um exemplo de redução do risco é instalações de alarme para a evacuação da área. Estes sistemas de alerta são de responsabilidade da CPRM, articulada com outras agências públicas como o CEMADEN.

Quanto ao serviço de água, é preciso ter as respostas que garantirão água às populações afetadas. Assim, instalações de centro de atendimento com unidades móveis de tratamento de água são uma das possibilidades em caso de emergência.

A água bruta fora de certo padrão também pode provocar a interrupção do serviço. No rio São Francisco, em 2016, por 10 dias foram suspensas as captações localizadas em território de Sergipe e Alagoas devido a uma pluma com elevada concentração de matéria orgânica que desceu o rio. O monitoramento evitou o fornecimento de uma água que ameaçaria a saúde da população.

A indústria está acostumada a realizar análise de risco de suas operações. No tema água, não basta avaliar o risco apenas para o parque industrial, é preciso realizá-la na “cadeia de suprimentos”, que é um conceito já consolidado.

Uma indústria de refrigerantes depende de água em seus processos industriais. Entretanto, ela não produz açúcar, produto indispensável ao seu processo. Ela compra açúcar de outrem. Assim, a aplicação do conceito análise de risco na cadeia de suprimento na indústria de refrigerantes impõe que a mesma monitore o risco de escassez hídrica na agroindústria do açúcar que lhe fornece a matéria prima. Assim

como, avalie o risco de escassez hídrica na área das residências de seus colaboradores.

O conceito é autoexplicativo e já largamente utilizado nas atividades produtivas. Em um curso o qual o autor foi professor, havido na Federação da Indústria da Bahia (FIEB), em julho de 2017, promovido pela CNI, registrou-se o seguinte depoimento:

“Eu trabalho em uma indústria que processa carne de aves, cuja sede fica na cidade de Feira de Santana. Não falta água para nossa planta industrial. Entretanto, todos os dias nós acompanhamos a chuva no oeste da Bahia distante quase 760 km. É de lá que vem nosso milho que alimenta as aves. Se lá não chove, não teremos milho com bom preço. Aí precisamos comprar milho do Mato Grosso, cujo preço com o frete nos tira a competitividade no mercado de carnes. Assim, precisamos ter um plano para o que fazer neste cenário”.

### 3. METODOLOGIA

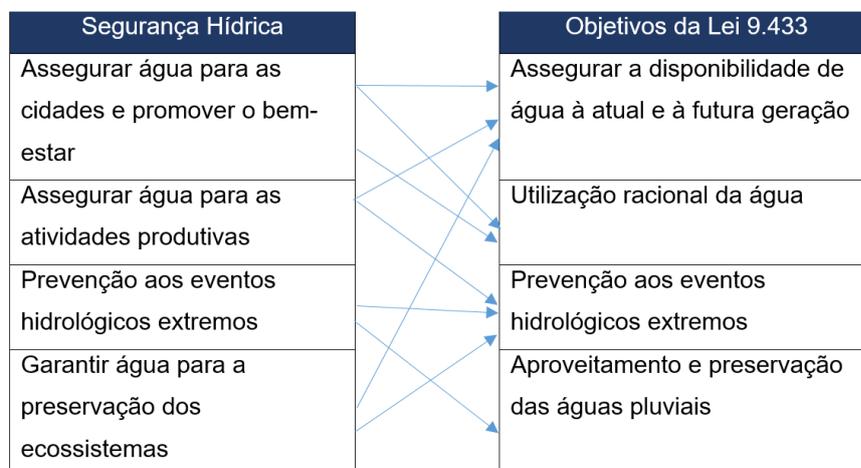
A Lei 9.443/1997 - que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - tem seis fundamentos. O primeiro diz que o recurso hídrico é um bem de domínio público, portanto seu uso está submetido às regras contidas na legislação que disciplina o tema. Aliás, o uso deve ser precedido pela outorga de direito de uso do recurso hídrico, com as exceções previstas. O segundo reconhece a finitude do recurso e o dota de valor econômico. Abre assim, portanto, o caminho para a cobrança pelo uso do recurso, que não se confunde com a tarifa pelos serviços de saneamento cobrado pelas companhias de saneamento. O terceiro determina que em situações de escassez hídrica deve ser dada prioridade para o consumo humano e a dessedentação animal. Este fundamento já é largamente consolidado em alocações de água no território brasileiro. O quarto estabelece que as obras hídricas e a gestão da água devem garantir os usos múltiplos – ou seja, que é preciso avaliar, considerar, compatibilizar e gerenciar usos tão diversos quanto geração de energia elétrica, irrigação, transporte, turismo, serviços ambientais, abastecimento de cidades, abastecimento de indústrias, pesca, fauna e flora aquática, serviço ambientais, entre outros. O quinto define que a gestão dos recursos hídricos deve ser realizada tendo a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento – é nesta área que ocorrem as relações de causa e efeito no uso dos recursos hídricos. Este fundamento obriga que ações da política nacional obedeçam a lógica dos fenômenos físicos de armazenamento e de translação da água na superfície terrestre. Aliás, o mesmo vale para as relações químicas e biológicas que ocorrem no corpo hídrico. Se a cidade A, localizada alguns quilômetros a jusante da cidade B, decide investir para tratar todos os seus efluentes devolvendo ao rio uma condição de balneabilidade, é ilógico desconsiderar os efeitos dos efluentes da cidade B no trecho de rio da cidade A. Assim, este fundamento impõe uma visão ampla e pragmática: ou as duas cidades cooperam para atingir esta pretendida qualidade hídrica, ou a ação revelar-se-á infrutífera, com a cidade B poluindo o rio e seu efeito alcançando a cidade A. O sexto fundamento estabelece a gestão descentralizada, obrigando que as decisões contenham participações do poder público, dos usuários e das comunidades – a natureza do fenômeno estudado impõe esta descentralização. Trata-se de uma imposição factual: não é possível gerir um bem fluído, que se

desloca, que tem variações significativas no tempo e no espaço, cuja fiscalização do uso da água requer uma rede de observação com larga escala espacial e temporal, sem haver um acordo, um pacto entre todos que “usam” as águas deste rio, desde sua nascente até sua foz. São estes seis fundamentos indissociáveis que dão um norte à gestão dos recursos hídricos no território brasileiro.

Por sua vez, os objetivos daquela legislação são quatro. O primeiro é assegurar às atuais e futuras gerações a necessária disponibilidade hídrica nos aspectos quantitativos e qualitativos. Esta é a essência do desenvolvimento sustentável do recurso. O segundo é a utilização racional do recurso, impondo o uso eficiente. O terceiro é a prevenção aos eventos hidrológico extremos: secas e enchentes. Tais eventos são comuns e danosos ao território nacional. O quarto, feito por uma alteração em 2017, estimula a captação, preservação e aproveitamento das águas pluviais.

É fácil observar que objetivos da Lei 9.433 têm ampla aderência com o conceito de segurança hídrica. A figura 42 ilustra estas concordâncias. A busca em alcançar os objetivos da Lei leva ao incremento da segurança hídrica. Por exemplo, garantir água para a preservação dos ecossistemas está contido no objetivo de assegurar a disponibilidade hídrica à atual e à futura geração que merecem um ambiente saudável. Como também assegurar água para as cidades exige a busca pelo uso racional da água – devido aos elevados índices de perdas comentados no capítulo 2.

Figura 42 - A segurança hídrica e os objetivos da Lei 9.433.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A ampliação da segurança hídrica trata-se de um processo com a participação do governo, dos usuários de água e da sociedade, conforme assevera o sexto fundamento da Lei 9.433/1997. A figura 43 expõe um conjunto diverso de ações estruturais e não estruturais que favorecem a ampliação da segurança hídrica. O funcionamento orquestrado destas é um desafio para toda a sociedade brasileira, com papel para governos, usuários de águas, professores, pesquisadores, agentes privados, agentes públicos, legisladores, gestores e demais interessados no tema.

Figura 43 - Conjunto de ações estruturais e não estruturais para a segurança hídrica.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A figura 43 exibe uma larga amplitude e variedade de ações possíveis, ainda assim não esgota as possibilidades. Contudo, estas ações devem ser coordenadas dentro do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A figura 44 ilustra os entes do SINGREH. Cada um destes entes tem suas competências definidas na Lei 9.433/1997. Após 21 anos de sua promulgação, o pleno funcionamento do SINGREH é um dos desafios para a ampliação da segurança hídrica no território nacional.

Figura 44 – Organismos com atuação do SINGREH.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Não foi objetivo desta tese detalhar cada uma das ações possíveis apontadas na figura 43. Como ficou explícito no capítulo 1, esta tese tem como um de seus objetivos: “propor e avaliar o uso de um método efetivo para a construção de pactos entre governo, usuários de água e a sociedade que ampliem a segurança hídrica”.

Por isso, na continuidade deste capítulo está apresentada uma metodologia para a construção de pactos - aqui entendido como ações para dirimir conflitos conforme expresso na letra da Lei Nº 9.433/1997.

A Lei Federal Nº 9.433/1997 previu o dispositivo de arbitrar conflitos em três de seus artigos:

Art. 32. Fica criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os seguintes objetivos:

I - coordenar a gestão integrada das águas;

II - **arbitrar administrativamente os conflitos** relacionados com os recursos hídricos;

...

Art. 35. Compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos:

I - promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários;

II - **arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos** existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos;

...

Art. 38. Compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica, no âmbito de sua área de atuação:

I - promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;

II - **arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos** relacionados aos recursos hídricos.

Arbitrar conflitos relacionados aos recursos hídricos, conforme entendimento do autor, significa construir um pacto com a participação do governo, usuários de água e sociedade civil que decida por prioridades e grau de atendimento das demandas hídricas; escolhendo e promovendo as ações que - limitando a demanda ou ampliando a oferta hídrica – promovam a maximização do bem-estar da coletividade.

Conforme vê-se acima a Política Nacional de Recursos Hídricos criou a figura dos comitês de bacia hidrográfica e disciplinou que nesse coletivo serão dirimidas administrativamente, em primeira instância, os conflitos pela água da sua área de atuação. Nos comitês há representantes do poder público, da sociedade civil e dos usuários. Por força legal, esses três segmentos devem estar envolvidos na busca pela solução pelo conflito pelo uso da água.

Entretanto, na prática brasileira da gestão dos recursos hídricos, a necessidade de rapidez e efetividade exigiu a criação de outros agrupamentos permanentes ou provisórios para auxiliar no equacionamento dos conflitos.

No Espírito Santo, para endereçar a crise hídrica que assolou o Estado no biênio 2015-2016, o governo criou o Comitê Hídrico Governamental, composto pelos representantes da Companhia Espírito-Santense de Saneamento (CESAN), da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG), da Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano (SEDURB), do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (IDAF), do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) e pelos prefeitos dos municípios de Colatina, Santa Maria de Jetibá, Cachoeiro de Itapemirim e Domingos Martins. Não obstante, o Estado possui 13 comitês de bacias hidrográficas (PEDROSA, 2017).

Nos conflitos pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul, decorrentes de grave escassez, outro grupo foi formado: a ANA (Agência Nacional de Águas), o DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo), o IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e o INEA (Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro), que, se reuniram e, juntos, editaram a Resolução nº 1.382/2015. Esse acordo para a gestão compartilhada da bacia do rio Paraíba do Sul foi homologado pelo Supremo Tribunal Federal (STF), sob os auspícios do ministro Luiz Fux (PEDROSA, 2017).

Os dois exemplos não esgotam as modalidades de grupos criados para resolver os conflitos pelo uso da água no território brasileiro. Para uma análise mais ampla destas modalidades recomenda-se o texto “Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos” (ANA, 2013).

### **3.1 Diplomacia hídrica**

Susskind (2017) apresentou uma metodologia para arbitrar conflito pelo uso dos recursos hídricos, onde apresenta uma interessante distinção entre a clássica da gestão dos recursos hídricos e o modelo conceitual da diplomacia hídrica. A figura 45 resume estas diferenças. A metodologia condensa a experiência do MIT na gestão dos conflitos pelo uso da água. O conceito foi desenvolvido para águas internacionais e foi adaptado pelo autor para a metodologia aqui explorada.

Figura 45 - Fases clássicas da gestão e modelo da diplomacia hídrica

Fases clássicas do gestão integrada dos recursos hídricos	Modelo conceitual da diplomacia hídrica
<b>Fase I.</b> Avaliar a situação e reconhecer o problema, incentivando e capacitando para as ações necessárias. Reconhecer ameaças, oportunidades e necessidades dos usuários.	1. Participação dos usuários em todas as fases do processo, do começo até o fim;
<b>Fase II.</b> Avaliar os problemas e identificar soluções. Enumerar todos os participantes relevantes e variáveis.	2. A alocação de água e negociação são processos políticos de negociação. Não são resultados de análises puramente técnicas e avaliações econômicas;
<b>Fase III.</b> Ordenar as soluções na forma de um plano. Coordenar e detalhar as ações	3. As necessidades hídricas de cada participante são mais importantes que seu histórico de consumo hídrico;
<b>Fase IV.</b> Implementar, avaliar e monitorar e recomeçar o ciclo novamente com os <i>feedbacks</i> .	4. A percepção que o processo de negociação foi justo e gerou confiança são mais importantes que avaliar financeiramente o custos e benefícios de cada opção.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O modelo da diplomacia defende que em todo processo - desde o início até o fim - deve haver forte envolvimento dos usuários. O pacto assim é muito mais um processo político de negociação coletiva que uma análise analítica em busca de um “ótimo”. O autor afirma que a percepção que o processo de construção do pacto foi justo e ampliou a confiança entre as partes é tão ou mais importante que uma análise financeira de custos e benefícios das opções analisadas no processo. Também destaca que mais importante que exigir água em quantidade baseada em um histórico de consumo é apresentar a real necessidade atual do uso da água.

Adicionalmente aos conceitos defendidos por Susskind (2017) contidos nos parágrafos acima, Pedrosa (2017) adaptou a metodologia de Fischer e Ury (1981) para a gestão dos recursos hídricos. A metodologia contém quatro passos:

- a) **Separar o contendor do problema:** na busca por construir relações de trabalho duradouras e profícuas é necessário e fundamental dispensar um tratamento educado e cortês a todos os partícipes do processo. Não obstante, é preciso ser incisivo e determinado na busca da solução. Duas palavras inglesas são muito usadas para descrever este passo: é preciso ser **soft** com a pessoa e **hard** com o problema.

- b) **Entender a diferença entre “posição” e “interesse”:** denomina-se “posição” a vontade da parte interessada expressa verbal e publicamente. É aquilo que ela diz querer. Já “interesse” é o que de fato a parte precisa ver concretizada para sentir que o conflito foi dirimido;
- c) **Busca por alternativas:** trata-se da etapa do processo em que todos os envolvidos que trouxeram suas soluções à mesa precisam compatibilizá-las e, principalmente, exercitar a criatividade para criar um acordo que atenda, dentro dos limites da realidade, as demandas dos envolvidos;
- d) **Um critério de avaliação:** para que o acordo seja alcançado é imprescindível que um ou mais critérios, aceitos pelas partes, sejam utilizados para mostrar que se trata de um acordo com base técnica sólida, que cumpra o arcabouço legal que cerca a matéria, e que traga um senso de justiça entre as partes.

Há ainda que se considerar o **BATNA** (Best Alternative To a Negotiated Agreement) no conflito em análise, ou seja a melhor alternativa em não negociar. Esse conceito leva os partícipes a compararem a opção de negociar à melhor opção disponível em não participar desse acordo. No caso dos recursos hídricos, a opção mesma de não negociar fere na determinação da lei que exige a gestão integrada dos recursos hídricos e que a gestão considere, de forma compulsória, uma visão dos usos múltiplos.

É importante que se observe que tal método deve ser entendido como um processo para resolver disputas e planejar ações futuras. Solucionar um conflito pelo uso dos recursos hídricos nunca será um ponto de chegada. O estabelecimento de acordos sempre será seguido da fiscalização dos termos acordados, além do acompanhamento da evolução das relações de oferta e demanda hídrica da bacia em análise. Portanto, situações de conflito sempre ensejarão relações vindouras e permanentes de diálogo, monitoramento, reavaliação e planejamento entre os partícipes de um processo de conflito.

### 3.2 Separar o contendor do problema

É preciso separar as pessoas do problema. As relações entre os entes que compõem um comitê de bacia hidrográfica ou um comitê de outra natureza devem ser

preservadas, ampliadas e consolidadas, embora, aqui ou ali, haja divergências calorosas na análise de certas matérias.

Sendo o comitê um espaço permanente de debates, onde muitos de seus integrantes se encontram em outros fóruns ou circunstâncias, haveria uma perda imensa de sinergia de cooperação, de consequências deletérias. Os problemas a serem resolvidos não podem empurrar as pessoas e instituições à pura inimizade. Esse é o cerne do conselho contido no primeiro passo do método de gestão de conflitos explorado aqui.

Todavia, é muito comum ocorrer nos comitês de bacia situações de acirramento das relações pessoais e institucionais que não ajudam a construir o necessário consenso pela água escassa. Às vezes há ruptura do relacionamento institucional, o que prejudica a busca pela solução.

### **3.3 Perceber a diferença entre “posição” e “interesse”**

As questões ligadas aos recursos hídricos comumente envolvem intrincadas e complexas relações entre biologia, hidrologia, hidráulica, botânica, física, química, sociologia, história, antropologia e outras áreas do conhecimento. Tal complexidade exige o trabalho coordenado e contínuo de várias pessoas com várias formações, tal como é encontrado nos comitês de bacia hidrográfica.

Num fórum dessa dimensão e importância não é fácil ouvir as **posições** declaradas e delas extrair os **interesses** das partes. As **posições** são aqui entendidas como as declarações dos partícipes do comitê que buscam externar seus desejos e anseios, precedidos de seus argumentos e princípios. Os **interesses** são aqui compreendidos como o que realmente o partícipe precisa ver realizado para que o conflito seja dirimido.

Desde a construção das barragens de Sobradinho e Xingó há uma queixa generalizada da gradual e permanente queda na produção da pesca artesanal no rio São Francisco. Assim, em várias ocasiões, representantes dos pescadores externaram ao CBHSF a **posição** de solicitar à CHESF uma cheia programada para

devolver ao rio o sedimento. Argumentavam que junto ao sedimento vinha agregado material orgânico que permitia o desenvolvimento pleno da ictiofauna.

Entretanto, um longo debate técnico envolvendo biólogos, engenheiros, químicos e geólogos mostrou que uma cheia programada não devolveria ao rio os sedimentos de outrora. Os sedimentos ficaram depositados no início da massa de água reservada no reservatório de Sobradinho, bastante distante dos vertedouros e das descargas de fundo, portanto não desceriam o rio com o volume de água de uma cheia programada.

Percebe-se que o **interesse** dos pescadores era melhorar a pesca artesanal do rio São Francisco, mas a deles **posição** falava de cheia artificial como mecanismo para atingir este fim. Nesse caso, claramente é que possível diferenciar **interesse** de **posição**. O **interesse** de ver a produção da pesca artesanal no rio dependeria de uma série de ações integradas, em que a cheia artificial seria uma delas, embora não trouxesse o sedimento original, mas que certamente inundaria as várzeas do baixo São Francisco e favoreceria o aumento do estoque pesqueiro da região.

Convém destacar a complexidade desse tema fundamental e imprescindível ao baixo São Francisco, porém com importância econômica na escala nacional diminuta, quando comparada à irrigação e geração de energia elétrica, para ficar com apenas duas categorias de usuários.

Outro exemplo ocorreu durante o racionamento de água no Estado do Espírito Santo no biênio 2015-2016. Quando a situação se agravou, a CESAN (Companhia Espírito-Santense de Saneamento) decidiu implantar um rodízio nos bairros dos municípios de Vitória e Serra, o que implicava em um dia sem água em cada semana. Na ocasião, a população argumentou que o setor industrial também deveria enfrentar a mesma regra de racionamento. No caso em questão, a indústria ArcelorMittal Tubarão – maior produtora de aço do Brasil – argumentou que seu processo produtivo é de fluxo contínuo, não sendo uma operação factível suspender a operação por 24 horas e depois torná-la padrão. Assim, a ArcelorMittal Tubarão replicou que entraria no racionamento ao reduzir de forma permanente o seu consumo hídrico na proporção de 1/7 de sua demanda, o equivalente a ficar um dia sem água em cada semana.

A sociedade capixaba certamente não desejava ver as operações da ArcelorMittal Tubarão suspensas por 24 horas. A cobrança da população para a indústria entrar no rodízio era sua **posição**. Mas o **interesse** da população era ter garantido que a indústria também participasse do mesmo esforço de redução de consumo de água, o que de fato aconteceu. Inclusive, a ArcelorMittal Tubarão declarou seu compromisso de manter o consumo reduzido daqui em diante, mesmo com o fim da estiagem. A indústria conseguiu esse efeito por ações de recirculação, reúso e reciclagem de água em seu processo produtivo.

### **3.4 Busca por alternativas para conciliar interesses**

O terceiro passo na metodologia aqui explorada consiste em, antes de firmar um acordo, restar garantido que todas as possibilidades de cenários, ideias, situações, alternativas locacionais, tecnologias construtivas, arranjos institucionais e legais, bem como todas as alternativas de operação dos sistemas hídricos foram postas para análise. Trata-se de exercício de criatividade e de maturidade técnica da equipe envolvida. Esse princípio não é novidade e de fato está legalmente estabelecido na legislação ambiental brasileira.

### **3.5 Critérios, fundamentos e diretrizes para criar acordos**

O quarto passo no método aqui explorado consiste em levantar os critérios, fundamentos e diretrizes que devem ser observados na construção de acordos. Esses critérios podem ser **compulsórios**, no caso de serem dispositivos do arcabouço legal brasileiro, incluindo aí os princípios da legalidade, finalidade, motivação, razoabilidade, proporcionalidade, moralidade, ampla defesa, contraditório, segurança jurídica, interesse público e eficiência. Além desses, há **critérios elegíveis**, como estudo comparado com outras situações, assim como a observação de acordos de mesma natureza em outras partes do mundo.

