

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE 20150002/CEL 04/SRH/CE  
SOLICITAÇÃO DE PROPOSTAS (SDP) Nº 01  
PROCESSO – VIPROC Nº 0777305/2016

CONTRATO Nº 02/PFORR/SRH/CE/2016



**EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS  
INSTRUMENTOS DE GESTÃO COM FOCO NA OUTORGA,  
COBRANÇA E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS  
HÍDRICOS NO CEARÁ**

**RELATÓRIO 16 - CONSOLIDAÇÃO DA  
ETAPA II - ESTUDOS DE VIABILIDADE: COBRANÇA**



ABRIL/2018



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**

**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**CONTRATO 02/PFORR/SRH/CE/2016**

**EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS  
INSTRUMENTOS DE GESTÃO COM FOCO NA OUTORGA,  
COBRANÇA E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS  
HÍDRICOS NO CEARÁ**

**FASE II - CONCEPÇÃO DA ESTRATÉGIA DE INTEGRAÇÃO  
DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO: OUTORGA,  
COBRANÇA E FISCALIZAÇÃO**

**RELATÓRIO 16 – CONSOLIDAÇÃO DA ETAPA II - ESTUDOS  
DE VIABILIDADE: COBRANÇA**

**ABRIL/2018**



## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste na consolidação de cinco relatórios avaliados por uma equipe de examinadores designados pela Secretaria de Recursos Hídricos do estado do Ceará-SRH composta por representante desta e de sua vinculada, Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará-COGERH. Os ajustes solicitados pelos examinadores em cada um dos relatórios foram incorporados neste documento designado de Relatório de Consolidação da Etapa II – Estudo de Viabilidade: Cobrança, consoante a Solicitação de Propostas (SDP) Nº 01 que resultou no Contrato 02/PFORR/SRH/CE/2016 firmado entre a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará e a IBI Engenharia Consultiva S/S.

Os produtos apresentados neste documento, em forma de relatórios técnicos das atividades desenvolvidas, são os seguintes:

- Relatório I - Sistema de cobrança em função da garantia de uso (Relatório 11 - Sistema de cobrança em função da garantia de uso);
- Relatório II - Seguro para atividade agrícola (Relatório 12 – Seguro para atividades agrícolas);
- Relatório III- Mecanismo de compensação financeira (Relatório 13 - Mecanismos de compensação financeira).
- Relatório IV – Fundo de reserva para Eventos Extremos (Relatório 14 – Fundo de reserva para eventos extremos);
- Relatório V – Proposição de novas categorias tarifárias (Relatório 15 – Proposição de novas categorias tarifárias).



## ÍNDICE

## ÍNDICE

<b>1 - SISTEMA DE COBRANÇA EM FUNÇÃO DA GARANTIA DE USO .....</b>	<b>9</b>
1.1 - INTRODUÇÃO .....	9
1.2 - ALOCAÇÃO DE ÁGUA.....	10
1.3 - MECANISMOS DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA .....	10
1.4 - OBJETIVOS GLOBAIS DA ALOCAÇÃO .....	12
1.4.1 - Eficiência Econômica .....	13
1.4.2 - Equidade .....	14
1.4.3 - Sustentabilidade .....	16
1.5 - MODELO DE ALOCAÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ .....	18
1.5.1 - Outorga de uso da água .....	18
1.5.2 - Alocação negociada.....	19
1.6 - DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ATUAL.....	20
1.7 - PROPOSTA.....	22
1.7.1 - Estratégia geral.....	22
1.7.2 - Metodologia de implementação .....	23
1.8 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA METODOLOGIA .....	28
1.9 - AJUSTES NA LEI .....	29
1.10 - PROPOSTAS E CENÁRIOS DE APLICAÇÃO.....	32
1.11 - DEFINIÇÃO DE REGRA DE OPERAÇÃO COM BASE NO ZONEAMENTO DO RESERVATÓRIO .....	32
1.11.1 - Definição dos níveis metas e regra de operação .....	32
1.11.2 - Avaliação do impacto da regra.....	40
<b>2 - SEGURO PARA ATIVIDADE AGRÍCOLA .....</b>	<b>50</b>
2.1 - INTRODUÇÃO .....	50
2.2 - RISCO CLIMÁTICO E AGRICULTURA NO ESTADO DO CEARÁ .....	51
2.3 - MECANISMOS FINANCEIROS.....	54
2.3.1 - Seguros Tradicionais .....	55
2.3.2 - Seguros Indexados .....	58
2.3.3 - Derivativos Climáticos.....	60
2.4 - PROPOSTA.....	65
2.4.1 - Agentes Envolvidos.....	65
2.4.2 - Designe do Seguro .....	66
2.4.3 - Indenização.....	72
2.4.4 - Concepção do Prêmio.....	73
2.4.5 - Procedimentos para Implantação .....	73
2.4.6 - Formas de contingenciamento e fiscalização dos recursos envolvidos. ...	76
<b>3 - MECANISMO DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA .....</b>	<b>79</b>