Entretanto, como qualquer matéria complexa, os conflitos pelo uso dos recursos hídricos nunca dependerão de ação única e pontual. Sempre exigirão uma integração de programas articulados, de médio e longo prazo, com ações de infraestrutura, capacitação, organização e mobilização social, parcerias e consórcios entre vários órgãos públicos e privados, a participação ativa e decisiva dos comitês de bacia hidrográfica, controle, fiscalização e monitoramento do uso dos recursos hídricos, a aplicação efetiva dos seis instrumentos da Lei nº 9.433/1997, com todos os seus fundamentos e diretrizes em pleno funcionamento. Tudo isso em se tratando de águas brasileiras.

Assim, a solução do conflito precisa ser entendida como um processo que se desenvolve no tempo. Nunca será um ponto de chegada. Sempre precisará de acompanhamento, fiscalização, correção de rumos e, sobretudo, uma cooperação respeitosa e confiante entre as partes envolvidas.

Com esses conceitos metodológicos detalhados por Pedrosa (2017) e Susskind (2017), o autor participou de quatro processos que visavam ampliar a segurança hídrica. Em dois deles, de forma emergencial. Em outros dois, de forma planejada, visando o médio e o longo prazo, como assessor técnico voluntário do comitê de bacia hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF).

No capítulo seguinte estão narrados os quatro processos. O objetivo da narrativa que segue foi mostrar a aplicação dos conceitos, ilustrar a diversidade das situações e dos acordos necessários, bem como as dificuldades e as complexidades reais, atuais e típicas da gestão das águas no território brasileiro.

## 4. ANÁLISES DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA

Neste capítulo estão narrados quatro estudos de caso onde o autor participou como assessor técnico voluntário em situações de conflitos pelo uso da água<sup>11</sup>. O primeiro trata de uma alocação de água do reservatório Bálsamo na divisa entre os Estados de Alagoas e Pernambuco. O segundo trata de uma inovação na alocação das águas do reservatório Caçamba para garantir água à cidade de Viçosa (AL). Aproveitou-se o ensejo para apresentar como as inovações tecnológicas auxiliam e auxiliarão ainda mais os processos de tomada de decisão na seara dos recursos hídricos.

O terceiro tratou-se de uma ação de planejamento para definir regras de operação para o sistema de infraestrutura hídrica do rio São Francisco. Neste, contou-se com o regular funcionamento de parte dos entes envolvidos na gestão dos recursos hídricos da bacia do rio São Francisco. O quarto estudo de caso trata de alguns aspectos da gestão da operação do Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF), que é a maior obra de infraestrutura hídrica no território Brasileiro.

### 4.1 Conflito no reservatório Bálsamo (AL/PE)

No início do ano de 2017, houve uma crise hídrica na alocação das águas do reservatório Bálsamo, localizado na divisa entre os Estados de Pernambuco e Alagoas. Os envolvidos na disputa eram duas companhias de saneamento - COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) e CASAL (Companhia de Saneamento de Alagoas) -, um grupo de pequenos irrigantes, um município e a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH).

O motivo da discórdia era a abertura da descarga de fundo para garantir uma vazão a jusante. As companhias de saneamento, com receio do reservatório secar antes do início da próxima quadra chuvosa, desejavam manter uma vazão mínima no registro da descarga de fundo. Cinco municípios eram atendidos por este reservatório: Bom Conselho, em Pernambuco e, em Alagoas, Minador do Negrão, Estrela de Alagoas,

---

<sup>11</sup> Os documentos e informações apresentados na sequência foram coletados pelo autor nestes processos, a menos que haja menção explícita no sentido contrário.

Quebrangulo e Palmeira dos Índios. O reservatório é de propriedade do Governo de Alagoas.

Na primeira reunião sobre o assunto, no talude de montante da barragem, havia umas 50 pessoas. Os detalhes da situação foram narrados e alguns defendiam a ideia de que era possível manter o registro de fundo totalmente aberto e deixar a água correr seu leito natural, o que resolveria a situação de quatro povoados que dependiam desta vazão. Finda esta apresentação, após argumentos contrários, foi decidido que uma solução precisava ser acordada entre as partes envolvidas por meio do conhecimento mais acurado do sistema. Uma nova reunião foi marcada para dali a 3 dias.

Durante a segunda reunião, foi informado que o conflito havia se agravado. Ocorria que pela manhã um grupo fechava o registro da descarga de fundo, e pela tarde outro grupo abria o registro. Não estava claro sequer a quem competia controlar a descarga de fundo, e garantir a vazão mínima para jusante conforme a outorga de direito de uso exigia, nem a quem competia restringir o acesso ao registro.

Na reunião o problema foi discutido de forma estruturada, dividindo informações entre as partes, apresentando-se uma metodologia de quantificação hídrica para decidir que vazão poderia ser liberada para jusante sem pôr em risco a segurança hídrica do reservatório. E, sobretudo, iniciando uma relação de confiança entre as partes, com a coleta e o compartilhamento das informações relevantes. A quantidade de água acumulada no reservatório e as retiradas desejadas de cada usuário ainda não eram conhecidas. Portanto, as informações mais essenciais não estavam disponíveis. Também não estava amplamente divulgado quais usos eram regulares – possuíam a outorga de direito de uso da água – e quais eram usos não regulares. Estas respostas foram sendo construídas na sequência da reunião. A concórdia foi buscada em cada etapa do processo.

À medida que as discussões avançavam surgiu um questionamento central: a princípio, por serem águas de domínio da União, seria preciso engajar representantes da Agência Nacional de Águas no processo. Entretanto, por ser um problema bem localizado, com limitada abrangência geográfica, temporalmente limitado, depois de certa indecisão, optou-se por criar um acordo com os presentes na reunião. Olhando

em retrospectiva, deveriam ter sido convidados, também, os representantes da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Durante a reunião, foi apresentada a curva de segurança do reservatório para os quatro meses vindouros- estimativa de volume de água armazenada nos meses que antecediam o início das chuvas-, buscando um consenso sobre que vazão deveria ser mantida para jusante da barragem, além de outras ações de fiscalização e cadastro dos usuários.

Na linha metodológica defendida por Susskind (2017) e Pedrosa (2017) buscou-se construir um processo político decisório. Negociou-se as obrigações com as partes envolvidas, e estabeleceu-se um monitoramento e avaliação semanal do acordo, pelo menos em quanto durasse a crise hídrica.

Agindo desta forma, decidiu-se que a descarga de fundo com vazão de 60 Litros/segundo atendia aos condicionantes da outorga do reservatório, atendia também aos interesses dos usuários de jusante e, sobretudo, não provocaria o colapso do reservatório até o início da próxima quadra chuvosa.

O acordo foi resumido conforme ilustra a tabela 14. A tabela usou uma metodologia simples – em certa medida é uma tabela 5W2H simplificada-, visual, onde não resta dúvidas sobre as responsabilidades de cada um no acordo havido. Foi decidido que haveria uma reunião a cada semana para acompanhar o andamento do acordo, onde seriam feitas avaliações conforme as três colunas da direita da tabela. Em cada rodada de reunião, marcar-se-ia nas três últimas colunas se o combinado foi atendido, parcialmente atendido (atenção), ou não atendido.

Tabela 14 - Tabela de compromissos para gestão do conflito

Atividade	Responsável	Prazo	Atendida	Atenção	Não atendida
<b>1) Operação</b>					
Medição de vazões	CESB/SAAE	1 semana			
Liberar 60 L/s	CESB	Hoje			
<b>2) Monitoramento</b>					
Cota do reservatório diária	CESB	1 semana			
Vazões defluentes	CESB				
Vazões afluentes	Órgão Gestor	1 semana			
<b>3) Controle dos usuários</b>					
Cadastro dos usuários a montante da barragem.	Prefeitura/ Órgão Gestor				
Fiscalização ao longo do rio para fiscalizar retirada de água	MPE/BPA/ Órgão Gestor/ Prefeitura	Agora			
Fiscalização de uso a montante da barragem	Órgão Gestor /Prefeituras/MPE				
Levantamento das outorgas e análise da suspensão	Órgão Gestor				
<b>4) Outras ações</b>					
Próxima reunião do Grupo Gestor	Todos	20/mar/2017			

CESB: Companhia Estadual de Saneamento Básico

MPE: Ministério Público Estadual

BPA: Batalhão de Polícia Ambiental

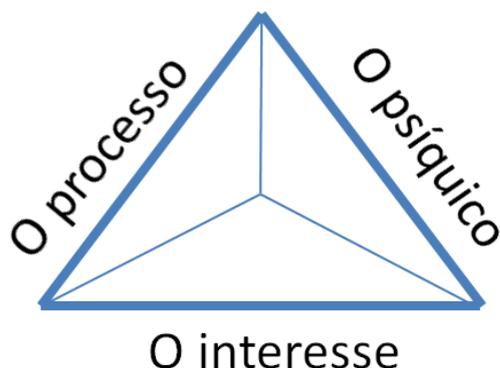
SAAE: Sistema Autônomo de Água e Esgoto

Fonte: (Elaborada pelo autor)

Os envolvidos em negociações costumam reagir com mais cautela e empenho quando há clareza na responsabilidade de quem deve fazer o quê. Esta simples tabela permitiu este controle, trazendo grande efetividade ao acordo. Esta tabela é uma adaptação livre de documentos que a ANA disponibiliza em seus processos de negociações de alocações de água.

Durante este processo foi possível confirmar o que assevera Priscoli (2003) – que resume 35 anos de experiência do U.S Army Corps of Engineers (USACE) na gestão de conflitos pelo uso da água nos cinco continentes. O envolvido no conflito pelo uso da água avalia a solução por três perspectivas: o interesse, o processo e o psíquico, conforme ilustra a figura 46. O interesse se refere às necessidades hídricas, trata-se de conseguir o volume de água necessário. O processo se refere à forma de obtenção deste acordo. Aprovando-o, o participante diria: "*Devemos repetir este método*". O psíquico refere-se ao sentimento despertado no processo. Trata-se de cada participante sentir que houve respeito, que sua visão e opiniões foram valorizadas na tomada de decisão. Quando as três perspectivas são atendidas, as chances de sucesso do acordo são maiores e seus efeitos serão duradouros. Estes conceitos também se aplicam a situações mais complexas, conforme comentado a seguir.

Figura 46 - Perspectivas na análise do conflito pelo uso da água



Fonte: (PRISCOLI, 2003).

Sob as três perspectivas o processo foi exitoso. Fato importante neste processo é que as duas companhias de saneamento, que dependem do mesmo reservatório, iniciaram uma relação de confiança sem a qual qualquer acordo na repartição da água é impossível.

Outra curiosidade havida neste processo foi que durante esta crise, as equipes ficaram sabendo que o reservatório fora construído para um projeto de irrigação. A barragem de acumulação foi de fato construída, mas o perímetro de irrigação ficou para outro momento. Entretanto, enquanto vivia-se a crise hídrica, o processo licitatório de irrigação foi finalmente concluído e as obras iniciadas.

Sabedores da motivação inicial da obra, cresceu a preocupação entre os envolvidos. Ficaram cientes que em breve haverá um novo grande usuário para as águas do reservatório Bálsamo. Chama a atenção o grau de desconhecimento sobre informações relevantes à operação do reservatório. Este fato – um reservatório construído com uma finalidade e que vai ganhando outros usos ao passar dos anos - não é raro no cenário brasileiro. Entre outros, o caso do reservatório Zabumbão (Bahia) é analisado por Pedrosa(2017).

## 4.2 Inovações tecnológicas na solução de conflitos

A tecnologia da informação afetará de forma marcante a gestão das águas. No caso do conflito hídrico do reservatório Caçamba, localizado no leito do rio Paraíba do Meio, foi usado o mesmo processo de tomada de decisão narrado anteriormente para o reservatório Bálsamo. Mas o fato inusitado é que, finda a primeira reunião, um Promotor de Justiça criou um grupo no aplicativo *WhatsApp* com todos que participaram da reunião: havia prefeitos, havia gestores públicos estaduais e municipais, havia representantes da concessionária de água, entre outros.

Por meio deste aplicativo o grupo envolvido no conflito foi acompanhando hora a hora o desenvolvimento da solução. Havia sido alcançado um acordo que o reservatório Caçamba deveria ofertar uma vazão mínima para jusante garantindo a água ao município de Viçosa (AL). Há cerca de 30 km de leito de rio entre o reservatório e a captação do município. Assim, o Promotor de Justiça diariamente informava se as condições do acordo estavam sendo cumpridas e se a água havia chegado à captação. Ele cobrava a efetividade das ações e das decisões tomadas.

Como depois de 4 dias a água ainda não havia chegado à captação, foi explicado pelo aplicativo que a vazão liberada encontrou o leito do rio seco, e que o avanço destas águas seria lento. Logo, tomariam mais dias para a água chegar até à captação. O grupo do *WhatsApp* todo dia mostrava as fotos com o leito e a captação secas. Finalmente, 8 dias após a reunião, o grupo recebe uma foto com a mensagem: A água chegou.

Daí em diante foi sendo informado, diariamente, que a situação estava sob controle. O grupo funcionou até o início da quadra chuvosa. Veio então um inverno benfazejo, que levou o reservatório a 100% de sua capacidade e o grupo de *WhatsApp* foi desfeito.

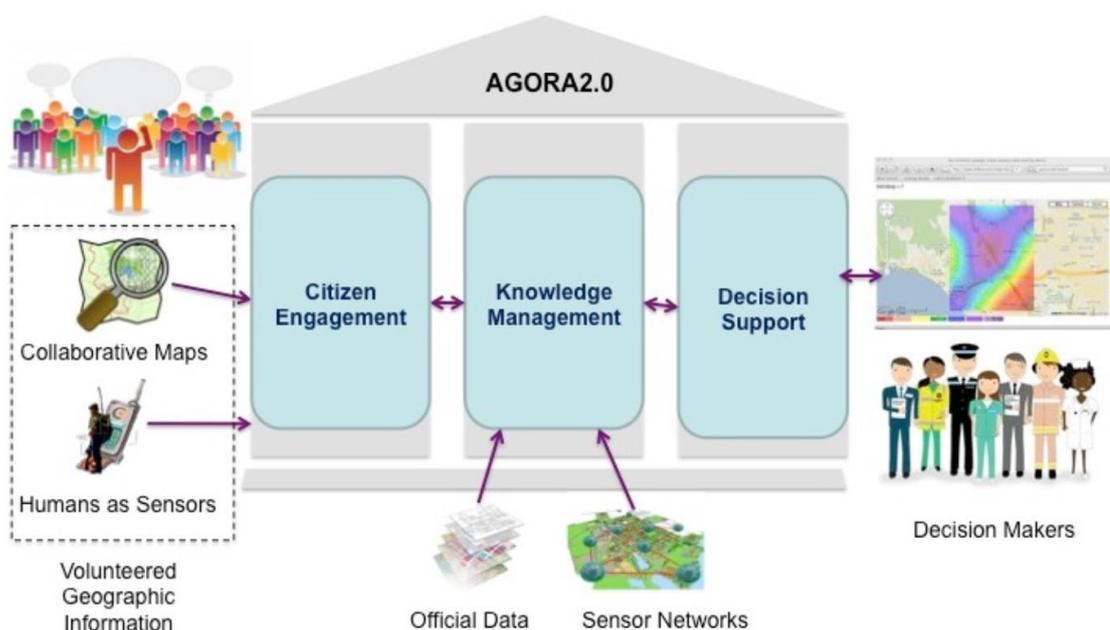
As oportunidades de trocas de informações promovidas pelos aplicativos de celulares parece ilimitado. Se eles já mudaram as formas das famílias, empresas e grupos de amigos se relacionarem, ainda vão mudar ainda mais a forma de gestão das águas.

Na cidade de São Paulo, o uso do aplicativo WAZE é quase um imperativo. O aplicativo informa as melhores rotas, os acidentes, os locais com retidão, a velocidade média no trecho, entre outras informações. O aplicativo não investiu nenhum centavo em sensores. As informações surgem voluntariamente das pessoas que estão conectadas e se deslocando pela cidade.

As possibilidades de redes colaborativas em escala regional, onde voluntariamente as pessoas compartilhem informação em tempo real sobre a situação dos recursos hídricos, são um campo promissor de pesquisas e aplicações reais. Uma quantidade enorme de dados estará à disposição para a tomada de decisão e o monitoramento das ações implementadas.

Um exemplo é o “*Geospatial Open Collaborative Architecture for Building Resilience against Disasters and Extreme Events*” (AGORA) desenvolvido em parceria entre a Universidade de São Paulo (USP) e a University of Heildeberg (Alemanha). Esta rede de colaboração desenvolve pesquisa e aplicações que combinam uma rede de sensores com informações oriundas voluntariamente e sistema de apoio à decisão para auxiliar a tomada de decisão no gerenciamento de enchentes (HORITA; ALBUQUERQUE, et al. 2015). A figura 47 ilustra o modelo conceitual do AGORA.

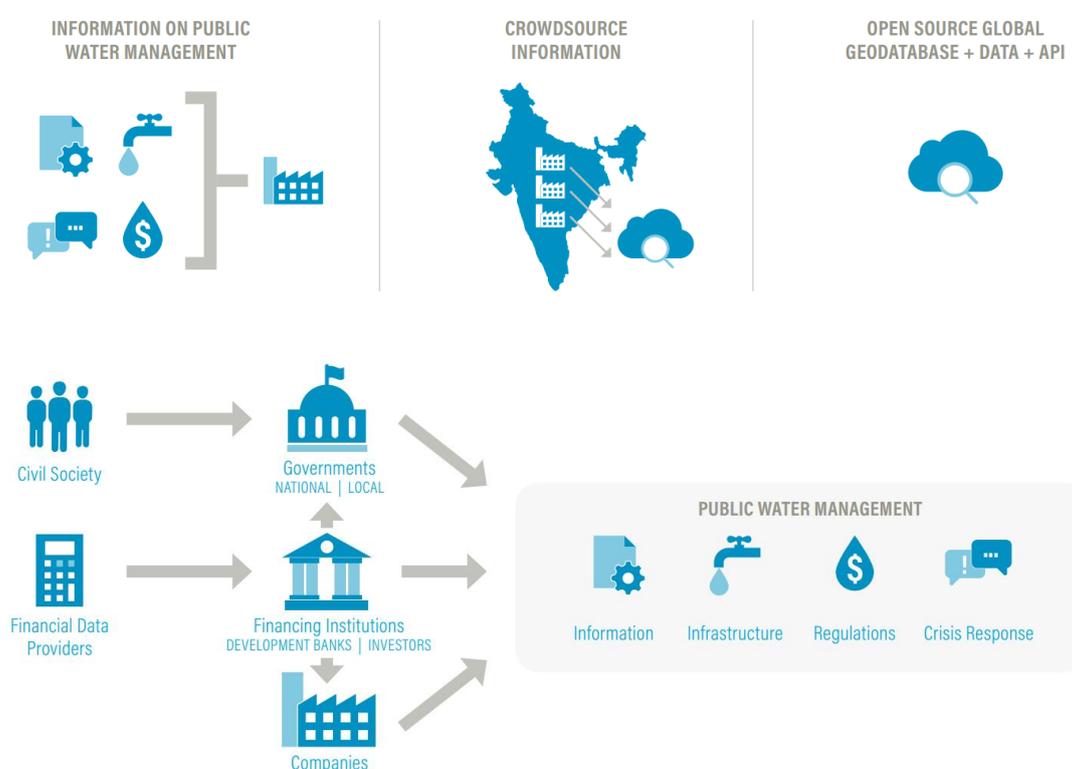
Figura 47 - Modelo conceitual do AGORA.



Fonte: (HORITA; ALBUQUERQUE, et al. 2015)

Há outras várias outras iniciativas nesta linha. O projeto em parceria do World Resources Institute (WRI) e do MIT Management Sustainability Initiative, divulgado em março de 2018, intitulado *Mapping public water management by harmonizing and sharing corporate water risk information* trata exatamente disto. A ideia é que uma base de dados, em uma escala global, alimentada por vários usuários (*crowdsourcing information*) esteja disponível em uma “*open source global geodatabase*” para auxiliar a tomada de decisão. A figura 48 ilustra o modelo conceitual da iniciativa (WRI, 2018).

Figura 48 - Modelo conceitual de coleta de dados para tomada de decisão.



Fonte: (WRI, 2018)

Conforme WRI(2013), os indicadores oriundas destas fontes de dados devem ser relevantes, disponíveis, críveis, auditáveis, confiáveis, comparáveis, adaptáveis e não serem específicos de dado setor. O processo também tem uma fase de validação, onde os *stakeholders* que precisam avaliar se a informação disponível reflete as condições reais de cada localidade e se alinham com as perspectivas de outros *stakeholders* na mesma área. Conforme pode facilmente ser percebido, trata-se de um processo muito semelhante ao monitor de seca, exposto neste texto no capítulo 3.

No âmbito do SINGREH, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) o instrumentos de gestão previsto na Lei 9.433 encarregado de coletar, tratar, armazenar e recuperar informações sobre recursos hídricos, bem como fatores intervenientes para sua gestão, entre outras: divisão hidrográfica, quantidade e qualidade das águas, usos de água, disponibilidade hídrica, eventos hidrológicos críticos, planos de recursos hídricos, regulação e fiscalização dos recursos hídricos e programas voltados a conservação e gestão dos recursos hídricos. Certamente, nos anos vindouros, as redes colaborativas e os aplicativos ganharão mais espaço no SINGREH.

Ainda na mesma linha, Petty e Dhingra (2018) abordam e combinam técnicas de “*big data*”, conectividade, informação em tempo real, inteligência artificial e “*learning machine*” para previsão em tempo real de níveis de cheia. O modelo recebe e processa dados das estações fluviométricas automáticas em tempo real. Se uma estação fica inoperante, “milésimos de segundos depois” o modelo vai construir uma série de regressões baseadas nas informações do passado para estabelecer a melhor estimativa possível para o nível da água na seção que perde a conexão, baseado nas informações atuais e do passado das demais estações automáticas. O modelo com sucesso foi testado nos Estados de Idaho e Washington (EUA), em regiões hidrográficas com excelente quantidade e qualidade de dados fluviométricos.