3.1 - INTRODUÇÃO .....	79
3.2 - GESTÃO DE RISCO .....	80
3.2.1 - O risco e o seu gerenciamento .....	80
3.2.2 - Gestão de risco de seca .....	84
3.3 - PROPOSTA.....	86
3.3.1 - Gatilhos e Estimativa do valor.....	86
3.3.2 - Ajustes no modelo atual.....	90
3.4 - ESTRUTURA ADMINISTRATIVA.....	90
3.5 - FORMAS DE CONTINGENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS.....	91
3.6 - PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO.....	91
3.7 - APLICAÇÃO DE UM MODELO DE COMPENSAÇÃO .....	92
3.7.1 - Alocação de água .....	93
3.7.2 - Mecanismo de Compensação Financeira .....	98
3.7.3 - Resultados .....	101
<b>4 - FUNDO DE RESERVAS PARA EVENTOS EXTREMOS.....</b>	<b>113</b>
4.1 - INTRODUÇÃO .....	113
4.2 - FUNDO FINANCEIRO.....	114
4.3 - TIPOS DE RISCO .....	119
4.4 - PROPOSTA.....	121
4.5 - CONSIDERAÇÕES .....	123
<b>5 - PROPOSIÇÃO DE NOVAS CATEGORIAS TARIFÁRIAS .....</b>	<b>125</b>
5.1 - BASES CONCEITUAIS PARA A COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA .....	125
5.1.1 - Usos e Preços da água.....	125
5.1.2 - Fatores Determinantes da Cobrança .....	126
5.1.3 - Referências para a Cobrança .....	128
5.2 - MECANISMOS DE COBRANÇA EXISTENTES.....	130
5.2.1 - Estrutura Básica.....	130
5.2.2 - Base de Cálculo.....	130
5.2.3 - Preço Unitário .....	131
5.2.4 - Coeficientes .....	134
5.3 - IMPACTOS ECONÔMICOS DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA .....	136
5.4 - PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ESTABELECIMENTO DE NOVAS CATEGORIAS TARIFÁRIAS .....	137
5.4.1 - Usos da água .....	140
5.4.2 - Bases Teóricas para Estabelecimento de Novas Categorias Tarifárias	141
5.4.3 - Bases Teóricas para Estabelecimento de Novas Categorias Tarifárias de usos não consuntivos.....	150
5.4.4 - Viabilidade de Criação de Novas Categorias Tarifárias .....	161
5.4.5 - Proposta de uma nova categorização tarifária incorporando usuários não consuntivos com base no volume outorgado .....	168



5.4.6 - Conclusões e Recomendações .....	174
<b>6 - CONCLUSÃO .....</b>	<b>179</b>
<b>7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>184</b>



## **1 - SISTEMA DE COBRANÇA EM FUNÇÃO DA GARANTIA DE USO**

## 1 - SISTEMA DE COBRANÇA EM FUNÇÃO DA GARANTIA DE USO

### 1.1 - INTRODUÇÃO

Em ambiente de múltiplos usos, o bom conhecimento das necessidades dos diversos usuários e das disponibilidades hídricas é fundamental para uma boa gestão. Entretanto, as incertezas hidrológicas, as variações das demandas e o grande número de variáveis representativas dos processos físicos, químicos e biológicos, conferem elevado nível de complexidade à análise dos sistemas de recursos hídricos (CARVALHO, 2008).

A tomada de decisão é um processo não sistemático, uma vez que tipicamente se baseia em experiência pessoal sem o uso de modelos explícitos (RUS et al., 2002). Desta forma, a alocação de água passa a ser um grande desafio para os gestores.

No estado do Ceará, este processo se configura sob duas formas, são elas: a alocação de curto prazo e a alocação de longo prazo, realizada por meio da outorga de direito de uso.

A outorga de direito de uso não é um instrumento de fácil implantação e administração. Sua complexidade advém, de um lado, da própria natureza dos recursos hídricos e do ambiente de incerteza na qual ela está inserida (Azevedo, 2003). Nesse contexto, o uso de alternativas que permitam ao órgão gestor uma maior flexibilidade na análise da alocação de água e dos impactos de um eventual racionamento ou déficit faz-se necessário.

O modelo cearense também possui instrumento de incentivo econômico, a cobrança. Contudo, a alocação negociada, a outorga de uso e a cobrança não estão potencialmente articulados.

Desta forma, este relatório descreve sobre uma alternativa de ajuste no processo de alocação de água denotada de sistema de cobrança em função da garantia de uso. Na descrição foi detalhada a metodologia de implementação do novo sistema abordando a delimitação da área irrigada mínima por unidade usuária para as culturas ligadas à subsistência que deverão ter a garantia de uso preservada durante períodos de

escassez, além de apresentar quais as implicações e necessidades de adaptação nos outros instrumentos de gestão, sobretudo na outorga de uso da água.

Foram expostas as vantagens da adoção da nova metodologia em comparação com o modelo atual e apresentados cenários de aplicação. Além disso, foram descritos os ajustes necessários ao arcabouço legal para implantação da proposta e uma minuta do texto para revisão legal.

## 1.2 - ALOCAÇÃO DE ÁGUA

A alocação de água configura-se como uma tomada de decisão no gerenciamento de recursos hídricos e se refere às regras e aos procedimentos por meio dos quais a distribuição da água é decidida para uso individual ou coletivo, em relação à sua disponibilidade (ROA-GARCÍA, 2014). É um processo que, em muitas vezes, tende a ser marcado por conflitos em virtude da escassez do próprio recurso (em termos de quantidade, qualidade, tempo de disponibilidade ou confiabilidade), que gera, muitas vezes, o desequilíbrio entre a oferta e a demanda.

Ela pode ocorrer de quatro formas: i) alocação entre usos ou intersetorial; ii) entre usuários ou intrasetorial; iii) intertemporal que estabelece a relação entre a alocação de curto prazo (enquanto a oferta é fixa) com o futuro próximo (intersazonal ou interanual) e deste com o futuro mais longínquo; iv) a alocação inter-regional ou interespaçial (SOUZA FILHO, 2005).

## 1.3 - MECANISMOS DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA

Basicamente, a alocação de água pode ser realizada por meio de quatro mecanismos: i) mecanismo administrativo; ii) preço baseado no custo marginal; iii) mercado da água e iv) conferência de consenso (DINNAR, 1997).

No mecanismo administrativo, o Poder Público é o responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos, definindo os volumes a serem utilizados, assim como sua distribuição entre os usuários do sistema. Esse é o mecanismo mais praticado ao longo dos anos em diversos países devido às características especiais da água que levam a falhas de mercado (WORLD BANK, 1993). Tem como fundamento o mecanismo de

comando-e-controle que tem, como base, a distribuição de cotas do bem para os usuários, estabelecendo um sistema de direitos de uso.

No Brasil, a outorga de uso da água é o mecanismo administrativo que garante o direito de uso da água, por um prazo determinado, nas condições expressas pela Política Nacional dos Recursos Hídricos. Conforme o Artigo 11 da Lei 9.433 de 1997, “o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”. Desse modo, a outorga é uma autorização de uso pelo qual o Poder Público atribui a utilização exclusiva de um bem de seu domínio a um particular, para que o explore segundo sua destinação específica (AQUINO *et al.*, 2013).

Conforme Dinnar (1997), o mecanismo do preço baseado no custo marginal da última unidade de água suprida pressupõe que o preço e o custo marginal sejam iguais. Com isso, a alocação é economicamente eficiente evitando a tendência de subvalorização dos recursos. Considerando que o custo marginal variará com o tempo de avaliação e com a demanda, sua aplicação torna-se difícil.

Os mercados de água fazem parte de uma mudança de paradigma das políticas de água de muitos locais no Chile e nos Estados Unidos. A sua implementação tem sido promovida por importantes organizações internacionais como a Organizações das Nações Unidas, o Banco Mundial e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (LE QUESNE *et al.*, 2007).

A alocação via mercado tem por objetivo realocar água de usuários com menor capacidade de pagamento para usuários com maior capacidade de pagamento por curtos períodos, em anos de escassez, ou por longo prazo. Algumas vezes, o mercado requer intervenção ou controle estatal a fim de criar condições satisfatórias à sua ocorrência (DINNAR, 1997).

De acordo com Le Quesne *et al.* (2007), há uma grande variedade de mercados de água. Dentre eles, têm-se os mercados de água abertos e os mercados locais:

Mercados de água abertos – Nele, os direitos de água são negociados em um mercado livre, em geral, sem interferência ou controle administrativo; Eles se aproximam da

venda de outros produtos e serviços na economia de mercado como, por exemplo, a venda de terras;

Mercados locais – São utilizados para negociar a água temporariamente, sendo importantes para permitir a flexibilidade nos sistemas de recursos hídricos. Esse é o tipo mais comum de mercado de água.

A conferência de consensos consiste na negociação política do uso da água entre a sociedade civil, usuários e poder público. Esse mecanismo incorpora dois conceitos base: i) a arbitragem de conflito como forma de integração social e ii) a ampliação da democracia no interior da sociedade, como forma de gerenciamento de conflitos. Esses dois conceitos são a base sociológica que legitima esse mecanismo de alocação de recursos (DINNAR, 1997).

Na literatura, existem outras categorizações de mecanismos de alocação. Por exemplo, Sales (1999) enuncia três tipos racionais de modelos de alocação de água: centralismo administrativo, mercado de água e alocação via negociação. O fundamental é que os tomadores de decisão, além de terem acesso aos diversos mecanismos existentes, possam adaptá-los à realidade de cada local e aos objetivos da política de recursos hídricos desenvolvida nele.

#### 1.4 - OBJETIVOS GLOBAIS DA ALOCAÇÃO

No contexto da economia da alocação de água, um conceito relevante é o de escassez de água, isto é, quando a demanda excede a oferta hídrica. Isto porque quando a água é um recurso escasso, ela deve ser gerida e distribuída de forma eficiente, no sentido econômico. Para Moraes *et al.* (2009), além de uma alocação de água eficiente, é necessário distribuir o bem-estar entre todos os indivíduos e assegurar a sustentabilidade do recurso.