A inteligência artificial ganham dia a dia novas aplicações. Para ficar com um exemplo real, simples e atual que a inteligência artificial já faz parte de nosso dia a dia, aqueles que usam certos aplicativos de *smartphones* que auxiliam no trânsito sabem que o aplicativo *aprende* com a rotina diária. Assim, ao ligar o carro pela manhã, o usuário é informado que *Y* minutos é o tempo estimado do percurso de sua casa até seu destino usual. O mesmo ocorre para vários outros trechos de deslocamento repetidos com certa regularidade: casa-trabalho; trabalho-escola; escola-academia, etc. Esta “inteligência artificial” alcançará a gestão dos recursos hídricos.

O padrão de operação de estações de bombeamentos, a dosagem de produtos em uma ETA etc, serão *aprendidos* pelos aplicativos e, tratando em tempo real dados do sistema capturados por sensores, auxiliarão a tomada de decisão. A mesma aplicação ocorrerá com sensores de umidade espalhados nas áreas de produção agrícolas,

conectados com pluviômetros digitais, auxiliando a definição da lâmina de irrigação que deve ser aplicada.

Neste viés da automação e conectividade, a queda nos preços dos sensores criou um largo campo de atuação para que a presença da indústria 4.0 chegue ao setor de água. A conectividade, a informação em tempo real, a inteligência artificial, a capacidade de armazenar e processar gigantes quantidades de informação (*big data*), todos estes conhecimentos serão aglutinados para a gestão dos sistemas de distribuição água.

Em abril de 2018, o MIT (Massachusetts Institute of Technology) promoveu uma premiação para ideias inovadoras no setor de recursos hídricos. Trata-se do já tradicional “*Water Innovation Prize*”. A abertura do evento contou com a representante do fundo de investimento XPV Water Partners, Sra. Debra Coy. Com vinte anos de atuação nos serviços financeiros de Wall Street para a setor de recursos hídricos, a mensagem dada foi que o mais promissor campo de atuação da *Indústria 4.0* no setor de águas é o uso de sensores e da conectividade para auxiliar a tomada de decisão nos sistemas de distribuição e fornecimento de água.

Alinhado com esta vaticínio, o segundo colocado na premiação foi um sistema de monitoramento por sensores - remotamente conectadas a uma sala de comando – já em uso em fazendas de criação de camarões, espécie muito sensível a queda no oxigênio dissolvido na água (comunicação pessoal)<sup>12</sup>.

Em consonância com a afirmativa acima, o “*Journal of Water Resources Planning and Management*”, no período de 2010 até 2018, publicou 240 artigos tratando de uso sensores na gestão das águas, nas mais diversas aplicações: como alerta de enchentes, monitoramento de qualidade de água, monitoramento de níveis de água em reservatórios, operação de sistemas de distribuição de água, entre muitos outros. Foge ao escopo desta tese analisar pormenorizadamente esta interessante área de inovação.

---

<sup>12</sup> O autor participou do evento promovido pelo MIT e registrou o discurso da Sra. Debra Coy.

### **4.3 Um pacto: usos múltiplos das águas do rio São Francisco**

Por meio da Resolução Nº 414, de 18 de dezembro de 2015, a Agência Nacional de Águas criou o Grupo de Trabalho do São Francisco (GTSF) com o objetivo de elaborar uma proposta de regra de operação para os principais reservatórios da bacia do rio São Francisco, visando ampliar a segurança hídrica para os usos múltiplos de suas águas.

Nas reuniões havidas no âmbito do GTSF participaram os representantes dos seguintes órgãos:

- a) Agência Nacional de Águas;
- b) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas;
- c) Secretaria de Estado de Meio Ambiente da Bahia;
- d) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento de Minas Gerais;
- e) Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco;
- f) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe;
- g) Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco;
- h) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS);
- i) Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG);
- j) Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF)

O autor participou deste processo assessorando de forma voluntária a diretoria executiva do CBHSF. O procedimento foi iniciado com a formação do GTSF em 2015 e finalizado com a publicação da Resolução ANA Nº 2.081, de 04 de dezembro de 2017.

A Resolução Nº 2.081 – cuja construção será detalhada neste item - dispõe sobre as condições para a operação do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, que compreende os reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica (Luiz Gonzaga), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III, IV e Xingó.

A motivação pela busca das regras operativas para o Sistema Hídrico do Rio São Francisco foram (ANA, 2017d):

“a importância do rio São Francisco para a segurança hídrica em sua área de influência; o compartilhamento dos recursos hídricos da bacia do rio São Francisco deve se inspirar nos princípios do aproveitamento múltiplo, racional, harmônico e integrado, visando sempre ao benefício de todas as partes; o reconhecimento da importância dos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, especialmente no agravamento de eventos hidrológicos críticos e na alteração da estacionariedade das séries hidrológicas”.

Entretanto, antes de analisar o processo de construção da regra de operação dos principais reservatórios do rio São Francisco, convém apresentar o cenário de grave escassez hídrica que ocorria durante a elaboração da pretendida regra, bem como os mais importantes conflitos pelo uso da água na bacia.

#### 4.3.1 Reflexões prévias havidas no CBHSF sobre operações dos reservatórios

Os conflitos pelo uso dos recursos hídricos na bacia do São Francisco têm crescido nas últimas décadas. Do lado da demanda tem havido um crescente consumo de água para atender às áreas urbanas, promover a atividade agrícola irrigada, assegurar a geração de energia elétrica, garantir a navegação, promover o turismo, desenvolver a pesca, preservar a fauna e flora, manter o ecossistema fluvial em equilíbrio, entre outras. Do lado da oferta tem havido uma progressiva indisponibilidade de água por conta da poluição, tem havido uma degradação de áreas de nascentes e margens de rios associada ao aumento do desmatamento, tem havido uma insustentável exploração dos aquíferos, tudo isso contribuindo para uma queda nas vazões médias disponíveis nas bacias afluentes à calha principal. Outro fato grave é o avanço da cunha salina na foz, que já provocou a mudança da captação de água para a cidade de Piaçabuçu, distante 9 km da foz.

Quanto ao regime de chuvas, o triênio 2014-2016 foi o mais seco da história da bacia em 86 anos (1931-2016) de registro. As relações entre as águas subterrâneas e superficiais no rio São Francisco são fontes de pesquisas e debates. ANA (2016) mostrou que a contribuição do sistema aquífero Urucuaia corresponde em até 30% da vazão média natural no reservatório de Sobradinho. No período de estiagem (agosto a outubro) esta contribuição pode chegar a 80%.

O Plano de Recursos Hídricos do Rio São Francisco (PRH) apresenta a evolução das demandas hídricas da bacia do rio São Francisco. A tabela 15 mostra que a vazão de retirada para o setor de irrigação saltou de 114 m<sup>3</sup>/s, em 2000, para 244,4, em 2013. De forma geral, a retirada saltou de 165,8 m<sup>3</sup>/s, em 2000, para 309,4 m<sup>3</sup>/s, em 2010, um aumento de 87% para o período de 10 anos (AGBPEIXEVIVO, 2016).

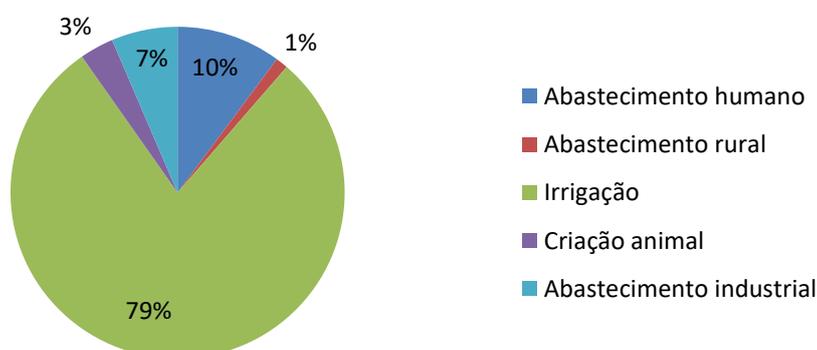
Tabela 15 - Demandas de retiradas por setor usuário (m<sup>3</sup>/s) no rio São Francisco.

<b>Setor Usuário</b>	<b>2000</b>	<b>2006</b>	<b>2010</b>
Abastecimento humano	26	27,3	31,3
Abastecimento rural	3,8	3,7	3,7
Irrigação	114	123,3	244,4 <sup>2013</sup>
Criação animal	6,7	9,1	10,2
Abastecimento industrial	15,3	17,4	19,8
<b>Total</b>	<b>165,8</b>	<b>180,8</b>	<b>309,4</b>

Fonte: (AGBPEIXEVIVO, 2016).

Esta distribuição, para o ano de 2010, está exibida na figura 49, onde se vê que 79% das vazões de retiradas estão destinadas à irrigação.

Figura 49 - Distribuição de vazões por setor usuário no rio São Francisco (Ano 2010)



Fonte: (AGBPEIXEVIVO, 2016)

Na tabela 16, as vazões de retiradas são apresentadas divididas por setores usuários e por fonte superficial ou fonte subterrânea. Verifica-se que as captações oriundas de águas subterrâneas representam 10% das vazões retiradas.

Tabela 16 - Vazões de retirada (m<sup>3</sup>/s) por uso consuntivo no rio São Francisco.

<b>Setor Usuário</b>	<b>Total</b>	<b>Superficial</b>	<b>Subterrânea</b>
Abastecimento humano	31,31	27,18	4,12
Abastecimento rural	3,71	0	3,71
Irrigação	244,38	233,83	10,55
Criação animal	10,10	1,86	9,02
Abastecimento industrial	19,81	15,59	4,22
<b>Total</b>	<b>309,44</b>	<b>277,80</b>	<b>31,64</b>

Fonte: (AGBPEIXEVIVO, 2016)

Na fase de preparação do PRH (Plano de Recursos Hídricos), em 2013, o CBHSF realizou o evento intitulado Oficinas Usos Múltiplos das águas do rio São Francisco com atividades nas cidades de Paulo Afonso (BA), Penedo (AL), Barreiras (BA), Juazeiro (BA) e Três Marias (MG). O objetivo das oficinas era prover o CBHSF das informações que iriam subsidiar a construção do texto da deliberação sobre os usos múltiplos das águas do rio São Francisco. A tabela 17 abaixo sintetiza os usos múltiplos destacados em cada uma das cidades onde foram realizadas as oficinas.

As reflexões havidas nas Oficinas Usos Múltiplos das águas do rio São Francisco foram fundamentais no momento que os representantes do CBHSF argumentavam no âmbito do GTSF sobre as necessárias compatibilizações sobre os usos múltiplos das águas do rio São Francisco.

É fácil constatar a diversidade de conflitos enxergados ao longo da bacia. Um destaque é que os conflitos advindos da operação dos reservatórios estiveram presentes nos debates nas 5 cidades. Os conflitos com a irrigação apareceram em quatro cidades, exceto para Três Marias. Os problemas com pesca apareceram nas reuniões em Penedo, Juazeiro e Barreiras. As preocupações com navegação apareceram em Paulo Afonso, Penedo, Juazeiro e Barreiras. As situações de conflito envolvendo hidrelétricas surgiram em todas as cinco oficinas. As reflexões sobre o turismo apareceram em quatro cidades, exceto na cidade de Barreira. É fácil de

perceber que o foco da resolução aqui explorada, portanto, tem total aderência com as reflexões dos usuários e demais envolvidos com o tema do rio São Francisco.

Tabela 17 - Conflitos pelo uso da água no rio São Francisco.

Paulo Afonso	Penedo	Juazeiro	Barreiras	Três Marias
Operação de barragens hidroelétricas X captação para abastecimento (entorno reservatório)	Operação de barragens hidroelétricas X captação para abastecimento	Operação de barragens hidroelétricas X captação para abastecimento	Operação de barragens hidroelétricas X múltiplos usos da população ribeirinha	Operação de barragens hidroelétricas X turismo, esporte e lazer (no entorno do lago)
Operação de barragens hidroelétricas X captação e bombeamento para irrigação	Operação de barragens hidroelétricas X captação e bombeamento para irrigação	Operação de barragens hidroelétricas X captação e bombeamento para irrigação	PCHs X Irrigação	Energia (Instalação de PCHs) X abastecimento e múltiplos usos das comunidades atingidas
Operação de barragens hidroelétricas X navegação (redução do calado, bancos de areia)	Operação de barragens hidroelétricas X navegação (redução do calado, bancos de areia)	Operação de barragens hidroelétricas X navegação abaixo de Sobradinho (redução do calado, bancos de areia)	Usos múltiplos e indiscriminados X preservação ambiental	Operação de barragens hidroelétricas X navegação (efetividade da hidrovia)
Operação de barragens hidroelétricas X turismo (variação imprevisível do nível)	Operação de barragens hidroelétricas X pesca e piscicultura (ausência de lagoas marginais e nutrientes para reprodução dos peixes)	Operação de barragens hidroelétricas X pesca e piscicultura (pesca em áreas de segurança)	Barragens para captar água para irrigação X pesca (reprodução dos peixes - piracema)	Ausência de Saneamento Básico X Qualidade da Água para os múltiplos usos
Operação de barragens isoladas X Irrigação e múltiplos usos (Poço da Cruz)	Operação de barragens hidroelétricas X turismo (variação imprevisível do nível)	Operação de barragens hidroelétricas X turismo (variação imprevisível do nível)	Irrigação X múltiplos usos (Uso indiscriminado de água subterrânea e de agrotóxicos)	Silvicultura X preservação ambiental (proteção de nascentes e cachoeiras)
	Ausência de Saneamento Básico X Qualidade da Água para os múltiplos usos	Mineração X abastecimento humano X irrigação (adutora da mineradora Caraíba)	Ausência de Saneamento Básico X Qualidade da Água para os múltiplos usos	Múltiplos usos X preservação ambiental das veredas
	Ausência de regras de disciplinamento de uso (para os múltiplos usos)	Irrigação (uso irracional da água e abuso de agrotóxicos) X Disponibilidade e Qualidade da água para múltiplos usos		
		Ausência de regras de disciplinamento de uso (para os múltiplos usos)		

Fonte: (Garjulli, 2013)

Constava ainda da ementa que tratava dos objetivos das oficinas que:

“a deliberação objeto deste processo deverá contemplar usos múltiplos em situações consideradas normais, atípicas e emergenciais, onde o Comitê deverá ter papel, junto com as demais instâncias do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.

Garjulli (2013) assim contextualizou os conflitos por trecho:

- a) Nos trechos de calha principal do rio localizados no submédio e baixo São Francisco evidenciam-se os conflitos de uso entre a forma de operação das barragens para geração de energia, determinadas pelo Operador Nacional do Sistema e gerenciadas pela CHESF com os outros setores usuários (abastecimento humano, navegação para transporte de

cargas e passageiros e para pesca, irrigação, pesca, piscicultura, agricultura de vazante, turismo);

- b) No médio São Francisco evidencia-se o uso indiscriminado das águas (inclusive as subterrâneas) e o manejo inadequado do solo, pela irrigação provocando conflitos com os outros usos.
- c) No alto São Francisco evidenciam-se, novamente, os conflitos ente a operação da barragem de Três Marias, para geração de energia, gerenciada pela CEMIG, operando, entretanto, segundo as determinações do ONS e os demais usos (turismo, esporte, lazer, abastecimento, irrigação, navegação, pesca, piscicultura).

Além dos conflitos narrados, o relatório da oficina destacou algumas lacunas na implementação da gestão dos recursos hídricos que deve proporcionar o uso múltiplo das águas. Estas estão exibidas na tabela 18.

Tabela 18 - Lacunas para uma gestão que proporcione os usos múltiplos das águas.

Paulo Afonso	Penedo	Juazeiro	Barreiras	Três Marias
Comunicação deficiente entre a Chesf e as comunidades ribeirinhas sobre alteração na operação das barragens	Comunicação deficiente entre a Chesf e as comunidades ribeirinhas sobre alteração na operação das barragens	Comunicação deficiente entre a Chesf e as comunidades ribeirinhas sobre alteração na operação das barragens	Suspensão da concessão de Outorga	Comunicação das ações Codevasf com as comunidades da bacia insuficiente (desconhecimento sobre resultado da delimitação da Lagoas marginais)
Gestão deficiente dos reservatórios de múltiplos usos (fora da calha principal)	Fraca articulação dos órgãos responsáveis pela gestão do sistema elétrico ( ONS, ANEL, ANA, IBAMA) com CBHSF	Fraca articulação dos órgãos responsáveis pela gestão do sistema elétrico e gestão de adutoras com CBHSF	Suspensão da irrigação e remanejamento dos irrigantes do - PI Mirarós (1.500ha), em Ibipeba, devido a crise de falta de água Barragem Manoel Novaes	Ausência de interlocução com as comunidades atingidas no processo de construção das PCHs
Articulação do CBHSF com CBH's Afluentes insuficientes, especialmente em relação a questão da cobrança pelo uso da água em reservatórios de dominialidade federal	Ausência de estudos técnicos mais aprofundados sobre os conflitos de uso de água na bacia e seus respectivos impactos sociais e econômicos	Ausência de fiscalização e punição à infratores pelo não cumprimento da legislação ambiental e de recursos hídricos	Uso indiscriminado de água subterrânea, evidenciando rebaixamento/esgotamento dos respectivos mananciais	Uso inadequado do solo ( incluindo-se a falta de manutenção adequada das estradas)
Degradação ambiental das margens do Rio São Francisco e dos afluentes, provocando erosão e conseqüentemente o assoreamento	Monitoramento e fiscalização em relação aos múltiplos usos da bacia, praticamente inexistente	Baixa conscientização da população sobre as questões ambientais e o uso correto da água e solo	Perfuração aleatória e indiscriminada de poços tubulares	Ausência de atenção com a conservação das veredas que são importantes áreas de recarga dos rios
	Impactos ambientais causados pela redução e/ou constante variação de vazões para geração de energia não recuperados	Degradação ambiental ( extinção de matas ciliares, desmatamento, destinação incorreta do lixo, ausência de saneamento básico)	Redução de vazão dos rios da região	Descompasso entre as obras de saneamento básico realizadas pela CODEVASF, com recursos da Revitalização, mas sem garantia de operação das estações de abastecimento e tratamento

Fonte: (Garjulli, 2013).

Sumarizando as reflexões coletivas havidas nas oficinas, houve a proposição de três resoluções (GARJULLI, 2013):

- a) **Resolução 1** - Estabelecimento de regras e procedimentos, para operação das barragens utilizadas para a geração de energia na bacia hidrográfica do São Francisco de forma a garantir a equidade em relação aos múltiplos usos de água, a participação e o controle social.
- b) **Resolução 2** - Indicativo de estudos, projetos e ações que deverão nortear a atualização do Plano e Recursos Hídricos da Bacia visando aperfeiçoar o sistema de gestão e a implementação dos instrumentos que garantam os múltiplos usos das águas na bacia.
- c) **Resolução 3** - Indicativo das etapas e procedimentos para a construção de um Pacto das Águas para gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia do São Francisco.

Os integrantes da oficina estavam sincronizados com a determinação do artigo 1º da Resolução CBHSF Nº10, de 2004, que recomendava à Agência Nacional de Águas e aos órgãos gestores de recursos hídricos dos estados integrantes da bacia, com interveniência do CBHSF e dos Comitês das bacias afluentes, a celebração do primeiro convênio de gestão integrada como parte inicial da construção do **Pacto das Águas** na Bacia definindo as regras para o uso sustentado dos seus recursos hídricos.

A Oficina também recomendou que, no mínimo, a construção do **Pacto das Águas** na Bacia do Rio São Francisco deveria constar de:

- a) Definir e implementar mecanismos de articulação e integração de ações entre órgãos gestores estaduais, federal o CBHSF e CBHs afluentes;
- b) Promover e implementar uma efetiva campanha de regularização dos usos da água em toda bacia que inclua a atualização do cadastro e concessão de outorgas;
- c) Estabelecer critérios para um processo de revisão das outorgas concedidas, avaliando e redefinindo-as de acordo com a efetiva capacidade de uso e disponibilidade hídrica;
- d) Definir estratégias de fortalecimento das câmaras consultivas regionais visando sua maior interlocução com a sociedade da bacia;
- e) Estruturar de um sistema integrado de fiscalização nos níveis estadual e federal articulado com o sistema de meio ambiente;

- f) Identificar canais de interlocução e definir estratégia de articulação do CBHSF com lideranças regionais e os colegiados de outras políticas públicas (Territórios de identidades, conselhos gestores de APAs, Conselhos Municipais de Saúde e Educação, Associações dos prefeitos e vereadores, Ministério Público, entre outros) visando garantir uma atuação mais integrada na bacia;
- g) Estimular a participação das diferentes instâncias do CBHSF no processo de elaboração dos Planos Municipais e Estaduais de Saneamento Básico visando aproximá-los das prioridades identificadas no Plano de Bacia do São Francisco;
- h) Articular com os órgãos ambientais a demarcação e recuperação da Área de Proteção Permanente do lago de Sobradinho e a jusante da barragem;
- i) Promover um amplo e integrado programa de monitoramento de qualidade da água (cunha salina, fósforo, outros...);
- j) Rever os critérios e índices da cobrança pelo uso da água de acordo com o porte dos usuários e com o princípio do poluidor/pagador.
- k) Criar grupo de trabalho para aprofundar conhecimentos e propor a gestão adequada, dos os rios intermitentes existentes na bacia.
- l) Promover articulação entre as bacias dos rios Tocantins e São Francisco para discutir possível integração de bacias.
- m) Identificar mecanismos de articulação entre as instâncias federal, estadual e municipal que viabilizem o planejamento e de implementação de ações de Saneamento Básico de forma integrada e sustentável.

A definição de regras de operação dos reservatórios do rio São Francisco, por sua intrínseca natureza de buscar integrar os usos múltiplos, está contido, mas não exaure, um Pacto das Águas do rio São Francisco.

A ideia do **Pacto das Águas** do rio São Francisco tendo sido entendido como (AGBPEIXEVIVO, 2016):

“a construção de um entendimento sobre o sistema multiusos de partilha das águas, mas também sobre a gestão e o cumprimento da legislação relacionada aos recursos hídricos (pacto da legalidade) e sobre a revitalização (pacto da revitalização, envolvendo diretamente o CBHSF no processo de revitalização)”.

Conforme o Plano de Recursos Hídricos, o **Pacto das Águas** abrangeria:

- a) A Alocação da água por sub-bacia e as vazões de entrega na calha principal e atendendo a critérios de sazonalidade e níveis de água a jusante, em particular na calha principal;
- b) A priorização atribuída aos diferentes usos da água;
- c) As regras de gestão operacional dos principais reservatórios;
- d) Além dos compromissos de aprimoramento dos principais instrumentos de gestão dos recursos hídricos, melhoria do conhecimento e do controle da qualidade e quantidade das águas;
- e) Revitalização da bacia, através de um conjunto de ações inovadoras para desencadear exemplos de processos de revitalização ecológica e ambiental na bacia hidrográfica.

Quanto à gestão dos reservatórios a ideia do **Pacto das Águas** é implementar uma revisão das regras de operação dos atuais e futuros reservatórios das hidroelétricas visando:

- a) Alteração do paradigma de produção de energia elétrica para a compatibilização dos usos múltiplos, conservação dos recursos hídricos e armazenamento da água;
- b) Gestão ativa da geração elétrica em função do estado hidrológico, época do ano e previsões hidrometeorológicas;
- c) Diminuição da imprevisibilidade das vazões;
- d) Respeito pelas vazões mínimas a serem entregues a jusante de reservatórios;

O CBHSF sintetizou reflexões sobre o tema acima por meio da Resolução CBHSF Nº 89/2016 que na íntegra dispõe que:

- a) O reconhecimento de que os reservatórios na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco são de usos múltiplos, sendo necessário alocar vazões para satisfazer estes usos variados;
- b) A gestão dos reservatórios na bacia hidrográfica do Rio São Francisco exige a definição de estados hídricos seco/úmido/normal e sua caracterização quanto às implicações operacionais;
- c) A gestão dos reservatórios terá que considerar um hidrograma ambiental, a ser definido para cada região da Bacia Hidrográfica do Rio São

Francisco: Alto, Médio e Sub Médio. Para a região do Baixo, o CBHSF recomenda a adoção do hidrograma ambiental definido nos estudos AHIA - Aggregate Index of Hydrological Alteration / UFBA;

- d) Que sejam desconsiderados os atuais níveis mínimos operacionais dos reservatórios, permitindo deste modo o uso do volume morto, nomeadamente em Três Marias e Sobradinho;
- e) A operação sustentável dos reservatórios do Rio São Francisco é indissociável de uma articulação da gestão da demanda hídrica em níveis federal e estadual, incluindo nesta gestão o controle integrado dos usos das águas superficiais e das águas subterrâneas;
- f) O estabelecimento de mecanismos mais eficientes para a quantificação das vazões no Rio São Francisco e a sua publicação e divulgação regular e tempestiva;
- g) A definição e adoção de uma política de recuperação dos volumes estocados nos reservatórios, que seja compatível com a gradual recuperação ambiental da bacia, bem como, a satisfação dos usos múltiplos da água.

Para finalizar as reflexões havidas no Plano Diretor, destaca-se que a uma política de exploração dos reservatórios também foi explorada. No Plano Diretor foi:

“Apresentada uma proposição para a operação dos reservatórios da calha principal da bacia do rio São Francisco. A tabela abaixo apresenta a vazão média a turbinar em cada usina e em cada mês em função do estado hidrológico. Durante os períodos úmidos (EH3) são turbinados valores elevados, sendo reduzidos durante os períodos normais (EH2) e ainda reduzidos durante os períodos secos (EH1). Esta diferenciação da vazão turbinada em função da água disponível permite assegurar o papel eletroprodutor da bacia do São Francisco e simultaneamente cumprir valores mínimos de vazão ao longo da calha principal. A vazão turbinada varia ao longo do ano para respeitar a sazonalidade do regime de vazão ambiental”.

Os representantes do CBHSF estavam conscientes que as reflexões narradas não esgotavam o assunto, porém foi a contribuição para um início de debates no âmbito do GTSF. Por exemplo, a ideia de estados hidrológicos (EH1, EH2 e EH3) estava presente nos debates internos no CBHSF e também estão presentes na Resolução ANA Nº 2.081/2017 aqui tratada.

#### 4.3.2 O processo de criação da resolução

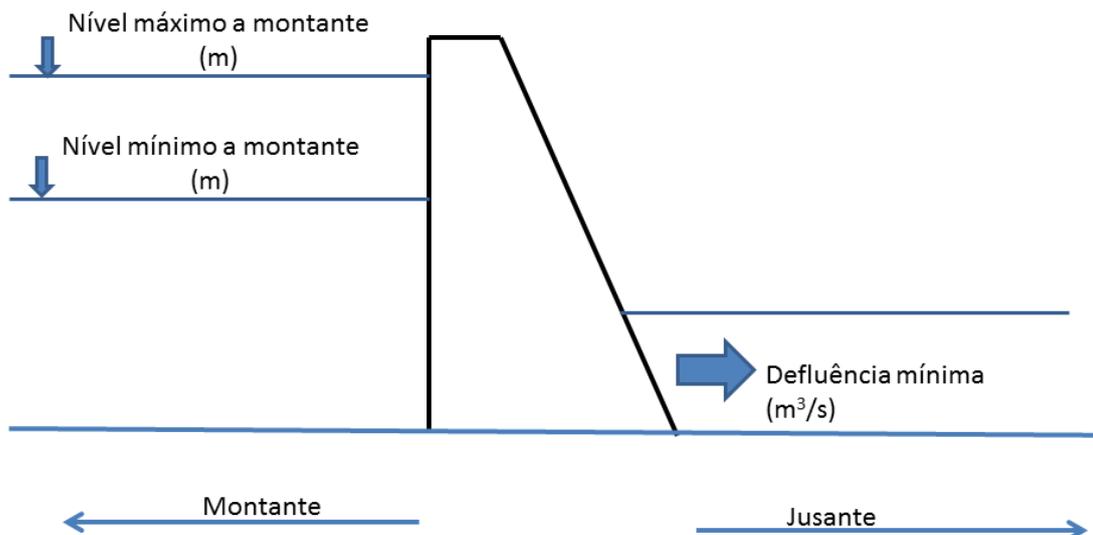
O processo de criação da resolução contou com reuniões regulares (quinzenais, em geral), ora presenciais, ora por videoconferência. Os trabalhos do GTSF começaram com a ANA apresentando, no começo do processo, uma minuta de resolução que foi sendo ajustada, de acordo com as reflexões e consensos alcançados.

O alvo da minuta de resolução era estabelecer condições de operação para os reservatórios do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, que compreende os reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica (Luiz Gonzaga), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III e IV, e Xingó, garantido o uso múltiplo dos recursos hídricos.

A minuta de resolução da ANA - distribuída a todos os participantes do GTSF no início processo - buscou garantir o atendimento dos usos múltiplos da água nos reservatórios do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, devendo ser observado alguns condicionantes nas regras operativas dos reservatórios.

O ONS e os agentes responsáveis pela operação do reservatório, por exemplo, deveriam, entre outras condições, respeitar os limites de nível de água mínimo e máximo a montante dos reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica e Xingó, bem como suas defluências ( $m^3/s$ ). Para melhor entendimento destes condicionantes a figura 50 ilustra estes limites. Os limites mínimos a jusantes visam garantir as condições de navegabilidade longitudinal, travessia transversal e captação de água para cidades e irrigação.

Figura 50 - Ilustração dos condicionantes para operação do reservatório.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A minuta de resolução também dispunha sobre limites de operação nos reservatórios com relação ao nível da água conforme dispostos na tabela 19. Estes limites mínimos e máximos a montante visam garantir a segurança e as condições operacionais do reservatório.

Tabela 19 - Limites de operação com os níveis dos reservatórios.

<b>Reservatório</b>	<b>Nível mínimo normal (m)</b>	<b>Nível máximo normal (m)</b>
Três Marias	549,20	572,50
Sobradinho	380,50	392,50
Itaparica	299,00	303,98
Xingó	136,35	138,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

No reservatório de Sobradinho entre o nível mínimo e o nível máximo há uma variação de 12 metros. Já no reservatório de Xingó a variação é de apenas 1,65 metro, e no reservatório de Itaparica é de 4,98 metros. Assim, os usuários do lago de Sobradinho podem enfrentar grande variação do espelho d'água. Já no lago de Xingó, por ser uma região de cânion, a variação praticamente não é notada. Em Três Marias a variação é de 22,30 metros. No caso de Itaparica, se o nível da água ultrapassar o nível máximo operacional inundaria áreas urbanas.

Com relação às defluências - as vazões liberadas pelos reservatórios para jusante-, os seguintes limites de vazão mínima instantânea devem ser observados:

- a) Três Marias : 150 m<sup>3</sup>/s
- b) Sobradinho : 1.300 m<sup>3</sup>/s
- c) Xingó : 1.300 m<sup>3</sup>/s

Esta assunção ia positivamente ao encontro dos pleitos do CBHSF, que reiteradamente requeria a manutenção a garantia de uma vazão mínima na foz. Entretanto, o “pulso de vazão”, o “hidrograma ambiental”, ou seja, uma descarga que vise simular a situação natural onde em épocas de cheias as águas entravam nas lagoas marginais com seu benéfico efeito ambiental, não estava prevista na primeira minuta de resolução. Após as argumentações do CBSHF e os consensos havidos, o uso do “pulso de vazão” ficou previsto na Resolução ANA N° 2.081/2017.

Para efeito de controle do acordo, ficou disposto que as medições das defluências seriam realizadas nas estações fluviométricas apontadas na tabela 20.

Tabela 20 - Estações de controle de defluências mínimas.

Reservatório	Defluência (m <sup>3</sup> /s)	Estação fluviométrica de controle
Três Marias	150	UHE Três Marias-Jusante (código ANA 41020002)
Sobradinho	1.300	Juazeiro (código ANA 48020000)
Xingó	1.300	Propriá (código ANA 49705000)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda na minuta, a ANA solicitava que o ONS encaminhasse, anualmente, para avaliação, estudos contendo as **curvas de segurança de armazenamento** para a operação normal de Três Marias correspondentes às vazões defluentes de 150 m<sup>3</sup>/s e 350 m<sup>3</sup>/s para um **volume meta mínimo** de 20% do volume útil ao final de novembro, visando assegurar as condições de operação da usina hidrelétrica e o atendimento aos requisitos ambientais e de usos múltiplos da água.

Para o caso do reservatório de Sobradinho, a ANA solicitava que o ONS encaminhasse, anualmente, para sua avaliação estudos contendo as **curvas de**

**segurança de armazenamento** para a operação normal de Sobradinho correspondentes às vazões defluentes de 1.300 m<sup>3</sup>/s e 1.500 m<sup>3</sup>/s para um **volume meta mínimo** de 20% do volume útil ao final de novembro, visando assegurar as condições de operação da usina hidrelétrica e o atendimento aos requisitos ambientais e de usos múltiplos da água.

Vale a pena ressaltar que o volume meta mínimo da minuta de resolução da ANA era de 20% do volume útil (**VU**). Estes eram apenas valores iniciais para as simulações, entretanto, conforme as reuniões foram se sucedendo outros volumes meta mínimo foram simulados, o que permitiu debates, estudos e consensos sobre a necessidade de gradualmente ir baixando este número, conforme uma realidade hidrológica adversa for se apresentando.

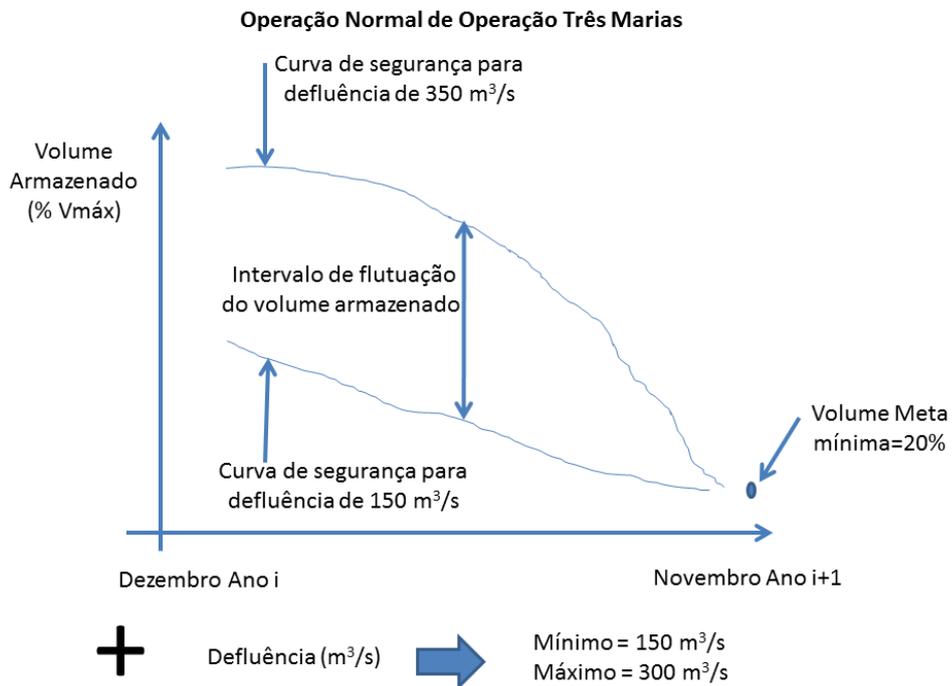
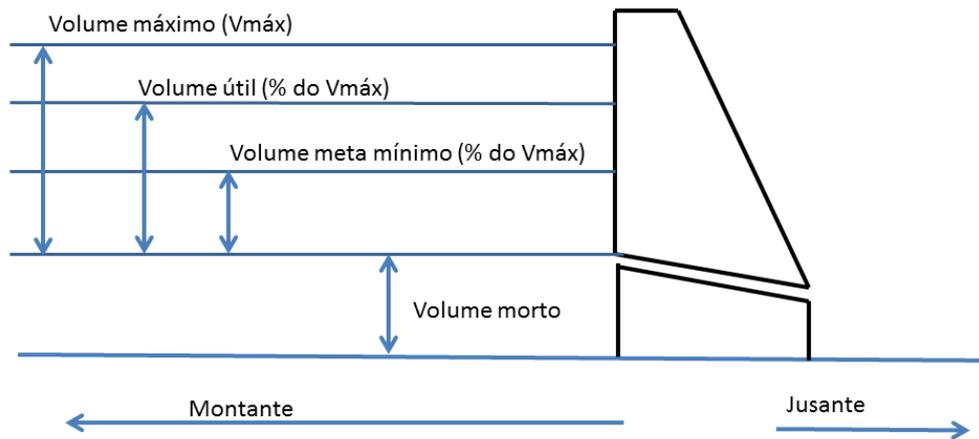
Nos três parágrafos anteriores há dois conceitos fundamentais: i) **curva de segurança de armazenamento**); e ii) **volume meta mínimo**. Nos parágrafos seguintes apresentam-se estes conceitos e como ambos se combinam para definir a operação dos reservatórios.

A **curva de segurança de armazenamento** define a defluência máxima, a partir do limite inferior de armazenamento do reservatório, que garante, em caso de ocorrência da vazão crítica considerada na sua construção, que o nível ao final do período seco, será maior ou igual àquele pré-estabelecido. No caso do rio São Francisco, o ano hidrológico se inicia em 1º de dezembro e termina em 30 de novembro, que é o final do período seco.

O **volume meta mínimo** deve ser entendido como o volume mínimo que se deseja alcançar no reservatório no final do ano hidrológico, ou seja, no dia 30 de novembro. Desta forma, unindo estes dois conceitos, o processo de operação dos reservatórios pode ser assim simplificado: dadas certas condições hidrológicas (precipitações, vazões e evaporações vindouras), dado certo nível de demandas consuntivas (irrigação, abastecimento das cidades, entre outros), como se deve operar o reservatório (**curva de segurança de armazenamento**) de forma que no final da estação seca se alcance, por exemplo, o reservatório com o volume meta mínimo de 20%, conforme a minuta de resolução.

A figura 51 ajuda a compreender este complexo conceito ilustrando que o volume meta mínimo é uma meta de água armazenada que se deseja alcançar no final do período seco. Na figura 51 ele é visto graficamente como uma fatia do volume total do reservatório.

Figura 51 - Ilustração da condição normal de operação para Três Marias.



Fonte: Elaborada pelo autor.

É preciso ficar claro que não se trata de regra definitiva de operação com um ano de antecedência. Muito pelo contrário, trata-se de uma análise que impõe que a cada momento a referida curva seja reavaliada conforme as variáveis hidrológicas - como vazões, precipitações, evaporação-, caso seja confirmada ou não a previsão realizada.

Portanto, é uma técnica que envolve permanente coleta de informação para que sejam tomadas as decisões. E para ficar ainda mais completo, é preciso destacar que para efeito de segurança esta curva é construída em cima da sequência de dois anos críticos.

Em consonância com a proposta contida no Plano de Recursos Hídricos de sugerir operações para três cenários hidrológicos, a minuta de resolução da ANA também preconizava a operação dos reservatórios para três condições hidrológicas. Estas são detalhadas a seguir.

A minuta de resolução preconizava as seguintes condições de operações para o reservatório de Três Marias:

- a) Condição Normal de Operação - será considerada condição normal de operação para o reservatório de Três Marias quando o armazenamento for igual ou superior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 150 m<sup>3</sup>/s e igual ou inferior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 350 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil ao final de novembro, e a vazão defluente média diária estiver entre 150 m<sup>3</sup>/s e 350 m<sup>3</sup>/s;
- b) Condição de Operação com Restrição – será considerada condição de operação com restrição para o reservatório de Três Marias quando o armazenamento for inferior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 150 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil, ao final de novembro;
- c) Condição de Operação sem Restrição – será considerada condição de operação sem restrição para o reservatório de Três Marias quando o armazenamento for superior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 350 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil, ao final de novembro. Nessa condição, o reservatório de Três Marias poderá liberar vazões defluentes médias diárias superiores a 350 m<sup>3</sup>/s.

Visando garantir os usos que dependem do nível da água em certos trechos, a minuta de resolução também preconiza que a operação do reservatório de Três Marias deverá procurar manter os seguintes níveis mínimos à jusante, conforme sua condição de operação, conforme ilustrado na figura 52.

Figura 52 - Níveis mínimos a jusante de Três Marias

	São Romão	São Francisco	Bom Jesus da Lapa	Morpará
Condição Normal de Operação	264 cm	269 cm	140 cm	66 cm
Condição de Operação com Restrição	121 cm	114 cm	3 cm	-62 cm

Fonte: Elaborada pelo autor.

A minuta de resolução também estabelecia as seguintes condições mínimas a serem observadas para caso seja necessário operar uma defluência mínima do reservatório de Três Marias para até 80 m<sup>3</sup>/s, visando preservar o volume armazenado no reservatório, assim como garantir o atendimento aos usos múltiplos:

- I. o reservatório de Três Marias estar operando em Condição de Operação com Restrição;
- II. comunicação pelo ONS à ANA com, no mínimo, trinta dias de antecedência da data de efetivação da redução da defluência mínima do reservatório de Três Marias, visando permitir a adoção, das diversas entidades e usuários, de medidas necessárias à adaptação às novas condições de operação estabelecidas;
- III. a comunicação do ONS deverá ser acompanhada de estudo evidenciando a criticidade do cenário hidrológico, tanto em termos de vazão afluente e volume útil do reservatório de Três Marias como o prognóstico climático para os próximos meses;
- IV. nos noventa dias anteriores à implementação da redução da defluência mínima de Três Marias, a vazão média defluente deste reservatório, nesse período, deve ser inferior a 350 m<sup>3</sup>/s;

V. a redução da defluência do reservatório de Três Marias será realizada de maneira gradual e acompanhada de avaliações periódicas dos impactos que a medida poderá ocasionar sobre os diversos usos e usuários da água.

§ 1º A redução da defluência mínima do reservatório de Três Marias deverá ser mantida sempre que o volume útil previsto do reservatório de Três Marias para um dos dois meses subsequentes for inferior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 150 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil ao final de novembro, não podendo, nesse período, serem praticadas vazões defluentes médias mensais que ultrapassem o limite superior de 150 m<sup>3</sup>/s.

§ 2º O retorno à Condição Normal de Operação do reservatório de Três Marias ocorrerá quando o volume útil do reservatório for superior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 150 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil ao final de novembro, durante dois meses consecutivos ou quando for atingido 70% de seu volume útil.

Pelo exposto, verifica-se que será preciso respeitar certas regras para operar com uma defluência abaixo da normal, bem como para sair desta excepcionalidade.

#### 4.3.3 Condições de Operações para o reservatório de Sobradinho e Xingó

A minuta de resolução preconizava as seguintes condições de operações para o reservatório de Sobradinho e Xingó:

- a) Condição Normal de Operação - Será considerada condição normal de operação para os reservatórios de Sobradinho e Xingó quando o armazenamento for igual ou superior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 1.300 m<sup>3</sup>/s e igual ou inferior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 1.500 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil de Sobradinho, ao final de novembro, e a vazão defluente média diária estiver entre 1.300 m<sup>3</sup>/s e 1.500 m<sup>3</sup>/s;
- b) Condição de Operação com Restrição – Será considerada condição de operação com restrição para os reservatórios de Sobradinho e Xingó quando o armazenamento de Sobradinho for inferior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 1.300 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil, ao final de novembro;

- c) Condição de Operação sem Restrição – Será considerada condição de operação sem restrição para os reservatórios de Sobradinho e Xingó quando o armazenamento de Sobradinho for superior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 1.500 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil, ao final de novembro. Nessa condição, os reservatórios de Sobradinho e Xingó poderão liberar vazões defluentes médias diárias superiores a 1.500 m<sup>3</sup>/s.