Dessa forma, a alocação de água deve ser realizada para cumprir alguns objetivos globais que podem ou não estar explícitos na legislação. Esses objetivos, que giram em torno dos pilares do desenvolvimento sustentável (LAYRARGUES, 1997), são: eficiência econômica, equidade e sustentabilidade.

#### 1.4.1 - Eficiência Econômica

A eficiência econômica pode ser dividida em dois componentes: eficiência produtiva e eficiência alocativa. O primeiro componente envolve a organização da produção para obter seu valor máximo com todos os recursos disponíveis (HALL; LIEBERMAN, 2003). A eficiência alocativa, foco desta seção, explora todas as possibilidades de ganhos entre agentes sociais e econômicos por intermédio de trocas de bens e serviços.

Uma alocação economicamente eficiente da água é desejável na medida em que maximiza o bem-estar que a sociedade obtém dos recursos hídricos disponíveis. Bem-estar, nesse contexto, refere-se ao bem-estar econômico da sociedade e é determinado pelo bem-estar agregado dos usuários de água (FAO, 2004).

Um critério utilizado na economia para julgar se a alocação do recurso é ou não eficiente é o Ótimo de Pareto. Ele foi originalmente concebido como um critério de avaliação do bem-estar social. A aplicação do seu conceito inaugurou uma nova linha de pensamento e desencadeou importantes mudanças no estudo da economia. Ele enuncia que o bem-estar máximo de uma sociedade é alcançado quando não existir outro estado, tal que seja possível aumentar o bem-estar de um indivíduo sem diminuir o bem-estar de outro (GARCIA, 1996). Ou seja, a alocação eficiente será aquela quando não existir mais trocas que possam aumentar o ganho de utilidade de um usuário sem diminuir a utilidade do outro (PINDYCK e RUBINFELD, 2005).

Ao longo dos anos, o conceito de Ótimo de Pareto foi ampliado, mudando sua perspectiva de análise e passou a ser denominado de "Pareto Potencial" ou critério de Kaldor-Hicks. Esse critério diz que uma mudança na alocação é considerada desejável se aqueles indivíduos que ganham com a mudança puderem compensar aqueles que perdem e ainda ser melhor do que eram anteriormente (FAO, 2004).

O critério de Kaldor-Hicks, diferentemente do "ótimo de Pareto", possibilita a existência de prejudicados, contudo é imprescindível que os ganhos sejam maiores que as perdas e aqueles "perdedores" tenham a possibilidade de serem compensados suficientemente pelas perdas, mesmo que efetivamente não o sejam (POMPEU, 2013). Assim, esse critério aumenta a utilidade prática do conceito de eficiência de Pareto, viabilizando a sua aplicação ao caso concreto com o uso do princípio da compensação.

Outro critério de eficiência econômica é a Melhoria de Marshall. Essa melhoria ocorre quando o valor líquido do benefício da mudança é positivo, isto é, o valor ganho com a troca é maior que o valor perdido na mesma.

Para Johanson *et al.* (2002), a alocação eficiente de recursos hídricos é a que maximiza o benefício social líquido usando as tecnologias e o suprimento de água existentes. Em curto prazo, a alocação eficiente maximiza benefícios líquidos sobre custos variáveis e resulta na equalização do benefício marginal para o uso dos recursos entre os setores de forma a maximizar o bem-estar social,

Porém, apesar de a eficiência econômica ser um fator importante, há outros critérios que os tomadores de decisão também precisam considerar tais como, a distribuição de custos e benefícios em toda a sociedade (equidade) e a sustentabilidade.

#### **1.4.2 - Equidade**

A equidade trata como a riqueza é distribuída na sociedade ou, mais especificamente, como se dá uma alocação justa entre os diferenciados setores usuários.

Na alocação de recursos escassos, duas teorias da justiça oferecem perspectivas úteis, são elas: a justiça distributiva e a justiça processual. A primeira tem por objetivo responder à questão de como a sociedade ou um grupo poderia alocar recursos escassos ou produtos entre indivíduos com necessidades ou reivindicações diferentes (SOUZA FILHO, 2005); a justiça processual aborda as regras de tomada de decisão utilizadas para determinar os resultados da distribuição (JOST; KAY, 2010).

A justiça distributiva para recursos prioritários, como a água, mostra que as sociedades priorizam alguns critérios de consideração da justiça, tais como a maximização da utilidade e a distribuição igualitária. Estes critérios foram desenvolvidos na Teoria da Justiça Utilitarista de Jeremy Bentham (1789) e na Teoria da Justiça de John Rawls (1971 e 2002).

Jeremy Bentham construiu o critério da Utilidade a partir da constatação de que as ações humanas são determinadas positivamente pela busca do prazer e negativamente pela fuga da dor. Além de considerar que o interesse comum é a soma dos anseios dos indivíduos que compõem o agrupamento social (ROSA, 2010).