A minuta de resolução estabelecia as seguintes condições mínimas a serem observadas para a flexibilização da defluência mínima dos reservatórios de Sobradinho e Xingó para até 800 m<sup>3</sup>/s visando preservar os volumes armazenados nos reservatórios assim como garantir o atendimento aos usos múltiplos:

I. o reservatório de Sobradinho estar operando em Condição de Operação com Restrição;

II. comunicação pelo ONS à ANA com, no mínimo, trinta dias de antecedência de sua data de efetivação da redução da defluência mínima dos reservatórios de Sobradinho e Xingó, visando permitir a adoção, das diversas entidades e usuários, de medidas necessárias à adaptação às novas condições de operação estabelecidas;

III. a comunicação do ONS deverá ser acompanhada de estudo evidenciando a criticidade do cenário hidrológico, tanto em termos de vazão afluente e volume útil do reservatório de Sobradinho como o prognóstico climático para os próximos meses;

IV. nos noventa dias anteriores a implementação da redução da defluência mínima de Sobradinho e Xingó, a vazão média defluente destes reservatórios, nesse período, devem ser inferiores a 1.500 m<sup>3</sup>/s;

V. a redução da defluência dos reservatórios de Sobradinho e Xingó será realizada de maneira gradual e acompanhada de avaliações periódicas dos impactos que a medida poderá ocasionar sobre os diversos usos e usuários da água.

§ 1º A redução da defluência mínima dos reservatórios de Sobradinho e Xingó deverá ser mantida sempre que o volume útil previsto do reservatório de Sobradinho para um dos dois meses subsequentes for inferior à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 1.300 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil ao final de novembro, não podendo, nesse período, serem praticadas vazões defluentes médias mensais que ultrapassem o limite superior de 1.300 m<sup>3</sup>/s.

§ 2º O retorno à Condição Normal de Operação dos reservatórios de Sobradinho e Xingó ocorrerá quando o volume útil do reservatório de Sobradinho for superior ao à curva de segurança correspondente à vazão defluente de 1.300 m<sup>3</sup>/s, para um volume meta mínimo de 20% do volume útil ao final de novembro, durante dois meses consecutivos ou quando for atingido 70% de seu volume útil.

§ 3º Durante o período de redução da defluência mínima do reservatório de Sobradinho, caso haja necessidade de aumentar a vazão defluente deste reservatório para possibilitar a navegação de comboios hidroviários, o agente responsável pela operação dos reservatórios, desde que previamente comunicado, deverá retomar a prática da vazão mínima de 1.300 m<sup>3</sup>/s pelo tempo necessário à passagem do comboio.

A minuta também definia que os agentes responsáveis pela operação dos reservatórios do Sistema Hídrico do Rio São Francisco deverão dar publicidade sobre informações técnicas aos usuários da bacia e ao respectivo Comitê de Bacia durante o período de vazões defluentes mínimas reduzidas.

#### 4.3.4 Conteúdo final da Resolução e reflexões sobre o processo

O CBHSF há mais de uma década aponta pela necessidade de um Pacto das Águas do rio São Francisco. O Plano de Recursos Hídricos, aprovado em setembro de 2016, renovou esta urgência. O conteúdo da minuta de resolução aqui analisada não contém toda a diversidade de ações do Pacto das Águas, mas está contido no mesmo.

É possível verificar que algumas ideias que circulavam nas oficinas, plenárias, grupos de trabalho, câmaras consultivas e diretoria colegiada do CBHSF foram incorporadas na minuta que se transformou na resolução ANA Nº 2.081/2017.

Resta óbvio que muitos consensos foram construídos pelo CBHSF, a ANA, o ONS e demais envolvidos até esta minuta transformar-se na Resolução Nº 2.081/2017. Entretanto, é preciso explicitar que algumas das demandas oriundas do CBHSF não estão na resolução. Mas inegavelmente o sentimento é de construção coletiva e avanço.

A tabela 21 apresenta um quadro síntese das ideias que foram acolhidas e as que não foram acolhidas na resolução. Foi usada a seguinte classificação:

- a) Não incorporada (■);
- b) Parcialmente incorporada (■);
- c) Satisfatoriamente incorporada (■);
- d) Integralmente incorporada (■).

Tabela 21 - Resumo das proposições dos documentos oriundos do CBHSF, da ANA

Proposições do CBHSF	Resolução ANA Nº 2.081/2017
Reconhecimento da gestão atendendo aos usos múltiplos da água	■
Alocação da água, com vazão de entrega na calha principal	■
Respeito às vazões mínimas a jusante dos reservatórios	■
Gestão dos reservatórios para três estados hídricos	■
Gestão dos reservatórios considerando um hidrograma ambiental	■
Operação do reservatório indissociável da gestão da demanda hídrica	■
Recuperação dos volumes estocados com a recuperação ambiental	■
Garantir condições de navegabilidade em toda hidrovía	■
Garantia de nível de água para captações para as cidades	■
Desconsiderar níveis mínimos para garantir uso do volume morto	■

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na tabela 22 estão destacados os elementos contidos nas proposições na Deliberação CBHSF Nº 89/2016 e ausentes na Resolução Nº 2.081/2017.

Tabela 22 - Cotejamento da proposta do CBHSF com a minuta da ANA.

Proposições do CBHSF	Ausência na proposta da ANA
Alocação da água, com vazão de entrega na calha principal	A resolução não apresenta o conceito de vazão de entrega na calha principal. Na reunião havida no dia 14 de junho de 2017 isto foi discutido e entendido que esta ação ficará para um próximo passo na gestão das águas do rio São Francisco.
Gestão dos reservatórios considerando um hidrograma ambiental	A resolução apresenta o pulso de defluência para as lagoas marginais localizadas no município de Manga(MG), mas não avança para os conceitos de hidrogramas ambientais contidos na ideia do hidrograma ambiental definido nos estudos AHIA - Aggregate Index of Hydrological Alteration /UFBA.
Operação do reservatório indissociável da gestão da demanda hídrica	A resolução não apresenta o conceito de gestão da demanda hídrica por meio do controle dos usos não outorgados e da gestão integrada entre águas subterrâneas e superficiais.
Recuperação dos volumes estocados com a recuperação ambiental	Tema não considerado na resolução.
Garantir condições de navegabilidade em toda hidrovía	O tema navegação está contido na resolução, entretanto apresenta a ideia é que será garantida as condições de navegação sempre que requerida, portanto não garantindo um calado mínimo para fazer possível regularmente a navegação.
Desconsiderar níveis mínimos para garantir uso do volume morto	Tema não considerado na resolução.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Muita busca por consenso e muitas horas de negociação foram necessárias para a criação da Resolução ANA Nº 2.081/2017. Em criação de consensos pelo uso da água, o processo de trabalho escolhido é tão importante quanto o resultado. O processo aqui em análise reconstruiu a história da resolução. A narrativa mostrou que este processo atendeu aos princípios da diplomacia hídrica defendidos por Susskind (2017) e os passos para gestão conflitos expostos por Pedrosa (2017). Entretanto, também teve muito das análises clássicas da gestão integrada de recursos hídricos (ver figura 42).

Da diplomacia hídrica, ocorreu a participação dos envolvidos desde a primeira reunião até a última, materializada em uma sequência regular de reuniões presenciais ou por videoconferência, que gerou um ambiente de trabalho com confiança e cooperação. Ocorreu o entendimento que a regra de operação do sistema hídrico do rio São Francisco não viria apenas de modelagem e otimização de ganhos financeiros para os envolvidos. Ocorreu o reconhecimento que havia um processo político em jogo para alcançar um consenso. Ocorreu a distinção entre “*interesse hídrico*” real e histórico de consumo hídrico – interesse hídrico é a necessidade real por água contemporânea dadas as circunstâncias atuais e as inovações tanto de processo quanto de equipamentos, já o histórico de consumo hídrico baseia no discurso que como já se consome  $Y \text{ m}^3/\text{ano}$  há décadas, há o direito de pedir este mesmo  $Y \text{ m}^3/\text{ano}$ . Ocorreu também um sentimento que as regras criadas eram justas e iam além de monetizar custos e benefícios de cada operação. Como subproduto, mas não menos importante, ficou consolidado e aprovado o mecanismo, o processo de trabalho. Era possível sentir no ar o sentimento que “*devemos usar o mesmo método para as futuras reflexões*”.

Da gestão clássica dos recursos hídricos ocorreu um rigoroso diagnóstico quantitativo da situação da crise hídrica do rio São Francisco, houve o reconhecimento dos problemas mais graves; identificou-se as opções para enfrentar o problema; avaliou-se as oportunidades e ameaças de cada opção e, finalmente, a certeza de que os efeitos da resolução seriam acompanhados, fiscalizados e monitorados durante sua aplicação.

Por último, a relação entre o CBHSF e o órgão gestor federal, a ANA, saiu fortalecida. Não há mais espaço para a ideia de não contar com a participação do CBHSF e demais envolvidos em momentos onde se decidem as regras e ações relevantes para o rio São Francisco.

#### **4.4 Uma nota sobre a operação do PISF**

Escrever apropriadamente sobre PISF (Projeto de Integração do rio São Francisco) exige milhares de páginas. Entretanto, alinha-se ao texto, uma nota sobre a participação do autor como representante do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), junto à CODEVASF, em Brasília, para debater a construção do modelo de gestão do Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF)<sup>13</sup>.

O autor participou deste processo assessorando voluntariamente a diretoria executiva do CBHSF. As cinco reuniões presenciais ocorreram na sede da CODEVASF na cidade de Brasília, no segundo semestre de 2017. Antes da análise do processo de construção do modelo de gestão convém apresentar algumas linhas gerais sobre o PISF.

O Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional teve dois fundamentais objetivos (MI, 2000):

“Aumentar a oferta d'água, de forma a permitir um expressivo incremento de seus usos múltiplos na região e, principalmente, contribuir para o indispensável acréscimo do nível de garantia obrigatoriamente necessário para o suprimento d'água do Nordeste”

O PISF é uma obra de infraestrutura hídrica com características singulares. No PISF, ora as águas correm em canais de concreto, ora as águas correm em leitos de rios naturais, ora em leitos de rios cujas águas são de domínio federal, ora em leitos de rios cujas águas são de domínio estadual, ora as águas alcançam reservatórios decorrentes de obras da União em rios de domínio estadual, ora estas águas aguçam

---

<sup>13</sup> Os documentos e informações apresentados na sequência foram coletados pelo autor nas reuniões havidas na CODEVASF, a menos que haja menção explícita no sentido contrário.

o empreendedorismo dos que visionam iniciar projetos de irrigação, ora as águas alimentam rios que historicamente tem irrigantes e que agora sonham com a redução do risco e ampliação da sua produção, ora os pequenos aglomerados humanos ao longo do canal veem o sonho de ter água encanada em casa, ora estas águas entrarão em um conjunto de adutoras que levarão águas às cidades - como é o caso dos 183 km da adutora TransParaíba (PB) e dos 420 km da Adutora do Agreste(PE)-, ora serão usadas para aliviar o severo racionamento de água nas cidades da região, etc. Já é possível verificar a complexidade da gestão da água no território beneficiado com suas gigantes dimensões lineares e espaciais.

Com as águas do eixo Leste do PISF, em Pernambuco, a Adutora do Agreste atenderá 2 milhões de pessoas em 68 municípios. Na Paraíba, a adutora TransParaíba, atenderá 150 mil pessoas em 19 municípios, com água a ser capturada no Boqueirão. No Rio Grande do Norte, a água chegará por meio do sistema Piranhas-Açu. Neste sistema estão o Curema-Mãe D'Água, na Paraíba, e o Armando Ribeiro Gonçalves - o maior reservatório do Rio Grande do Norte.

Com as águas do inconcluso eixo Norte do PISF, no Ceará, o Cinturão das Águas atenderá 1 milhão de pessoas na região do Cariri. Estas águas também alcançarão o reservatório Castanhão. Estando na bacia do rio Jaguaribe, estas águas usarão a infraestrutura existente do Eixão das Águas para reforçar o fornecimento de água para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), com seus quase 4 milhões de habitantes. No Rio Grande do Norte, o Ramal do Apodi - cujas obras ainda não começaram - atenderá outros 44 municípios potiguares. O debate sobre o PISF exige muito esforço desta e das próximas gerações de estudiosos. Há muitos aspectos que tomarão os próximos anos desta complexa obra.

A FGV (Fundação Getúlio Vargas) foi contratada pela CODEVASF para criar um modelo de gestão do PISF (Projeto de Integração do rio São Francisco). Na metodologia utilizada várias oficinas foram realizadas para validação dos documentos contidos em tal modelo.

Entre outros documentos o PGA (Plano de Gestão Anual) contempla o planejamento da operação, manutenção, governança, monitoramento, preços, tarifas e o modelo

tarifário do PISF. O documento trata de temas complexos, como a necessária e complexa articulação da operadora federal do PISF, que é a CODEVASF, com os órgãos gestores dos Estados que recebem e receberão estas águas.

Analisando o processo de construção do modelo de gestão do PISF, no âmbito das reuniões referidas na CODEVASF, viu-se que a complexidade sem paralelo da gestão do PISF aposentou o padrão antigo e pouco efetivo: poucos em uma sala faziam o diagnóstico, achavam a solução e comunicavam-na. A gestão participativa e descentralizada praticada nestas reuniões colocou na mesa os envolvidos, coletou deles as informações relevantes, caracterizou coletivamente o problema, buscou consensos e caminhou na construção de um acordo.

Entretanto, não foram alcançados acordos definitivos, prontos para serem assumidos pelos formal e legalmente pelos envolvidos. De fato, foram definidas premissas que devem nortear o acordo final. As premissas discutidas travam de alguns aspectos operacionais, entre eles: o envio anual pelos Estados das demandas hídricas mensais para a previsão de bombeamento do PISF; pontos de controle de monitoramento da infraestrutura, premissas tecnológicas nos processos de O&M, modelo básico de governança, definição de metas de performance; modelo de avaliação de capacidade de pagamento dos Estados, e, principalmente, o rateio de custos.

A realidade da gestão desta imensa e complexa obra exigiu que o Governo Federal, o CBHSF e os estados receptores exercitassem o novo modelo. Também é preciso destacar que às reuniões comentadas somam-se outros vários momentos de construção coletiva, como audiências públicas e reuniões do Comitê Gestor do PISF.

Os conceitos contidos nas propostas de Susskind (2017) e Pedrosa (2017) foram apenas parcialmente atendidos, mas sem prejuízo de uma avaliação positiva. Uma lacuna importante foi a falta de um sistema que disponibilizasse toda a informação que cercava o tema. A troca de informações foi insuficiente. Atrapalhou o processo o fato de terem sido realizados poucos encontros para tratar a complexidade e dimensão dos temas envolvidos. Outra fraqueza do processo foi que nem sempre os representantes que participavam das oficinas eram os mesmos e muitos não tinham o poder de decisão final (*stakeholders*).

De forma positiva, destacam-se: o reconhecimento de que havia um processo político - envolvendo cinco Estados e o Governo Federal- sendo construído; e que agora havia um ambiente para debater e preparar um acordo sobre questões operacionais do PISF se que seriam levados à atenção do Conselho Gestor.

Evidentemente, ainda há muitos consensos a serem alcançados, como os valores da tarifa da água do PISF. Ainda há muitas outras questões não pacificadas. A consultoria da FGV chegou ao fim. Porém, muitos consensos ainda serão construídos pela CODEVASF, ANA, Ministério da Integração, CBHSF e pelos representantes dos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.

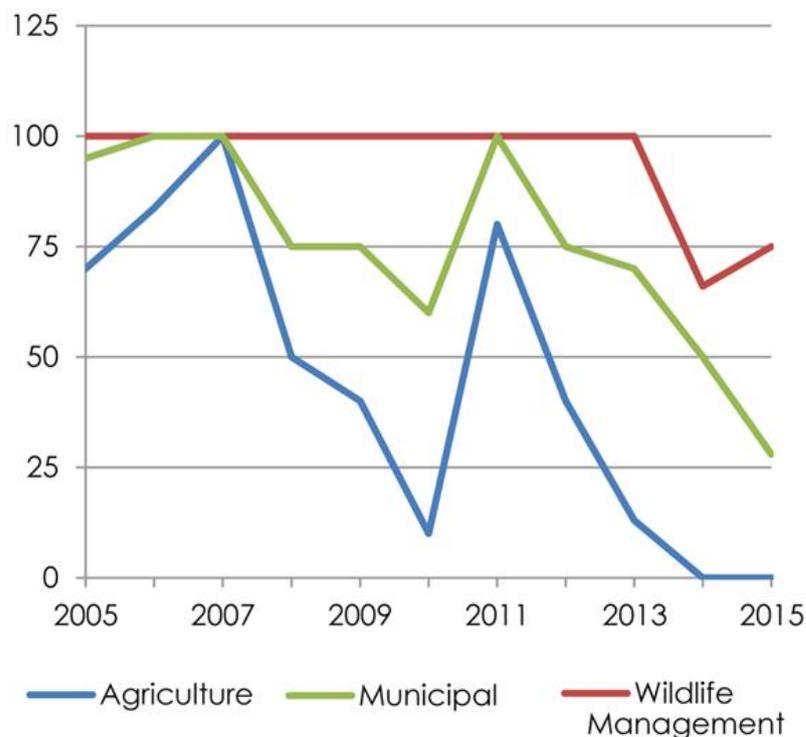
Para ilustrar alguns acordos ainda não definidos no âmbito do PISF, porém essenciais, apresenta-se: a) uma análise sobre demandas ambientais da infraestrutura hídrica da Califórnia e as do PISF; e b) uma comparação entre as tarifas do PISF e as do Distrito de Irrigação Nilo Coelho (PE).

A Califórnia tem uma das maiores redes de canais do mundo, materializadas pelas infraestruturas do *Central Valley Project* e do *State Water Project*. Em linhas gerais, por lá, há um norte com mais água, com menos população e menos atividade agrícola. Em contrapartida, há um sul muito seco, com imensa população e uma gigante atividade agrícola. Assim, estes dois projetos, asseguram que as águas do norte fluam para o sul do Estado. Mas, por um capricho da natureza, os dois rios do *Central Valley*, rio Sacramento (do norte) e rio San Joaquim (do sul), drenam suas águas para a baía de São Francisco - o maior estuário na costa americana do oceano pacífico (LUND et al, 2007).

A quantidade de água transferida do norte para o sul depende da quantidade de água estocada no norte e no sul, depende das demandas hídricas do norte e do sul, e depende das demandas ambientais do delta destes rios que formam este imenso e complexo estuário. Suas demandas ambientais, mais e mais, têm sido fator decisivo na definição de quanto de água fluirá para o delta, e quanto desta água será transferida para atender as demandas hídricas do sul do Estado. Lá estão, entre outras cidades, Los Angeles e San Diego.

A disputa por estas transferências é enorme e movimentam governo, ONG's, universidades, empresas e irrigantes. A figura 53 abaixo ilustra a transferência de água do norte para o sul realizadas pelo *Central Valley Project*, para um período de 10 anos, em porcentagem com relação aos volumes de metros cúbicos contratados. O gráfico deve ser lido assim: por exemplo, em 2008, foi entregue apenas 50% do volume contratado para a agricultura; em 2012, foi entregue apenas 75% do volume contratado para atendimento dos serviços de água municipais do Central Valley.

Figura 53 - Atendimento da demanda hídrica no Central Valley Project.



Fonte: (USBR, 2017)

As demandas ambientais têm sido fundamentais para as decisões sobre que volumes irão escoar para o delta e que volumes serão direcionados para o sul do Estado. Há um peixe, o *delta smelt*, uma espécie de 3-4 cm, que, ameaçado de extinção, tem exigido uma operação especial da infraestrutura para evitar seu desaparecimento. Este conflito com os irrigantes é gigante. Eles veem um pulso de vazão passar por suas margens, sem poderem se apropriar desta água para salvar sua plantação, para que estes volumes alcancem o delta para salvar o "*delta smelt*". É fácil imaginar o nível

de tensão entre os irrigantes e os grupos de ambientalistas. É possível perceber que este fato tem similitude com o PISF e a foz do rio São Francisco.

A quantidade de água que o PISF aduzirá dependerá da quantidade de água estocada na bacia do rio São Francisco, dependerá da quantidade de água estocada nos estados receptores, dependerá das demandas hídricas das bacias receptoras, e dependerá das demandas hídricas da bacia do rio São Francisco, com destaque para as demandas ambientais da foz. É neste sentido que muita pesquisa, muita discussão, muito estudo, muitos consensos precisarão ser atingidos durante a operação do PISF. As demandas ambientais da foz são, ainda, um terreno imenso para estudos e pesquisas.

No debate sobre as tarifas de água do PISF a modicidade tarifária é exigida por todos os Estados receptores. Há estimativas que apontam para custos de O&M entre R\$ 400-500 milhões /ano a serem rateados entre os usuários. Conforme a Nota Técnica Conjunta ANA Nº 2/2016/COSER/SRE/SAS, as tarifas teriam duas partes: a tarifa de disponibilidade R\$ [0,204 - 0,238]/m<sup>3</sup> e a tarifa consumo de R\$ [0,45-0,53]/m<sup>3</sup>, variação decorrente de provisão de devedores duvidosos (PDD).

Na busca por uma política tarifária adaptada às condições da realidade do PISF, use-se como *benchmarking* - pelo menos para o uso da água para irrigação - o Distrito de Irrigação Nilo Coelho (DINC), localizado em Petrolina. O DINC é uma instituição privada sem fins lucrativos (associação civil), administrada pelos próprios produtores representados por um Conselho de Administração renovado pelo voto direto dos produtores a cada 2 anos. Atualmente, a área irrigada ocupada é 24.837 hectares. O projeto gera oportunidades de negócio e emprego para mais de 90.622 pessoas direta e indiretamente (dentro e fora do Perímetro). Há 1.963 lotes de pequenos usuários; e 363 pequenas, médias e grandes empresas. O perímetro possui 970 km de estradas de serviço e escoamento da produção. As culturas mais comuns são manga (38%), uva (22%), goiaba (8%), coco (11%) e banana (9%).

A regra tarifária da água do DINC é simples. A tarifa da água tem duas partes: uma fixa e outra variável. Esta tarifa refere-se ao rateio das despesas de administração,

operação, conservação e manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum e de apoio à produção. A figura 54 ilustra a estrutura tarifária.

Figura 54 - Tarifas da água no DINC

$$\text{Tarifa} = \text{Parcela I} + \text{Parcela II}$$

**Parcela I (Fixa): R\$/hectare**

**Parcela II (Variável): R\$/ m<sup>3</sup> de água consumida**

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para seu cálculo, divide-se os custos totais estimados no orçamento anual em custos fixos e custos variáveis. Apenas os custos com energia elétrica dos bombeamentos nas estações elevatórias são considerados variáveis, todos os demais são considerados fixos. Os custos fixos são agrupados em despesas com pessoal, despesas com encargos, despesas com manutenção da infraestrutura, despesas administrativas, investimentos e despesas com máquinas e veículos.

Uma observação muito importante é que estes custos se referem a entrega da água pressurizada dentro do lote de irrigação. Já as tarifas do PISF contidas na Nota Técnica Conjunta ANA Nº 2/2016/COSER/SRE/SAS referem-se a entrega da água em locais específicos (portais de entrega), com pressão atmosférica, no leito do canal principal, distante do consumidor final. Esta diferença tem consequências muito importantes no momento de comparar tarifas.

Os custos fixos anuais (R\$ 16.509.155,00) são divididos pelo número de hectares em produção (no caso, são 22.355 hectares) para formar a parcela fixa da tarifa de água (R\$/hectare), chegando ao valor de R\$ 61,54/hectare/mês. Esta parcela cada agricultor irá pagar uma parcela independente do consumo de água na parcela, de forma a contribuir para formar uma receita suficiente para fazer frente aos custos fixos do distrito.

A parcela variável (R\$/m<sup>3</sup>) é obtida dividindo as despesas com energia elétrica (R\$ 22.855.536,00) pelo número de m<sup>3</sup> de água bombeados no ano. Como em 2016, foram captados no rio São Francisco 348.295.000 m<sup>3</sup>, chega-se ao valor de R\$ 0,06/m<sup>3</sup>.

O DINC é um local de excelência na irrigação e comercialização de frutas, assim seus custos refletem um sistema bem operado cujos custos estão ajustados. Nas reuniões comentadas, conforme já relatado, ficou manifestada a insatisfação dos Estados receptores com os valores da tarifa contidas na Nota Técnica Conjunta ANA Nº 2/2016/COSER/SRE/SAS. Comparando os valores praticados no DINC com as tarifas propostas para o PISF é facilmente verificado que muito acordo precisará ser alcançado. Embora a obra do PISF tenha sido iniciada a quase 10 anos, ainda não há certeza sobre a regra tarifária das águas do PISF.

Finalizando a reflexão sobre o PISF, o presente item mostrou um pouco da complexidade que envolve a operação do PISF. Sua importância pode ser medida pelos números de pessoas atendidas, pelos investimentos do Governo Federal e dos Governos Estaduais neste projeto, bem como as expectativas de agentes privados que, em seus projetos, contam com o uso destas águas. É preciso gerar mais envolvimento de todos interessados no tema da gestão do PISF, neste que já é um dos maiores desafios da gestão hídrica brasileira.

## 5. CONCLUSÕES

Esta tese teve três objetivos. Apresenta-se a seguir uma síntese do atendimento aos objetivos que motivaram este trabalho.

**O primeiro objetivo** foi “avaliar a gravidade, a abrangência, a tendência e as consequências da crise hídrica e verificar a efetividade das opções - incluindo as inovações tecnológicas – que estão sendo exploradas para ampliar a segurança hídrica”. Conforme mostrado ao longo do texto, mostrou-se que a crise hídrica mundial decorre da insuficiente oferta de água, em termos qualitativos ou quantitativos, em certa local por determinado período de tempo, para atender as demandas hídricas das cidades, das atividades agrícolas, das atividades industriais, da geração de energia e demandas hídricas para manutenção dos ecossistemas e seus serviços ambientais. Também pode ocorrer o inverso: enchentes de grande magnitude atingem vários pontos do globo destruindo vidas, destruindo os ativos das pessoas e das empresas, comprometendo seriamente a infraestrutura, afetando a saúde das pessoas, especialmente das crianças. Estas situações têm sido agravadas pelo crescimento contínuo da população, das demandas por alimentos, por energia e demais bens e serviços, todos dependentes da oferta hídrica.

Soma-se a isto, as ameaças mais recentes das mudanças climáticas, tornando o padrão de chuva mais variável, com aumento da frequência e da magnitude de eventos hidrológicos extremos. A luta para enfrentar as mudanças climáticas exigiu uma nova perspectiva para a geração de energia, um setor sempre lembrado como hidro intensivo. Notadamente, a busca por fontes de energia renovável, solar e eólica, estão presentes na agenda das nações mais desenvolvidas.

A crise é mais aguda em certas regiões e despercebida em outras. O norte da África e o Oriente Médio trata-se de uma região apontada como onde a severidade das secas pode afetar significativamente a economia da região e a qualidade de vida da população. Na Ásia, o destaque vai para as imensas populações nacionais (China com quase 1,5 bilhão de pessoas e Índia com um pouco mais de 1 bilhão) e os eventos extremos de cheias e secas.

No período de 1995 até 2014, o valor dos prejuízos por inundações, em todo território nacional, foi em R\$ 72,3 bilhões. De 1995 até 2015 foram 51 milhões de brasileiros afetados.

De 2003 a 2016, as secas e estiagens levaram 2.783 municípios a decretarem Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública sendo que 1.409 cidades do Nordeste (78,5% da região). Destes municípios, aproximadamente metade decretou emergência ou calamidade pelo menos uma vez em sete anos diferentes. Entre 2013 e 2016, o Nordeste registrou 83% dos 5.154 eventos de secas registrados no Brasil, que prejudicam a oferta de água para abastecimento público e para setores que dependem de água para realizarem atividades econômicas, como geração hidrelétrica, irrigação, produção industrial e navegação. Segundo o relatório, 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas (duradoura) ou estiagens (passageiras) no território nacional entre 2013 e 2016. Neste período, foram registrados 4.824 eventos de seca com danos humanos. Somente em 2016, ano mais crítico em impactos para a população, 18 milhões de habitantes foram afetados por estes fenômenos climáticos que causam escassez hídrica, sendo que 84% dos impactados viviam no Nordeste (ANA, 2017a).

As secas impactaram as receitas das empresas de produção agrícola e de geração de energia hidroelétrica. Tendo o risco de secas crescido no passado recente, as instituições passaram a avaliar com mais rigor o crédito para as atividades que dependam de água. Este movimento de ampliar a sensibilização dos efeitos das secas tende a crescer.

Há, como pode ser visto, uma variedade de ações que ocorrerão no futuro próximo, que deverão ser integradas e interconectadas e transformarão a gestão da água na escala global. A tabela 23 sumariza algumas das inovações que modificaram e modificarão a forma do consumo e da oferta da água.

Tabela 23 - Gestão das águas e inovação.

	Ampliação da Oferta	Controle da Demanda
Novos negócios	Regulação do reúso dos efluentes: domínialidade e custos.	Análise de risco de estresse hídrico no financiamento de atividades produtivas
	Simbiose: cluster de indústrias. O efluente de uma será o insumo da outra.	Implantação de indústrias com menor consumo hídrico
	Análise de riscos para instituições financeiras na concessão de empréstimos para obras hídricas	Agricultura com menor consumo hídrico e variedades com maior resistência à seca
	Capacitação para análise de impactos ambientais de empreendimentos	Novas tecnologias de tratamento para ampliar o reúso
	Financiamento da expansão dos serviços de saneamento (público, privado ou PPP)	Tarifas de água que considerem o período de consumo, como já ocorre com o setor elétrico.
Indústria 4.0	Deteção de vazamentos por sensores	Equipamentos com baixo consumo hídrico
	Regras operativas com dados em tempo real	Monitoramento do consumo em tempo real
	Decisão com <i>big data + dados nas nuvens</i>	Monitoramento do consumo por período do dia
	Inteligência artificial para operação de sistemas hídricos	Processos mais eficientes no consumo hídrico e energia
Obras e equipamentos	Construção de reservatórios, adutoras, ETA's e ETE's e poços	Equipamentos mais eficientes
	Instalação de dessalinizadores	Obras civis com conceitos de economia verde
	Instalação de flutuadores	Obras urbanas que favoreçam a retenção e infiltração das águas pluviais
	Ampliação de estações elevatórias	Drone para mapeamento de uso clandestino da água
	Transposições de bacias	Irrigação por gotejamento
	Uso de equipamentos mais eficientes no consumo hídrico e elétrico.	Agricultura de precisão
	Reparo de vazamentos por sensores	Energia solar e eólica com consumo hídrico nulo.
Gestão (Lei 9.433/1997 e leis ambientais)	Prioridade na análise dos pedidos de licenciamento para empreendimentos que forneçam água e tratem efluentes	Restrição parcial ou total da outorga
	Fortalecimento do Sistema Nacional de informações de recursos hídricos para tomada de decisão de investimentos	Critérios restritivos de consumo de água para concessão de licenças de empreendimentos
	Controle do desmatamento e processos erosivos	Mecanismos Alocação de água
	Estimular mecanismos de mercado de água.	Enquadramento dos corpos de água
	Melhorar a governança do gerenciamento de recursos hídricos	Controle efetivo em tempo real do consumo dos usuários que totalizem 80% da demanda (Regra 80/20).
	Aplicação dos recursos da compensação financeira do uso dos recursos hídricos na consolidação da gestão das águas em território nacional	Fortalecimento dos comitês como fórum de criação de consensos.
	Aplicação dos recursos da cobrança dos recursos hídricos na consolidação da gestão das águas em território nacional	Valorização do zoneamento econômico-ecológico como ferramenta de planejamento

Fonte: Elaborada pelo autor.

A tabela 23 organizou as opções que estão e estarão na agenda da sociedade na busca pela ampliação da oferta hídrica. As opções foram divididas em oito grupos. Organizaram-se as opções em duas colunas: uma trata do controle da demanda hídrica, a outra a ampliação da oferta hídrica. Para cada coluna dividiu-se em quatro grupos: ações em gerarão novos negócios; a inserção da Indústria 4.0 na seara dos recursos hídricos; os empreendimentos de infraestrutura hídrica e equipamentos mais eficientes no uso da água; e as ações de fortalecimento dos instrumentos da Lei 9.433/1997.

A tabela 23 apresenta uma considerável quantidade de opções para o enfrentamento das questões hídricas. Por exemplo, no cruzamento de novos negócios com a ampliação da oferta será necessário resolver as questões de definir do domínio das águas servidas após a passagem pelas estações de tratamento de água (ETA) e seus custos. A desejada ampliação do reúso para a indústria depende destas definições. Ainda não está claro a quem pertence o líquido tratado momentos após ele encontrar o corpo receptor. Este líquido para ser usado depende de autorização da companhia de saneamento ou ao de outorga de direito de uso do órgão gestor responsável? Embora a resposta não esteja pronta, parece claro que é preciso o envolvimento da companhia de saneamento neste novo negócio. O potencial comprador do efluente precisa ter a garantir de fornecimento que virá inevitavelmente da companhia de saneamento. O futuro do reúso é promissor, mas algumas regras precisam ficar claras. A criação de regras também serve para a definição das tarifas do reúso. Os potenciais usuários do efluente desejam pagar apenas o curso adicional de um tratamento posterior e o transporte deste efluente até dado ponto. Mas tudo dependerá de um “acordo” onde vendedor e comprador acertem os termos do negócio.

A ampliação da oferta, necessária para ampliação da segurança hídrica, também depende novas obras. Continuaram a ser exigidos novos reservatórios e adutoras, entre outros empreendimentos. O caso dos dessalinizadores parece promissor para certas regiões próximas ao litoral e em situações específicas. Mas ainda há algumas questões a serem resolvidas, entre elas: a) o tratamento e disposição final do rejeito, e b) o que fazer em casos de contrato de longa duração (20 ou 30 anos) se no meio

do processo houver o desejo de parte do receptor em reduzir a quantidade comprada, porque a demanda decresceu de fato ou novas opções surgiram.

No cruzamento do controle da demanda com ações de gestão é preciso fazer um destaque para o necessário fortalecimento dos comitês de bacias hidrográficas. Não basta criá-los, eles precisam ter garantidas as condições para o cumprimento de suas obrigações. Os comitês tem sido um importante ambiente de reunir e de debater questões regionais, e mesmo nacionais, nas questões ligadas aos recursos hídricos. O CBHSF é um bom exemplo da capilaridade do tema água na sociedade. Hoje o CBHSF simboliza no imaginário popular a representação da coletividade na gestão das águas. Espera-se o CBSHF a vigília e atuação constante.

Na interseção do controle da demanda com novos negócios um destaque é a agricultura irrigada. Conforme comentado ao longo do texto, o Brasil usa 167 milhões de hectares para a pecuária e outros 63 milhões de hectares para agricultura. Em ambos casos muito água é requerida. Daí o desenvolvimento e aplicação de técnicas de irrigação mais eficientes são fundamentais para ampliar a segurança hídrica. No caso do rio São Francisco foi registrado um consumo de 244,4 m<sup>3</sup>/s para irrigação no ano de 2013. Imaginando que uma irrigação mais eficiente reduza, de forma média, o consumo em 20%, ter-se-ia de volta ao rio cerca de 50 m<sup>3</sup>/s. Para perceber a importância deste número é só verificar que ele valor é superior a vazão de captação que será feito pelo PISF quando os eixos Leste e Norte estiverem em funcionamento. Nas condições normais de operação a vazão do PISF será de 26,7 m<sup>3</sup>/s, embora possa crescer se certas condições nas bacias receptoras e na bacia doadora foram atendidas.

Para sumarizar a reflexão sob a tabela 23 é importante notar que uma diversidade considerável de opções está disponível. A escolha por cada opção dependerá de um estudo detalhado e específico que leve em conta as condições locais e regionais, os custos de oportunidade e o risco de atuar sob uma precária segurança hídrica.

**O segundo objetivo** foi propor e avaliar o uso de um método efetivo para a construção de pactos entre governo, usuários de água e a sociedade que ampliem a segurança hídrica. Durante certo período do século XX os temas da gestão oferta e demanda da hídrica estavam circunscritos aos profissionais diretamente ligados ao tema. A participação dos usuários e da sociedade se não inexistia, era diminuta. Tudo isto mudou, ou está no caminho da mudança.

No caso brasileiro, a política pública foi desenhada para funcionar com base na negociação entre as partes envolvidas, já que é grande o seu potencial de litígio, especialmente em um momento em que se verifica uma forte crise mundial da água, decorrente do aumento da demanda sobre os recursos naturais, em especial, sobre a água.

A institucionalidade prevista no âmbito dessa política hídrica facilita o processo de negociação entre as partes, já que posicionou os atores, frente a frente, no dia a dia da dinâmica estabelecida nos colegiados, favorecendo a resolução dos conflitos entre usos e usuários da água. A gestão de recursos hídricos depende da atuação de diversos atores para ser viabilizada.

Os envolvidos em negociações costumam reagir com mais cautela e empenho quando há clareza na responsabilidade de quem deve fazer o quê. Esta simples tabela permitiu este controle, trazendo grande efetividade ao acordo. Esta tabela é uma adaptação livre de documentos que a ANA disponibiliza em seus processos de negociações de alocações de água.

Conforme foi mostrado nos exemplos do capítulo 4, o envolvido no conflito pelo uso da água avalia a solução por três perspectivas: o interesse, o processo e o psíquico. O interesse se refere às necessidades hídricas, trata-se de conseguir o volume de água necessário. O processo se refere à forma de obtenção deste acordo. Aprovando-o, o participante diria: "*Devemos repetir este método*". O psíquico refere-se ao sentimento despertado no processo. Trata-se de cada participante sentir que houve respeito, que sua visão e opiniões foram valorizadas na tomada de decisão. Quando as três perspectivas são atendidas, as chances de sucesso do acordo são maiores e seus efeitos serão duradouros.

**A tese central defendida nestas conclusões** é que a natureza dos conflitos pelo uso da água exige a participação de todos os envolvidos e a criação de um pacto para sua efetividade. Sem este acordo seria necessária uma estrutura pública de controle e de punição (multas, desativação de captações, recolhimento de equipamentos, etc) incompatível – de acordo com as restrições orçamentárias da sociedade brasileira - para ver a implementação de decisões criadas ao arrepio da participação social.

O caso do rio São Francisco novamente é esclarecedor. Entre a nascente e a foz se tem 2.700 km de leito de rio, atravessando cinco Estados da Federação. Os usos são os mais diversos possíveis: geração de energia, abastecimento de cidades, turismo, serviços ambientais, pesca, navegação, irrigação, entre outras. Não há como fazer regras funcionarem em toda esta extensão territorial e complexidade operacional sem um acordo entre os que fazem parte da realidade do rio. Este conceito é largamente utilizado em outros países, assim como em águas internacionais.

Esta participação não é fácil, não é simples e tem custos operacionais relevantes. Entretanto, trata-se da maneira mais eficiente e eficaz de se criar “acordo” que leve as decisões a refletirem os interesses e, sobretudo, que as decisões sejam cumpridas.

Este modelo opera de acordo com os fundamentos da Lei 9.433/1997 e precisa ser ampliado e incentivado. Mas já há resultados reais e concretos para servirem de exemplo. Os dois acordos no rio São Francisco narrados em detalhes neste texto, provam que a participação dos usuários de água e da sociedade contribuíram para efetividades decisões acordadas. O processo da redução gradual das vazões e o processo de definição de regras para a operação do sistema hídrico - ambos do rio São Francisco - foram exitosos e hoje servem paradigma de atuação da Agência Nacional de Águas.

Esta tese defende a ideia que este é um caminho acertado, efetivo e eficiente, onde os envolvidos compartilham informações, coletivamente fazem o diagnóstico, estudam as opções disponíveis, realizam um acordo de compromissos e, depois, monitoram e avaliam a implementação das medidas acordadas. Este é o modelo que se mostrou mais efetivo para ampliar a desejada segurança hídrica.

O **terceiro objetivo** foi propor um conjunto de recomendações que ampliem a segurança hídrica nacional. Diante dos dados e reflexões havidas nesta tese, apresenta-se a seguir a tabela 24 que contém um conjunto de recomendações para a ampliação da segurança hídrica. A tabela aponta os responsáveis (nível), qual o problema que se quer ver resolvido, aponta recomendações e os ganhos esperados.

Tabela 24 - Conjunto de recomendações para ampliar a segurança hídrica.

<b>Nível</b>	<b>Problema</b>	<b>Recomendação</b>	<b>Ganho Esperado</b>
Agências de regulação do saneamento <sup>14</sup>	Investimentos insuficientes	Melhor a qualidade da regulação do setor de saneamento	Atrair investimentos privados para o setor
	Visão de gestão da crise ao invés de gestão do risco	Monitoramento e previsão precoce dos efeitos dos eventos extremos	Consolidação no Brasil da gestão do risco levando a redução de danos
<b>Nível</b>	<b>Problema</b>	<b>Recomendação</b>	<b>Ganho Esperado</b>
Governo Federal	Desarticulação setorial no planejamento nacional, conflitos de interesses de vários setores.	Integração da agenda de recursos hídricos com a agenda da política nacional de meio ambiente, e demais planejamentos setoriais como a energia, transporte, agrícola, pecuária e industrial	Antecipar conflitos, evitar investimentos inadequados, ganho de eficiência na tomada de decisão e favorecimento do desenvolvimento econômico
	Escassez hídrica	Incentivo ao reúso de efluentes tratados como fonte alternativa de água de reúso  Criar um ambiente regulatório que dê segurança jurídica para investidores, operadores e usuários de água proveniente do reúso de efluentes tratados. Desvincular a produção de água de reúso do setor de saneamento, sem inviabilizar a participação das companhias de saneamento no negócio.	Maior eficiência no uso do recurso escasso e redução da exposição do setor industrial às medidas de racionamento e às situações de escassez hídrica.

<sup>14</sup> CNI BUROCRACIA E ENTRAVES AO SETOR DE SANEAMENTO. 2014

Continuação da Tabela 24.

<b>Nível</b>	<b>Problema</b>	<b>Recomendação</b>	<b>Ganho Esperado</b>
Govorno Federal	Escassez hídrica	<p>Melhorar mecanismos de alocação de água, com a adoção de critérios econômicos.</p> <p>Reconhecer formalmente na Política Nacional de Recursos Hídricos os marcos de alocação de água e as alocações negociadas de água.</p> <p>Regulamentar o § 2º, Artigo 4º da lei 9.984 de 2.000 definido de forma clara e transparente critérios e procedimentos para racionamento preventivo, respeitando os fundamentos, princípios e objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos.</p> <p>Regulamentar o disposto no VII - Artigo 7º, que estabelece a competência dos Planos de Recursos Hídricos, para estabelecer uma regra geral sobre a definição de prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos.</p>	<p>Maior eficiência social e econômica no uso do recurso hídrico em situações de escassez.</p>
	Insuficiência de infraestrutura hídrica	<p>Modernizar os mecanismos de atração de capital privado para esse tipo de investimento, por meio da revisão do Veto Presidencial ao Artigo 28 da Lei 9.433/97, estabelecendo, na nova redação, condições para que o armazenamento ou o suprimento externo de água possam ser objeto de valoração e rateio de custos entre os usuários, ou entre eles e o Poder Público se houver a iniciativa deste na concepção e implementação de obras com tais finalidades.</p>	

Continuação da Tabela 24.