Com isso, ele define que as escolhas sociais são construídas a partir de utilidades (felicidades e tristezas) individuais numa escala de utilidades sociais; construção realizada através da agregação dessas utilidades individuais. Esta agregação, por sua vez, pressupõe a comparação das utilidades (necessidades, gostos ou vontades) entre os indivíduos (SOUZA FILHO, 2005). Assim, a distribuição eticamente correta de recursos escassos para os utilitaristas é aquela que eleva ao máximo o grau de satisfação dos beneficiários.

Entretanto, com o surgimento da economia neoclássica, abandona-se a tentativa de medir diretamente o bem-estar social por meio da felicidade ou utilidade e adota-se o conceito de preferência. Nesse contexto, o critério de equidade é formulado como o critério de Kaldor-Hicks ou potencial de Pareto (descrito no item anterior). Com base nesse critério, para alcançar a equidade, deve-se adotar uma política que aumente o bem-estar dos beneficiados em um montante superior à perda dos prejudicados (MARTINEZ, 2009). Em um sistema econômico, o critério de eficiência de Marshall ou Kaldor-Hicks, pode ser igualmente definido com a maximização do benefício líquido.

John Rawls, em 1971, reuniu uma série de conceitos de várias origens, inclusive do utilitarismo, e lançou a Teoria da Justiça com Equidade. Segundo Oliveira e Alves (2010), essa teoria não propõe a eliminação das diferenças em uma sociedade injustamente desigual, mas apresenta-se como uma referência na busca de uma ordem social mais justa, ou seja, capaz de articular as diferenças, amenizar as desigualdades e priorizar os anseios dos menos favorecidos. Para Souza Filho (2005), a justiça de Rawls estabelece que possa haver desigualdades entre os agentes desde que a desigualdade na alocação sirva para melhorar as condições do setor mais desfavorecido pela mesma.

O autor supracitado postula que a justiça com equidade provém de um acordo celebrado por aqueles comprometidos com ela. Esse acordo deve ser válido do ponto de vista da justiça política. Essas condições devem situar, de modo equitativo, as pessoas e não deve permitir que alguns tenham posição de negociação mais vantajosa que a de outros.

Pode-se dizer que a teoria de Rawls concentra-se na busca de princípios de justiça aplicáveis aos membros de uma sociedade e suas principais instituições. Assim, por mais eficientes e organizadas que sejam as instituições sociais e suas normas, se estas não promovem ações justas nos relacionamentos entre esses membros, tais instituições e normas devem ser reformuladas ou, até mesmo, substituídas por outras que, de forma mais eficiente, busquem promover a justiça.

### 1.4.3 - Sustentabilidade

De acordo com Castello (2007), a noção mais remota de sustentabilidade é encontrada no contexto da exploração pesqueira. Nesse contexto, a sustentabilidade está associada ao objetivo maior da administração pesqueira, que é obter o rendimento máximo (ou captura máxima) sustentável. Esse rendimento consiste na quantidade máxima de capturas que se pode retirar de uma unidade populacional de peixes ao longo dos anos sem colocar em risco a sua capacidade de regeneração no futuro.

Como adjetivo de desenvolvimento, o conceito de sustentabilidade surgiu em face da percepção de uma crise ambiental global causada pelo incessante padrão de crescimento da produção e do consumo nos países ricos (NASCIMENTO, 2012).

Na dimensão política, três fatos marcaram e difundiram o termo sustentabilidade como adjetivo de desenvolvimento, são eles: a publicação do relatório *The Limits of Growth* pelo Clube de Roma em 1972, a Conferência de Estocolmo na Suécia em 1972 e a publicação do relatório de *Brundtland* pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD em 1987.

Entretanto, as bases para colocar em prática o conceito de desenvolvimento sustentável só foram apresentadas na Agenda 21<sup>1</sup>, documento aprovado na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD, ocorrida em 1992 no Rio de Janeiro. Essa agenda fez ressurgir, no plano internacional, a necessidade do planejamento estratégico, descentralizado e participativo, em oposição ao modelo de desenvolvimento econômico atual,

---

<sup>1</sup> A “Agenda 21” foi elaborada como um plano de ação estratégica para o desenvolvimento sustentável. Apresenta-se como um instrumento que visa a identificar atores, parceiros e metodologias para a obtenção de consensos e os mecanismos institucionais necessários para sua implementação e o seu monitoramento (DAMASCENO, 2009).

considerado injusto socialmente e perdulário do ponto de vista ambiental (MORAES, 2008).

Em recursos hídricos, o alcance da sustentabilidade exige que a água seja usada e alocada de forma que os sistemas hídricos se mantenham dentro de sua capacidade de regeneração, a fim de manter os ecossistemas e suas funções (ROA-GÁRCIA, 2014). Para isso, faz-se necessária a adoção de estratégias de conservação de água tendo em vista a garantia de atendimento das necessidades das gerações presentes, sem comprometer as gerações futuras. A conservação da água refere-se a todas as políticas e medidas de gestão ou práticas do usuário que visam a conservar e combater a degradação dos recursos hídricos. Assim, ela envolve, de forma integrada, gestão, tecnologia, educação e economia.

A sustentabilidade de um sistema pode ser medida por meio de indicadores os quais devem considerar a premissa segundo a qual cada sistema co-evolui de forma diferente dentro da relação Natureza-Sociedade. Hashimoto *et al.* (1982) propuseram que a sustentabilidade dos sistemas hídricos fosse avaliada em relação ao risco de colapso através de três indicadores: confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade.

O primeiro indicador mede a percentagem do tempo em que o sistema funciona sem falhas. A resiliência irá medir o tempo que um sistema irá se recuperar de uma falha, caso ela venha a ocorrer. Algumas implicações podem advir ao sistema caso ocorram falhas prolongadas com uma recuperação lenta, desejando-se que o sistema retorne a um estado satisfatório o mais rápido. Enquanto que a vulnerabilidade mede a severidade das falhas (déficit de atendimento a uma determinada demanda) a que o sistema está sujeito.

Nesse contexto, em síntese, a sustentabilidade hídrica remete à necessidade de uma governança<sup>2</sup> do recurso e de ações e/ou estratégias de gestão de risco.

---

<sup>2</sup> A governança (Dietz *et al.*, 2003; Folke *et al.*, 2005) refere-se ao contexto político e social, que são parte da gestão dos recursos naturais. Lebel *et al.* (2006) consideram a Participação e Deliberação como atributos relevantes para uma boa governança. A participação facilita a interação entre os agentes e a deliberação permite o intercâmbio de conhecimentos e informações sem a necessidade de atingir a um consenso.

## 1.5 - MODELO DE ALOCAÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ

A alocação da água no Estado do Ceará é realizada de duas formas: no longo prazo e no curto prazo (alocação de água sazonal e interanual). O mecanismo para alocação de longo prazo é do tipo comando controle (outorga de uso), enquanto que a alocação de curto prazo de caráter regional é definida pela Macro Alocação Negociada da Água. Os dois mecanismos estão descritos a seguir.

### 1.5.1 - Outorga de uso da água

A outorga é o mecanismo administrativo que garante o direito de uso da água, por um prazo determinado, nas condições expressas pela Política Nacional dos Recursos Hídricos. Conforme o Artigo 11 da Lei 9.433 de 1997, “*o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água*”. Deste modo, a outorga é uma concessão de uso, ou seja, um contrato administrativo pelo qual o Poder Público atribui a utilização exclusiva de um bem de seu domínio à particular, para que o explore segundo sua destinação específica (Aquino *et al.*, 2013).

Os procedimentos para emissão das outorgas de uso no Ceará consideram os seguintes critérios: (i) Uso insignificante:  $Q < 2.000$  l/h. (ii) Águas Superficiais: máxima outorgável: 9/10 da vazão de referência ou 1/3 no caso de lagoas; Águas Subterrâneas: máxima outorgável: vazão de referência. A máxima outorgável para Águas Superficiais é Q90 para rios perenizados, canais, lagos e lagoas. Já para as águas subterrâneas, adota-se a vazão de teste ou capacidade de recarga do aquífero (Azevedo, 2003, p. 486).

O volume máximo outorgável (vazão de referência) é definido pela Lei Estadual nº 14.844 de 28 de dezembro de 2010 (Ceará, 2010) e consiste em 90% da vazão com 90% de garantia. Observa-se que o volume alocável de longo prazo é uma função da garantia do suprimento desejado. Maiores garantias estão associadas a volumes menores.

A garantia ótima pode ser diferente para diferentes usos e diferentes usuários, por este motivo a garantia de 90% não é necessariamente o volume alocável que levará a máxima eficiência do sistema hídrico. A lei não especifica se esta garantia é de

frequência de falha anual ou mensal ou é a garantia volumétrica (razão entre volume ofertado e volume demandado).

O processo para a solicitação da outorga perpassa diversas instâncias internas da Secretária de Recursos Hídricos - SRH e da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH. Conceitualmente, apenas usuários que possuem outorga de uso poderão estar submetidos à cobrança de uso da água. A COGERH atualmente utiliza contrato de uso como instrumento adicional à outorga. Este contrato define uma relação bilateral entre o usuário e a agência (COGERH) e não têm sua institucionalização bem definida no arcabouço do sistema jurídico-institucional do sistema, tendo implicações que necessitam ainda ser avaliadas, assim como sua legalidade no atual sistema.

### **1.5.2 - Alocação negociada**

A alocação negociada de água apoia-se na participação de diversos usuários, sociedade civil, poder público congregados nos comitês de bacias, bem como na existência das comissões gestoras e em alguns casos das comissões de usuários, com a interveniência do estado através da realização de mobilizações sociais, elaboração de estudos técnicos que definem os cenários das bacias e regiões hidrográficas.

Nos eventos de alocação, negociada o ano é dividido em dois períodos: época de chuva e a certeza da seca. No mês de junho, os estoques de água dos reservatórios já estão definidos e a alocação é realizada para o período seguinte, considerando aporte zero aos reservatórios.

Assim, o processo de negociação é dividido em duas partes: a definição de parâmetros e a reunião de alocação. A primeira é feita numa reunião ordinária, sendo definido os limites máximo e mínimo de vazão a ser liberada tanto nos reservatórios isolados como nos sistemas integrados. Esses parâmetros dão origem aos intervalos das simulações de esvaziamento dos reservatórios. As reuniões de alocação ocorrem em sistemas hídricos formados por um único reservatório. Já nos sistemas integrados, que são os vales perenizados, ocorrem os seminários de planejamento.