<b>Nível</b>	<b>Problema</b>	<b>Recomendação</b>	<b>Ganho Esperado</b>
Instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento	Base de dados insuficientes para a tomada de decisão	<p>Melhor e ampliar a base de dados associados à segurança hídrica.</p> <p>Estabelecer um módulo específico no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, previsto na Lei 9.433 de 1997, para organizar e sistematizar informações socioeconômicas e sua relação com a situação dos sistemas hídricos.</p> <p>Incorporar a revolução tecnológica contida no conceito da indústria 4.0, (IoT), big data, e segurança e estabilidades das comunicações, para qualificar a gestão de recursos hídricos.</p> <p>Recuperação do Fundo Setorial de Recursos Hídricos do MCTI.</p>	Qualidade melhorada das decisões e nas avaliações de risco do setor industrial.
	Obsolescência da tecnologia atualmente empregada na gestão das águas	Apoiar a revolução tecnológica contida no conceito da <b>indústria da quarta geração</b> : (IoT), <i>big data</i> , e segurança e estabilidades das comunicações	Ganho na qualidade dos processos de monitoramento, avaliação e tomada de decisão.
	Insuficiência de financiamento para a pesquisa	Recuperação do CTHIDRO	Financiamento de estudos avançados
Sistema Nacional de Gestão dos recursos hídricos	Questões associados à dupla dominialidade dificultando a integração de ações	Fortalecimento dos órgãos gestores estaduais.	Equipe técnica apta e capaz de tratar com eficiência a complexidade do tema da gestão dos recursos hídricos

Continuação da Tabela 24.

<b>Nível</b>	<b>Problema</b>	<b>Recomendação</b>	<b>Ganho Esperado</b>
Sistema Nacional de Gestão dos recursos hídricos	Incipiente participação dos usuários e sociedade civil nas decisões sobre a gestão dos recursos hídricos	Fortalecimento dos comitês de bacia hidrográfica e das formas de participação dos usuários de água e da sociedade na gestão.	Melhoria na qualidade das soluções dos conflitos pelo uso dos recursos hídricos.
	Insuficiência de investimentos em projetos e obras que melhorem a oferta de água	Criação imediata de mecanismos de aplicação reembolsável dos recursos arrecadados, conforme determina a Lei 9.433/1997, em seu artigo 22.	Apoiar projetos e obras que alterem, de modo considerado benéfico à coletividade, a qualidade, a quantidade e o regime de vazão
	Indefinição das regras de rateio de custos de obras hídricas de usos múltiplos.	Regulamentação do rateio de custos de obras de usos múltiplos ou coletivos.	Maior segurança jurídica para atrair capital privado para ampliar a infraestrutura hídrica nacional.
	Sistema com baixa efetividade na aplicação dos recursos financeiros já disponíveis.	Melhoria na eficiência da aplicação dos recursos arrecadados e manutenção da cobrança pelo uso da água baseada na lógica da pactuação entre os atores presentes ao SINGREH	Avanços institucionais e efetividade nas aplicações de recursos financeiros já disponíveis no Sistema.

Fonte: Elaborada pelo autor em documento inédito feito para CNI.

A tabela 24 apresenta uma considerável quantidade de recomendações que visam ampliar a segurança hídrica nacional. Parte das ideias contidas nestas recomendações ocorreram e foram desenvolvidas durante cooperação técnica-científica – cujos estudos são inéditos - do autor com a equipe da Gerência Executiva de Meio Ambiente e Sustentabilidade da Confederação Nacional da Indústria.

Tratam-se de sugestões que há anos circulam nos fóruns, congressos, feiras, simpósio, nas Universidades e nos órgãos públicos que tratam do tema. Chegou a hora de criar um acordo com todos os envolvidos e colocar, as escolhidas, em funcionamento.

## 5.1 Epílogo

A tese defendida pelo autor neste texto pode ser organizada e sintetizada em três parágrafos.

A primeira é a necessidade de ampla e restrita consciência da população mundial sobre a gravidade e urgência dos problemas associados com os extremos hídricos, a crescente demanda hídrica para atender a população, para a produção de alimento, para a produção energia, para a produção dos demais bens e serviços, sem esquecer das demandas ambientais para a preservação dos ecossistemas.

A segunda é necessidade de incorporar, a cada dia, as inovações tecnológicas e modernidade de negócios ao setor de recursos hídricos. A amplitude e possibilidades da Indústria 4.0, do reúso dos efluentes, de processos e equipamentos de uso eficiente da água, da força dos instrumentos da Lei 9.433/1997, entre as outras comentadas na tabela 23, podem, de acontecerem de forma estruturada, planejada e organizada, ajudarem a ampliar a segurança hídrica nacional.

A terceira é necessidade e importância de ampliar a participação da sociedade civil e dos usuários de água em todos os processos decisórios sobre a gestão dos recursos hídricos. Este processo exige elevado espírito público de todos os envolvidos, entretanto, sempre que esta ampla participação ocorre de forma organizada e estruturada os resultados alcançados são mais efetivos, eficientes, eficazes e duradouros.

O tema da segurança hídrica é um desafio para a sociedade brasileira. O autor espera ter dado uma contribuição ao debate, sendo útil aos possíveis leitores. Assim sendo, o trabalho cumpriu seu propósito.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABDIB. 2017. **AS PERSPECTIVAS PARA A INFRAESTRUTURA EM 2017**. Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base (Abdib). Disponível em [https://www.abdib.org.br/wp-content/uploads/2017/05/relatorio\\_anual\\_2017.pdf](https://www.abdib.org.br/wp-content/uploads/2017/05/relatorio_anual_2017.pdf)

ABEEOLICA. 2017. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2016**. ABEEólica. Associação Brasileira de Energia Eólica. 2017.

ABIEC. **Perfil da pecuária no Brasil 2016**. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Disponível em < [www.abiec.com.br](http://www.abiec.com.br) > 2017

ABPA (2018). **Relatório Anual 2017**. Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em < [abpa-br.com.br](http://abpa-br.com.br) > Acessado em 20 de janeiro de 2018

ADASA. 2107. Agência reguladora de águas, energia e saneamento básico do Distrito Federal. Resolução nº 21, de 08 de setembro de 2017.

ADECE. **Agricultura irrigada como suporte à alocação de água**. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. 2017. Disponível em < <https://tinyurl.com/y6uulym1> >

AGBPEIXEVIVO. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do rio São Francisco 2016-2015**. Comitê de bacia hidrográfica do rio São Francisco. 2016.

ANA (2018). **Receitas da cobrança pelo uso dos recursos hídricos**. Disponível em < Agência Nacional de Águas. 2018. Disponível em <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/cobranca> >. Acessado em 22 de fevereiro de 2018. ANA. Brasília. 2018.

ANA **Atlas Esgoto-Despoluição de bacias hidrográficas**. Disponível em <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Brasília. Acessado em 23 de março de 2018. (2018a).

ANA. “Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos”. Cadernos de capacitação em recursos hídricos. ANA, 2013. Disponível em <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/59>

ANA. Agência Nacional de Águas. Resolução Nº 1.043, de 19 de Junho de 2017. (2017e).

ANA. Agência Nacional de Águas. Resolução Nº 1.290, de 17 de julho de 2017. (2017f).

ANA. Agência Nacional de Águas. Resolução Nº 2.081, de 04 de dezembro de 2017. (2017d)

ANA. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos. Agência Nacional de Águas.** Brasília: 2017b.

ANA. **Cadernos de recursos hídricos disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil.** Agência Nacional de Águas. Brasília. 2005.

ANA. **Conjunta Recursos Hídricos 2017.** Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/porta1/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. ANA. Brasília. 2017a.

ANA. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil.** Agência Nacional de Águas. Brasília. 2018. Disponível em <http://www3.ana.gov.br/porta1/ANA/panorama-das-aguas/balanco-hidrico>. Acessado em 29 de maio de 2018. (2018b).

ANA. **Estudos de Casos dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Cárstico.** Márcia Tereza Pantoja Gaspar Especialista em Recursos Hídricos COSUB/SIP/ANA. Oficina de capacitação do Pro-Gestão- Águas Subterrâneas. 2016.

ANA. Projeto Legado. Agência Nacional de Águas. Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/projetos/ProjetoLegado.aspx>. Acessado em 03 de maio de 2018. (2017c).

ANA. **Resolução Nº 562, de 25 de outubro de 2010.** Disponível em [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br) Agência Nacional de Águas. Brasília. 2010.

ANEEL. **Compensação financeira pelo uso dos recursos hídricos**. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/>> Acessado em 21 de fevereiro de 2018. ANEEL. Brasília. 2018.

AQUAPOLO. **Sobre a Aquapolo**. Disponível em <http://www.aquapolo.com.br/quem-somos/sobre-o-aquapolo/> > Acessado em 20 de fevereiro de 2018. 2017.

BANK OF AMERICA Merrill Lynch. ESG & Sustainability. **Blue Revolution – global water**. 2012.

CAESB. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Disponível em <https://www.caesb.df.gov.br/seca-rodizio>, acessado em 28 de maio de 2018. 2017.

CBHSF. Comitê de bacia hidrográfica do rio São Francisco. Revista Chico Nº 2 . Dezembro / 2017. 2017.

CDP. **Anual Report of Corporate Water Disclosure**". Carbon Disclosure Project. Disponível em <[www.cdp.net](http://www.cdp.net)> 2016. Acessado em 20 de março de 2018.

CECAFÉ. **As melhores práticas de utilização dos recursos hídricos na cafeicultura brasileira**. Conselho dos exportadores de café do Brasil. 2017

CERVBRASIL. **Anuário da Cervbrasil**. Associação Brasileira da Indústria de Cerveja. Disponível no [www.cervbrasil.org.br](http://www.cervbrasil.org.br). 2017.

CESAR. Centro de Estudos Avançados do Recife. Disponível em <https://www.cesar.org.br/cases/ver/monitor-de-irrigacao>. Acessado em 31 de maio de 2018.

CGEE. **Secas no Brasil – Política e gestão proativas**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília. 2016.

CHESF. Companhia Hidrelétrica do São Francisco . Disponível em <http://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/GestaoRecursosHidricos/GestaoRecursosHidricos.aspx>. Acessado em 08 de julho de 2017.

CHESF. **Relatório Anual**. Disponível em <<https://sustentabilidade-2015.chesf.gov.br/desempenho-economico/>> Acessado em 19 de fevereiro de 2018. 2018.

CNI. **Comparações internacionais - uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro**. Confederação Nacional da Indústria. Brasília. 2017.

CNI. **Reúso de efluentes- Metodologia para análise do potencial do uso de efluente tratados**. Disponível em <  
<http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/9/reuso-de-efluentes-metodologia-para-analise-do-potencial-do-uso-de-efluentes-tratados-para-abastecimento-industrial/>> CNI. Brasília. (2017b).

CNI/MDIC. **Água e Indústria: experiências de desafios**". 8º Fórum Mundial da Água. Brasília. CNI/MDIC. 2018.

COGERH. Ata do XXIV Seminário de alocação negociada das águas dos vales Jaguaribe e Banabuiú – 2017. COGERH. Disponível no <http://www.csbhbj.com.br/wp-content/uploads/2017/07/AtaXXIVSeminarioVales14062017.pdf>. 2017.

COGERH. **Situação hídrica do Ceará**. Disponível em <https://www.cogerh.com.br/noticias/3550-situacao-hidrica-do-ceara.html>. Acessado em 13 de março de 2018. 2018.

CONAB. **Primeiro levantamento- Janeiro de 2018**. V. 5 - SAFRA 2018 - N.1 - CONAB. 2018.

CORURIFE. Usina Coruripe. Relatório de Sustentabilidade safra 2016/2017. 2017. Disponível em <http://www.usinacoruripe.com.br/socioambiental#relatorio-sustentabilidade>. Acessado em 31 de maio de 2018. (2018).

ENDEAVOR. Endeavor Brasil. Disponível em <https://endeavor.org.br/industria-4-0-opportunidades-de-negocio-de-uma-revolucao-que-esta-em-curso/>. Acessado em 01 de abril de 2018. 2018.

ENEVA. Comunicado relevante ao mercado. Disponível em <https://tinyurl.com/y75ddd4x>. 2017

Environmental Health Perspectives. **Acting on an Environmental Health Disaster: The Case of the Aral Sea**. VOLUME 109 | NUMBER 6 | June 2001. Disponível em <http://europaemc.org/> . 2001.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016**. Empresa de Pesquisa Energética. MME. Rio de Janeiro. 2017.

FGV. **Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro**. Disponível em <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/beneficios-ecosocio/relatorio-completo.pdf>>. 2017.

FIEMG. PACTO DE MINAS PELAS ÁGUAS. Disponível em <https://www7.fiemg.com.br/pacto-de-minas-pelas-aguas/>. Acessado em 04 de maio de 2018. 2017.

FIRJAN. **Diretrizes para o aumento da segurança hídrica da região metropolitana do Rio de Janeiro**. FIRJAN. Disponível em <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/diretrizes-para-o-aumento-da-seguranca-hidrica-da-regiao-metropolitana-do-rio-de-janeiro.htm> > Rio de Janeiro. 2015

FURNAS. FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. Demonstrações financeiras e relatório de administração do ano 2017. Rio de Janeiro. Publicado em abril de 2018. 2017.

Garjulli, Rosane (2013). Relatório das Oficinas de Usos Múltiplos. AGBPEIXEVIVO. CBHSF. Disponível em <http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/documentacao/centro-de-documentacao>. Acessado em 10 de janeiro de 2018. 2013.

Gaspar, Márcia Tereza Pantoja. **Estudos de Casos dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Cárstico**. Especialista em Recursos Hídricos COSUB/SIP/ANA. Oficina de capacitação do Pro-Gestão- Águas Subterrâneas. 2016.

Guppy, Lisa; and Anderson, Kelsey. GLOBAL WATER CRISIS: THE FACTS. United Nations University Institute for Water, **Environment and Health**. UN. 2017

Haraguchi, M. and Lall, U. **Flood Risks and Impacts: Future Research Questions and Implications to Private Investment Decision-Making for Supply Chain Networks**. Research Paper prepared for the 2013 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction.

Horita, Flavio; Albuquerque, João P; Degrossi, Lívia; Menciondo, Mario; Ueyama, Development of a spatial decision support system for flood risk management in Brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks **Computers & Geosciences** 80 (2015) 84–94. 2015.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2012-2016. Abastecimento diário de água é menor no Nordeste. 2016.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2012-2016**. Rio de Janeiro. 2017

IBGE. **Uma contribuição à geografia dos recursos hídricos**. Disponível <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97884\\_cap7.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97884_cap7.pdf)>. IBGE. Rio de Janeiro. 2016

IEA. **Geração de Bioenergia de Biomassa da Cana-de-açúcar nas Usinas Signatárias ao Protocolo Agroambiental Paulista**. Safra 2015/2016. v. 12, n. 4, abril 2017. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA Estado de São Paulo.

ISAACSON, Walter. Leonardo Da Vinci. do autor Walter Isaacson. 2017. Capítulo 24. Engenheiro Hidráulico, páginas 375 e 544.

Lund, J; Hanak, E.; Fleenor, W; Howitt, R.; Mount, J.; Moyle, P. 2007. **Envisioning futures for the Sacramento-San Joaquin Delta**. Public Policy Institute of California. San Francisco. 2007

MDW. Metropolitan Water District of Southern California Disponível em [http://www.mwdh2o.com/DocSvcsPubs/WaterFix/assets/cawaterfix\\_finance\\_costallo\\_cation\\_whitepaper\\_factsheet.pdf](http://www.mwdh2o.com/DocSvcsPubs/WaterFix/assets/cawaterfix_finance_costallo_cation_whitepaper_factsheet.pdf). Acessado em 15 de maio de 2018. 2018.

MI. **Projeto de transposição de águas do rio São Francisco para o Nordeste Setentrional**. CONSULTORES INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Ministério da Integração Nacional. Estudos de inserção regional relatório geral. TOMO I. 2000. Disponível em <http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/documentos-tecnicos>. Acessado em 04 de abril de 2018.

MINSKER, Barbara; Lily, Crittenden; John, Kabbes; Karamouz, Mohammad; Lansey, Kevin; Malinowski, Patricia; Emmauel, Pandit; Arka, Parker; John, Rivera; Surbeck, Samuel; Wallace, Cristiane; Progress, John (2015). Recommendations for Advancing Performance-Based Sustainable and Resilient Infrastructure Design **J. Water Resour. Plann. Manage.**, 2015, 141(12): A4015006.

MMA. **Contas Econômicas Ambientais da Água no Brasil**. 2018. ANA, IBGE e Ministério do Meio Ambiente. Disponível em [http://www3.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-spr/contas\\_economicas.pdf](http://www3.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-spr/contas_economicas.pdf). Acessado em 11 de abril de 2018. 2018.

NESTLE. Disponível em <https://corporativo.nestle.com.br/historias/reducao-de-agua>, acessado em 24 de maio de 2018. 2018

NVFA e GIZ. **Drought Stress Testing Making Financial Institutions More Resilient to Environmental Risk**. 2017. Disponível em <http://www.unepfi.org/ecosystems/nvfa/drought-stress-testing-tool/> . Acessado em 13 de maio de 2018. 2018.

OGATA, Maria Gravina. (2008). Participatory Water Management in Brazil: Legal, institutional and political aspects (1988 – 2008). In *Gestión y Análisis de Políticas Públicas – GAPP*, Nueva Época nº 11, enero-junio 2014. Madri ES <http://revistasonline.inap.es/index.php?journal=GAPP&page=article&op=view&path%5B%5D=10180>.

ONS. **O sistema em números**. Operador Nacional do Sistema. Disponível em <http://ons.org.br/pt/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acessado em 13 de março de 2018. 2018

ONU. **The road to dignity by 2030: ending poverty, transforming all lives and protecting the planet**. ONU (2014). Disponível em [http://www.un.org/disabilities/documents/reports/SG\\_Synthesis\\_Report\\_Road\\_to\\_Dignity\\_by\\_2030.pdf](http://www.un.org/disabilities/documents/reports/SG_Synthesis_Report_Road_to_Dignity_by_2030.pdf). 2014.

Pedrosa, Valmir. **Solução de conflitos pelo uso da água**. ArcelorMittal Tubarão. Vitória. 2017. Disponível em <http://tubarao.arcelormittal.com/pdf/galeria-midia/relatorios-publicacoes/livro-solucao-conflitos-pelo-uso-agua.pdf> . 2017.

Pedrosa, Valmir. **Tarifas no setor de saneamento**. Tese de doutorado. IPH. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientador Eduardo Leão Lanna. Porto Alegre. 2001.

Petty, T.R. and P. Dhingra, 2018. Streamflow Hydrology Estimate Using Machine Learning (SHEM). Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 54(1): 55-68. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12555>

PNUD. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017. PNUD. 2017.

PNUMA. Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth. International Resource Panel (2011).

PPIC. **Water Stress and a Changing San Joaquin Valley**. 2017. Public Policy Institute of California. San Francisco. 2017

Priscoli, Jerome Delli. **Participation, consensus, building and conflict management training course**. 2003. Institute for Water Resources. USACE.

PROJETO LEGADO. **Propostas para aperfeiçoamento dos marcos constitucional, legal e infralegal da gestão de águas no Brasil**. Preparação para o 8º Fórum Mundial da Água. ANA. 2017

SABESP. Enfrentando crises: deixando legados e conquistas. SABESP. São Paulo. 2017.

Sadoff, Claudia W., Edoardo Borgomeo, and Dominick de Waal. 2017. **Turbulent Waters: Pursuing Water Security in Fragile Contexts**. Washington, DC, World Bank.

SEMARH. **Monitor de Secas**. Novembro de 2017. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo de Alagoas. 2018.

Small, Ian; Van der Meer, J; Upshur, R.E.G. Acting on an Environmental Health Disaster: The Case of the Aral Sea. **Environmental Health Perspectives**. VOLUME 109 | NUMBER 6 | June 2001. Disponível em <http://europaemc.org/> 2001

SNIS. **Sistema Nacional de Informações de Sistema Nacional de Informações de Saneamento**. Disponível em [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br). Brasília. SNIS. 2016.

Strong, Colin; Reig, Paul; Köbel, Julian and Noe, Cindy. Mapping Public Water Management by Harmonizing and Sharing Corporate Water Risk Information. **Water Risk Atlas**. World Resource Institute. 2018.

Strong, Colin; Reig, Paul, Köbel, Julian and Noe, Cindy. Mapping Public Water Management by Harmonizing and Sharing Corporate Water Risk Information. Water Risk Atlas. World Resource Institute. 2018.

Susskind, Lawrence. **Water Security in the Middle East**. 2017. Anthem Press.

Tucci, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**/Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p.

UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. Paris, UNESCO. 2018.

UNICA. União da Indústria da Cana-de-açúcar.. <http://www.unica.com.br/noticia/14883647920325965467/consumo-de-etanol-hidratado-cresceu-mais-de-37-por-cento-em-2015/>. 2015.

UNITED NATIONS. **Global water crisis: the facts**. United Nations University Institute for Water, Environment and Health. 2017.

Ury, William; Fischer, Roger. **Getting to yes**. Harvard University. Cambridge. 1981.

USBR. Central Valley Project. United State Bureau Reclamation. Disponível em <https://www.usbr.gov/mp/cvp/index.html>. Acessado em 31 de maio de 2018. 2017.

VALE. **Formulário de referência submetido à Comissão de Valores Mobiliários (CVM)**. Disponível em <http://www.vale.com/brasil/pt/investors/information-market/annual-reports/reference-form/Paginas/default.aspx> VALE. 2017.

WORLD BANK e UFSC. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil – 1995-2014**.World Bank. UFSC., 2016.

WORLD BANK. “**High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy.**” Washington, DC. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. 2016a.