Neste processo são elaborados cenários de alocação por técnicos da COGERH e, quando se trata de reservatório federal, o DNOCS participa dessa elaboração, cuja

base de dados é composta pelo cadastro de usuários, dados dos reservatórios e dados oriundos do monitoramento dos estoques e qualidade de água. Os modelos necessários ao processo de negociação e à outorga são modelos de estimativa da demanda, modelos de simulação de reservatórios e modelos de qualidade da água.

Os cenários são apresentados aos membros dos comitês de bacia que estabelecem um acordo relativo ao uso da água no vale perenizado durante o seminário de alocação, sendo, portanto, definida a vazão final para a operação dos reservatórios. Já para os outros corpos hídricos que não compõem o vale perenizado são apresentados cenários contendo faixas de vazões a serem liberadas já aprovadas pelos comitês de bacias para que as comissões gestoras/comissões de usuários possam, dentre esses parâmetros, definir as vazões finais. Caso haja discordância por parte das comissões de usuários/comissões gestoras em relação às faixas de vazão aprovadas e aqueles desejem operar acima da faixa, volta-se para os comitês para que sejam analisados os argumentos para a mudança do nível de vazão. Se houver conflito nessas instâncias, prevalece a decisão do comitê. Mas, se houver conflito entre este e a instância técnica, o conselho estadual de recursos hídricos tem a prerrogativa de solucionar o conflito.

Ao final desses encontros, as discussões e deliberações são registradas em ata, elaboradas pela COGERH, que servem como documento oficial para a operação dos reservatórios. Os acordos relativos às vazões aprovadas passam a ser acompanhados por comissões de operações, que tem por atribuição avaliar e monitorar a liberação da vazão acordada, podendo fazer ajustes quando necessário, desde que se considere a priorização estabelecida em lei.

De modo geral, pode-se afirmar que, a partir de 1997, a COGERH seguiu o exemplo da alocação participativa dos grandes vales para os açudes isolados e depois ampliou para os sistemas hídricos isolados (açudes, canais, adutoras, lagoas), adotando os mesmos princípios metodológicos.

## 1.6 - DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ATUAL

O modelo de gestão utilizado no Ceará tem potencialmente elementos associados a mecanismos de decisão política participativa (alocação negociada e planejamento de recursos hídricos) e discricionária (outorga), incentivos econômicos (cobrança) e

aparelho coercitivo. Estes elementos existem potencialmente, mas não estão articulados.

A outorga (mecanismo de alocação de longo prazo) visa assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso. A instituição que possui a atribuição de outorgar o direito de uso é a Secretaria de Recursos Hídricos. O seu pedido passa por três fases de avaliação: técnica, de empreendimento e jurídica. Além disso, o volume máximo outorgado consiste em noventa por cento da vazão com 90% de garantia (Q90).

Atualmente, a regra de operação do cálculo das garantias de longo prazo não é a regra de operação utilizada para o cálculo das disponibilidades hídricas de curto prazo. Isto impõe uma discrepância entre as garantias outorgadas e as garantias efetivas dos sistemas hídricos. Desta forma, avalia-se que os usuários de água não têm direito adquirido mesmo lhes sendo concedido a outorga. Além disso, a lei não especifica se esta garantia é de frequência de falha anual, mensal ou é a garantia volumétrica (razão entre volume ofertado e volume demandado).

Os usuários que possuem direito de uso da água estão submetidos à cobrança de uso da água. O modelo de cobrança utilizado no Ceará foi descrito no Relatório 06 – Qualidade de Água. Ele é o tipo monomial com a tarifa em função do volume de consumo.

O atual sistema cobra um preço médio anual que não se modifica com a disponibilidade hídrica. Desta forma, em períodos de escassez, quando os custos operacionais e de financiamento de infraestrutura são maiores, tem-se uma arrecadação menor.

Outrossim, cobra-se de quem tem outorga de uso, mas a alocação negociada garante acesso a água de acordo com o uso histórico.

O instrumento de outorga é caracterizado por muitos usuários como um entrave burocrático ou uma penalidade, em virtude da percepção da água como um bem livre. Este é um dos entraves da efetivação deste instrumento por parte do Estado e requer uma maior fiscalização das retiradas de água e do cumprimento das regras estabelecidas no acordo entre usuário e instituição de gestão.

Legalmente, a outorga deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado. Porém, a implementação do enquadramento<sup>3</sup> ainda não foi executada. Brites (2010) cita como limitação da aplicação deste instrumento: a falta de conhecimento, de ações de gestão e a dificuldade metodológica.

Assim, ressalta-se a importância de os órgãos outorgantes serem cautelosos no deferimento dos pedidos encaminhados por usuários específicos, para não inviabilizar a qualidade ambiental do corpo de água e a disponibilidade hídrica para os diversos usos.