WORLD BANK. 2011. **Guia da Adaptação à Mudança Climática nas Cidades.** World Bank. 2011.

WORLD BANK. 2018. **Water Scarce Cities.** Disponível em <http://documents.worldbank.org/curated/en/281071523547385102/pdf/125187-WP-P169238-PUBLIC-12-4-2018-11-11-29-WeBook.pdf>. Acessado em 4 de fevereiro de 2018. 2018.

WORLD BANK. **Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa.** MENA Development Series. World Bank, Washington. 2017b

WORLD BANK. **Uncharted Waters: The New Economics of Water Scarcity and Variability.** Washington, DC: World Bank. 2017c.

WORLD BANK. **Uncharted Waters: The New Economics of Water Scarcity and Variability.** Washington, DC: World Bank. 2017a.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Risks.** Report 13th Edition. World Economic Forum. Geneva. 2018.

WRI. Management Sustainability Initiative. *Mapping public water management by harmonizing and sharing corporate water risk information.* Disponível em <http://www.wri.org/publication/mapping-public-water>. Acessado em 30 de abril de 2018. 2018.

## POSFÁCIO

Esta tese foi escrita como requisito parcial para promoção do autor para a classe E (Professor Titular) da carreira de magistério superior. Atende, portanto, às regras contidas na Resolução Nº 78/2014-CONSUNI-UFAL, de 17 de novembro de 2014.

O Art. 3º da Resolução dispõe que o processo de avaliação se desenvolverá em duas etapas:

- I – Avaliação de Relatório de Desempenho Acadêmico do Docente no interstício, realizada pela Comissão Interna;
- II – Avaliação de Memorial Acadêmico ou Tese Acadêmica Inédita, realizada por Comissão Especial.

Para o caso em questão, na etapa II, foi feita opção pela “tese acadêmica inédita. Entretanto, mesmo não optando por apresentar um memorial acadêmico, o autor julgou importante narrar, de forma sucinta, neste posfácio, sua carreira profissional e alguns de seus entrelaçamentos com sua vida pessoal. O autor pede ao leitor o obséquio da licença da narrativa em primeira pessoa do singular.

Iniciei minha caminhada na UFAL como estudante de engenharia civil no ano de 1989. Formei-me engenheiro no ano de 1993. Éramos seis da turma inicial da engenharia à época da formatura: Noé Simplício, Luciana César, Márcia Cavalcante, Maurício Bernardes, Alexandra Cabral e eu. Ainda estamos juntos.

Fui aluno dos notáveis professores Edmilson Pontes de Vasconcelos, Francisco Vieira Barros e Roberaldo Carvalho de Souza – este, à época, coordenava com rigor, e primor, o programa PET - núcleo de inovação na formação acadêmica dentro da universidade brasileira. Por 3 anos fiz parte deste exitoso Programa Especial de Treinamento (PET/CAPES). Este programa mudou minha vida e moldou o caminho que eu iria seguir nas décadas seguintes. Neste seleto núcleo fiz amigos genuínos: Eduardo Setton, Maurício Bernardes, Alexandra Cabral, Walter Vianna, Guilherme Braga e Gustavo Carvalho.

Faço três registros históricos. Tendo faltado algumas aulas seguidas de Cálculo I, o professor Francisco Vieira Barros ligou-me para saber o motivo de minha ausência. Disse-lhe que há dias tinha forte dor abdominal. Ele me recomendou um colega médico. Com a insistência do ilustre professor, fui até o especialista. Fui operado depois de duas horas da consulta inicial. Eu tinha uma apendicite aguda ameaçando-me a vida. Devo a vida ao conselho e carinho do professor e à perícia do médico cirurgião João Pereira.

O professor Edmilson Pontes, por sua vez, era uma mistura de exímio matemático, excepcional comunicador, possuidor de uma clareza de pensamento raramente encontrada e, sobretudo, tratava o momento da aula como um espetáculo. Também era um ator. Conhecendo meu pai, um dia, ligou-me: *“Você não foi muito bem na primeira prova de cálculo IV. Lembre, contudo, que eu apenas levantei a ponta do véu que cobre os segredos das séries de Fourier”*. Era um apaixonado. Até hoje não encontrei quem o superasse.

Minha carreira de hidrólogo de campo foi iniciada com os ensinamentos e campanhas de medição do professor Arno Marshman Oliveira. Íamos aos pontos de medição de nível, ou vazão, ou de qualidade da água, e lá ficávamos por 6 ou 8 horas tomando notas, observando os fenômenos, instalando e operando equipamentos. Foram momentos de muito aprendizado que revelar-se-iam muito úteis nos anos seguintes.

Em 1993, finda a graduação, iniciei meus estudos de mestrado no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na cidade de Porto Alegre. Minha dissertação de mestrado, finalizada em abril de 1996, tratou de aspectos da drenagem urbana. O ilustre professor Carlos Eduardo Morelli Tucci, ao qual devo muito de minha formação, foi meu orientador. Neste período contei com o suporte financeiro do CNPq.

Em dezembro de 1996, fui nomeado para a posição de professor efetivo da Universidade Federal de Alagoas. Neste início, lecionei as disciplinas de hidráulica e hidrologia. Em agosto de 1998, iniciei meus estudos de doutoramento também no IPH. Desta vez, fui orientado pelo ilustre professor Antônio Eduardo Leão Lanna, com tese

tratando das tarifas para o setor de saneamento. O professor Lanna ainda é meu mestre.

Recebi uma bolsa de estudo (CAPES) para fazer um *doutorado-sandwich* na Colorado State University (CSU), na cidade de Fort Collins (EUA), sob a coordenação do ilustre professor Neil Grigg. Por lá fiquei 8 meses. Aprendi também um pouco sobre os rigores do inverno na face leste das Montanhas Rochosas: céu azul anil, termômetro de 18 graus Celsius negativos. De volta ao Brasil, finalizei meu doutorado em agosto de 2001.

Fui submetido a uma cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior do joelho direito tão logo o doutorado foi concluído. A convalescência não foi fácil, nem curta. Contei com a competente assistência do médico ortopedista Paulo Rabello, nas dependências do Hospital Moinhos de Ventos, na cidade de Porto Alegre. Retornei aos trabalhos na UFAL no início do ano de 2002.

Em dezembro de 2002, tomei posse como membro do comitê de bacia hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF). Houve uma cerimônia no Palácio do Planalto e outra na Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), no Distrito Federal. O professor Jerson Kelman presidia a Agência Nacional de Águas (ANA) e o sociólogo Fernando Henrique Cardoso era o presidente do Brasil. Ambos conduziram a cerimônia no Palácio do Planalto. Cumpri a missão junto ao comitê conhecendo todos os trechos do rio São Francisco, seus problemas, suas belezas e a fartura que o rio proporcionava. Tudo que eu aprendi eu levei para as minhas aulas.

Em dezembro de 2002, fiz parte da comissão organizadora que realizou o VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, na cidade de Maceió, promovido pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Na ABRH fiz muitos amigos e vivi os melhores congressos e simpósios. Em novembro de 2011, mostrando a consolidação do grupo de recursos hídricos da Universidade Federal de Alagoas, realizamos o XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, onde fui o presidente da comissão técnico-científica.

Em meados de 2003, fui à cidade de Salvador para uma reunião do comitê do rio São Francisco. Em uma reunião de poucas pessoas, chamou-me a atenção uma jovem profissional do direito. Voltei a encontrá-la em outra reunião do comitê na cidade de Penedo, no final do mesmo ano. Casamo-nos em agosto de 2004. Hoje, após 14 anos, Mayumi Gravina Ogata e nossos filhos Leonardo e Tiago são parte da minha existência.

No período de 2003 a 2006, participei de um projeto de eficiência para a redução do consumo de água para a indústria sucro-energética do grupo Coruripe. Tratou-se de um estudo financiado pela FINEP, tendo apoio incondicional do Diretor do Grupo Coruripe Márcio Paiva e a coordenação dos trabalhos realizada pelas professoras Ana Maria Queijeiro, Nélia Henriques Callado e pelo consultor Alex Gama de Santana. Os fluxos de água e sua qualidade nos processos de produção foram monitorados. O resultado trouxe ganhos operacionais reais para a indústria. Foi um trabalho “mão na massa”. Recolhíamos amostras, usávamos medidores ultra-sônicos para medição das vazões nas tubulações, nas colunas barométricas, na mesa de lavagem, na torre de destilação, também medíamos vazões no rio com uso de molinete fluviométrico. Chegávamos em casa bronzeados, enlameados e satisfeitos pelo aprendizado. O aprendizado com o professor Arno Oliveira foi muito útil. A convite, realizamos os mesmos estudos nas unidades Campo Florido e Iturama do Grupo Coruripe em Minas Gerais.

Em dezembro de 2004, a convite da Magnífica Reitora Ana Dayse Dória assumi a função de Coordenador de Pós-Graduação da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPEP) da UFAL. Minha missão por lá durou até 2006. Durante este período, os colegas professores do CTEC preparavam o projeto para criar o nosso programa de mestrado. Trouxemos para uma reunião de trabalho o Professor José Nilson Campos (UFC), que muito nos ajudou com reflexões e propostas. No ano 2015, depois de muito trabalho coletivo dos(as) professores(as) Márcio Barboza, Ivete Vasconcelos, Nélia Callado, Cleuda Custódio, Rosângela Sampaio, Roberaldo Carvalho, Vladimir Caramori, Selêude Nóbrega e Christiano Cantarelli, foi criado o Programa de Pós-Graduação de Recursos e Saneamento (PPGRHS). Nesta mesma linha de esforço, ainda no ano de 2015, o mesmo grupo de professores conseguiu

autorização do Conselho Universitária e comemorou o início das aulas do curso de graduação em Engenharia Ambiental.

Em 2006, após sentir que hora de enfrentar novos desafios e ampliar horizontes, voltei aos Estados Unidos. Desta vez para um estágio pós-doutoral na University of California, na cidade de Davis, com apoio do CNPq. Foi meu supervisor o ilustre professor Jay Lund. O trabalho versou sobre os aspectos operacionais do Canal do Sertão Alagoano, à época ainda em obras. Visitei as principais “*milestones*” do Central Valley Project (CVP) e do State Water Project (SWP), os maiores projetos de infraestrutura hídrica do mundo, excetuando os da China. Retornei ao Brasil em agosto de 2007.

De 2007 até 2011, mantive uma cooperação científica com a Usina Santo Antônio, a convite do Diretor Industrial Luís Ernesto Maranhão e do Superintendente Industrial Meroveu Silva Costa Júnior. No período aprendi muito com estes dois ilustres engenheiros sobre a relação entre a água e uma indústria que produz açúcar, álcool e bioenergia. Sou muito grato aos dois pela experiência adquirida. Um fato inesquecível foi subir duas vezes o rio Santo Antônio desde o mar até a Usina. Em uma pequena canoa, por 6 horas, monitoramos vazões, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio, tudo registrado com GPS, fotos e vídeos.

Estas duas experiências revelar-se-iam muito úteis quando, em 2018, fui convidado para escrever um texto sobre a relação entre água e a indústria para a Confederação Nacional da Indústria (CNI), sob os cuidados do colega Percy Soares - Coordenador nacional da rede de recursos hídricos da CNI. Parte do texto ainda inédito feito para a CNI, conforme permissão dada, está contido nesta tese. Registro aqui meu profundo agradecimento à permissão.

Entre 2008 e 2010, exerci, uma após a outra, as funções de coordenador do Programa de pós-graduação de recursos hídricos e saneamento (PPGRHS) e de Vice-Diretor da Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia. Sem perceber, sem planejar, abri uma porta que me levaria a exercer cargos na gestão pública universitária.

Em março de 2010, tornei-me diretor da Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia (CTEC). Em 2011, fui convidado para ser Pró-Reitor de Gestão Institucional da UFAL, por deferência do magnífico Reitor Eurico Lobo. Exerci a função de dezembro de 2011 até agosto de 2014. Foi um período de muito aprendizado e ampliação de horizontes. Fazer parte do Fórum Nacional dos Pró-Reitores de Planejamento e Administração (FORPLAD), frequentar as reuniões da Associação dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino (ANDIFES), responder aos questionamentos da Controladoria Geral da União (CGU) e conhecer os profissionais que lidavam com os destinos da Secretaria de Ensino Superior do Ministério da Educação foram experiências enriquecedoras. As universidades viviam a consolidação do proeminente programa REUNI (Reestruturação e Expansão das Universidades Federais). Por meio deste programa a UFAL dobrou o número de alunos de graduação e se fez presente com infraestrutura em sete cidades, até então restrita a ter prédios próprios na capital do Estado.

Mesmo vivendo um ambiente de muito aprendizado, percebi que era hora de voltar ao tema e à minha carreira profissional na gestão dos recursos hídricos. Afinal, já eram 6 anos dedicado, em vários níveis, à gestão universitária. Em agosto de 2014, tendo solicitado dispensa da elevada missão ao Magnífico Reitor, retornei à University of Califórnia, Campus Davis, para um segundo estágio pós-doutoral, no âmbito do ambicioso programa **Ciências Sem Fronteiras** (CNPq). Desta vez, o tema central de meus estudos foi a tarifa da água para o Canal do Sertão Alagoano. Regressamos, eu e a família, ao Brasil em agosto de 2015.

Na minha chegada, o secretário de Estado Sr. Alexandre Ayres fez-me um irrecusável convite. Assim, desde o regresso, auxilio a Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SEMARH) do Governo de Alagoas nas questões ligadas à gestão da água no Canal do Sertão Alagoano. Esta magnífica obra já atende a mais de 120 mil pessoas ao longo de 110 km. Este auxilio é possível por uma triangulação institucional entre a Universidade, a SEMARH e Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL).

Entre outras ações marcantes sobre Canal do Sertão Alagoano, participei como palestrante em 10 audiências públicas em 10 municípios do sertão alagoano.

Somados, estes momentos reuniram mais de 2.100 pessoas, entre interessados e usuários das águas do Canal. Foram momentos de muito aprendizado.

Também cabe o registro das dezenas de reuniões com o Ministério Público Estadual (MPE) e com o Tribunal de Contas da União (TCU) sempre tratando do uso das águas do canal. Para melhor atender estes desafios, foi criado o Grupo de Trabalho (GT) Gestor do Canal do Sertão Alagoano, o qual coordeno desde sua criação, em janeiro de 2016. Ao fim, já em maio de 2018, consolidando a gestão participativa foi criada a Associação de Usuários da Água do Canal do Sertão Alagoano.

Fruto deste trabalho tive a satisfação de receber, em março de 2017, a Comenda Guardiã das Águas, honraria criada pelo Governo de Alagoas para agraciar pessoas que contribuíram na ação pelo uso racional da água e pela preservação e conservação dos recursos hídricos no Estado de Alagoas.

Por ter estudado técnicas de gestão de conflitos para cumprir a missão em minha fase de Pró-Reitor, decidi escrever um livro que aglutinaria esta habilidade com minha formação natural na gestão dos recursos hídricos. Em março de 2017, o livro foi financiado, editado e lançado pela ArcelorMittal Tubarão, que muito me honrou com o apoio. A versão digital do livro intitulado “Solução de Conflitos pelo uso da água” está disponível no site desta companhia global da produção do aço. O gerente de meio ambiente da ArcelorMittal Tubarão, engenheiro João Bosco da Silva, é o responsável por esta parceria. Sou grato sem medida a esta oportunidade. Esta parceria decorreu da assessoria técnico-científica que tenho prestado à ArcelorMittal no triênio 2016-2018, momento em que eles vivenciaram uma severa crise hídrica na região metropolitana de Vitória, com real impacto na operação da maior planta de produção de aços longos do Brasil.

Motivado com o livro, realizamos 6 edições do curso presencial intitulado “Gestão de conflitos pelo uso da água”. Ao todo, interagimos com 230 pessoas nas cidades de São Paulo, Vitória, Salvador, Belo Horizonte e Maceió. Nestes cursos capacitamos funcionários da COCA-COLA, BRASKEM, SUZANO PAPEL E CELULOSE, FORD, NESTLÉ, ARCELORMITTAL, ABQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química),

CNI, Usina Coruripe, VALE, Ministério Público dos Estados da Bahia, Alagoas e Espírito Santo, Comitê do rio São Francisco (CBHSF), FIEMG, DNOCS e FINDES.

Em dezembro 2018, completarei 22 anos de docência na Universidade Federal de Alagoas. Comecei com as disciplinas Hidráulica e Hidrologia. Com o passar dos anos fui responsável por 12 diferentes disciplinas na graduação e na pós-graduação. São elas: Hidráulica, Hidrologia, Mecânica dos fluidos, Transferência de calor, Gestão de recursos hídricos, Introdução à economia para engenheiros, Administração, Empreendedorismo, Gestão Ambiental, Regulação dos serviços de saneamento, Estatística e Economia dos recursos hídricos (para a pós-graduação).

Nesta caminhada ganhei dezenas de amigos e amigas. A eles e elas devo grande parte dos resultados alcançados e dos bons momentos vividos. Entre os que caminham ao meu lado todos os dias estão: Roberaldo Carvalho, Eduardo Setton, Rosângela Sampaio, Vladimir Caramori, Jaildo Pereira, Carlos Ruberto, Alex Gama, Flávio Barbosa, Gustavo Carvalho, Luís Gustavo Reis, Cleuda Custódio, João Barbirato, Karina Salomon, Christiano Cantarelli, Seleude Nóbrega, Henrique Lima, Márcio Barbosa, Ivete Lopes, Amaro Monteiro, Eduardo Nobre, Altamirano Lordello, Fernando Fernandes, Luciano Barbosa e Roberto Barbosa.

Não podia esquecer o apoio do Anivaldo Miranda, presidente atual do comitê de bacia hidrográfica do rio São Francisco. Auxiliando o CBSHF, no triênio 2015-2018, tenho participado de três Grupos de Trabalho (GT). O primeiro trata da gestão da escassez hídrica no rio São Francisco, com reuniões semanais com vários interessados no tema. O segundo GT trata da operação do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), com direito a uma vaga no comitê gestor do PISF. O terceiro GT funcionou por 2 anos e definiu uma regra operativa para a infraestrutura hídrica do rio São Francisco. Meus melhores momentos na gestão das águas foram nesta escola que é o comitê do rio São Francisco (CBHSF).

Aliás, agradeço ao CBHSF e a Agência Peixe Vivo a autorização de usar nesta tese um trecho de estudo inédito que realizei sobre a operação do sistema de infraestrutura hídrica do rio São Francisco.

Uma palavra especial deve ser escrita ao meu amigo Eduardo Setton que, nos anos recentes, tornou-se meu competéssimo assessor para temas tão diversos quanto inovação, tecnologia, mídias sociais, modelos de negócios, administração e gestão de carreiras. Sem o Eduardo Setton a caminhada teria menor amplitude.

Ao mesmo tempo que o texto tem um foco pragmático e claro, também tem um quê de idiossincrasia: sinto que me encontro naquela quadra da vida onde preciso decidir sobre que ambições acadêmicas e profissionais serão perseguidas e quais serão esquecidas. Este texto é um esforço para abrir portas e ampliar horizontes para a segunda metade de minha caminhada profissional. Mas, principalmente, que o conteúdo seja útil a todos que buscam acumular conhecimento na seara da gestão dos recursos hídricos. Esta tese deve ser vista como uma retribuição aos anos de formação financiados pelas instituições públicas brasileiras. Além disto, também deve ser vista como mais um esforço para popularizar os conceitos, nuances, números e desafios da crise hídrica.

Busquei escrever o conteúdo em uma linguagem de fácil leitura, sem perder o rigor dos conceitos dos textos acadêmicos. A ideia foi alcançar um público além das fronteiras das universidades. Aposto que há uma fatia da população desejosa de conhecer mais detalhes e novidades sobre os desafios e atualidades do tema água, de forma refletir, opinar e contribuir sobre assunto tão importante.

Encontrei esse formato nos livros do professor Neill Ferguson (*Harvard University*), editados pela Editora Planeta. São eles: i) A ascensão do dinheiro- a história financeira do mundo; ii) O horror da Guerra – uma provocativa análise da primeira guerra mundial; iii) O Colosso - A ascensão e queda do império americano-; iv) Civilização: Oriente X Ocidente. Apreciei sobremaneira a forma como este eminente historiador econômico, tratando de tema tão complexo, e às vezes tão árido, com uma quantidade imensa de informações numéricas e fatos históricos, conseguiu escrever de forma tão agradável tornando seus livros *best-sellers*.

Na seara dos recursos hídricos, neste mesmo formato, citaria dois livros. O *Cadillac Desert* do autor Marc Reisner, que aborda os fatos e desafios da água no oeste americano. Este livro é lembrado com um dos mais influentes e comentados sobre o

tema da água naquele país. O segundo livro é o *Envisioning futures for the Sacramento-San Joaquin Delta*, de autoria de seis professores da University of California-Campus Davis, cujo conteúdo ajudou a popularizar a reflexão sobre um dos maiores desafios dos ambientais do EUA: a gestão da água na Califórnia e suas relações com a sustentabilidade do maior delta do Oceano Pacífico no continente americano. Em minha temporada na Califórnia, eu tive o prazer de conhecer tão seletivo grupo de pesquisadores.

Em sintonia com outras inovações editoriais, o texto contém cores e infográficos. Esse padrão eu encontrei nos livros recentes lançados por grandes editoras, em alguns dos “*Journals*” de recursos hídricos, bem como nos relatórios do World Bank, da Agência Nacional de Águas (ANA), do Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (PNUD), do World Resources Institute, do Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE), do Public Policy Institute of California (PPIC) e do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF).

Confesso, com satisfação, que julguei o momento da promoção para a classe de professor titular como mais que oportuno para que uma seletíssima comissão de professores titulares, com seus comentários e sugestões, auxiliasse-me na forma final deste texto. A leitura, a análise, as sugestões de correções, exclusões e inclusões não poderiam ser mais qualificadas.

**Valmir Pedrosa**

Maceió, junho de 2018