Avalia-se que o modelo de alocação do estado do Ceará poderia sofrer alguns ajustes com vistas a:

- Incorporar mecanismo que permita alocação de água economicamente eficiente (os usuários de maior valor econômico) e equitativa;
- Permitir a associação da outorga e da cobrança e entre a alocação de longo prazo e curto prazo;
- Incorporação de mecanismo que reduza as perdas sociais e viabilize financeiramente a operação do sistema com vistas a variabilidade climática.

Deste modo, nesse relatório é exposta uma alternativa de ajuste do processo de alocação. Esta alternativa trata da utilização de um sistema de cobrança em função de múltiplas garantias.

## 1.7 - PROPOSTA

### 1.7.1 - Estratégia geral

No sistema de cobrança em função da garantia, a outorga teria que ser emitida com diferentes garantias de longo prazo, por exemplo, (G3=85%, G2=90% e G1=95%), sendo essas garantias definidas na Lei Estadual.

As garantias diferenciadas estariam associadas à prioridades em anos secos,  $P3 < P2 < P1$ . Os usuários pagariam preços (Pr) diferentes e crescentes com o acréscimo das

---

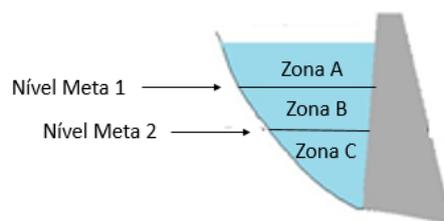
<sup>3</sup> O enquadramento dos corpos d'água é o instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 1997) que "visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes q qual forem destinadas; e diminuir os custos de combate à poluição".

prioridades  $Pr3 < Pr2 < Pr1$ . Assim, um volume alocável de longo prazo teria que ser definido para cada bacia e subsistema. Aqui haveria uma associação direta entre direito de uso, definido pela outorga, e a cobrança pelo uso da água. Os usuários revelariam, ao escolherem a prioridade e o preço que desejam, a sua disposição a pagar pela água, sendo esta uma inferência do preço de escassez em períodos secos.

### 1.7.2 - Metodologia de implementação

#### a) Designe do Sistema

A implantação do sistema proposto requer a adoção de uma política de operação de reservatórios baseada no zoneamento, no qual a alocação de água já estaria definida para cada uma das zonas. O zoneamento seria realizado com base na construção de níveis metas (**Figura 1.1**).



**Figura 1.1 - Ilustração do zoneamento do reservatório**

Considerando um reservatório com três zonas A, B e C (**Figura 1.1**) e três garantias de uso tem-se a seguinte estrutura:

- Zona C – está associada a maior garantia de uso ( $G1$ ) consequente ao maior preço e maior prioridade;
- Zona B – o volume disponível é alocado para os usuários que possuem as duas maiores garantias ( $G1$  e  $G2$ );
- Zona A - o volume disponível seria alocado para todos os usuários.

Nesta estrutura, as garantias, os preços e as prioridades se relacionam conforme o **Quadro 1.1** considerando a seguinte ordenação:

$$\left\{ \begin{array}{l} G1 > G2 > G3 \\ P1 > P2 > P3 \\ Pr1 > Pr2 > Pr3 \end{array} \right.$$

**Quadro 1.1 - Associação entre as garantias de uso, preço da água e prioridade de uso.**

<b>Volume alocável</b>	<b>Garantias</b>	<b>Preço</b>	<b>Prioridade de uso</b>
R <sub>T1</sub>	G1	Pr1	P1
R <sub>T2</sub>	G2	Pr2	P2
R <sub>T3</sub>	G3	Pr3	P3

A definição dessa estrutura deve ser realizada no Plano Operacional de Seca do hidrossistema. Segundo Souza Filho *et al* (2016), este plano tem como objetivo definir a regra de operação do sistema em situação de diferentes estados de seca (diferentes severidades) e as regras de alocação de ação associadas a estes níveis.

Segundo os mesmos autores, o planejamento operacional de seca contempla, basicamente, seis grandes classes de atividades:

- Análise do quadro jurídico e institucional: (i) a identificação das partes interessadas e instituições avaliando as responsabilidades e interesses; (ii) análise das ferramentas atuais de gestão: sistema de direitos de água, processo de alocação de água, operação do sistema.
- Identificação do nível de tolerância de risco;
- Identificação do número de estados de seca: definição dos limiares dos estados de seca (que podem ser definidos por índices de seca conforme descritos no Relatório de Seguro Agrícola);
- Desenvolvimento de Modelos de Simulação e otimização para análise das ações de seca;
- Tomada de decisão: (i) definição dos gatilhos (níveis metas do reservatório); (ii) definição da restrição de uso (oferta de água) para cada estágio de seca.
- Definir as diferentes alternativas de alocação de água para cada estágio da seca e identificação de mananciais alternativos.

No processo de construção do plano de seca, os comitês de Bacia definiriam as garantias para cada uma das zonas do reservatório, isto é, o risco tolerável. Com isso, seria definido o volume alocável. Este volume estaria associado aos usos atuais e aos

usos previstos da bacia propiciando uma associação entre a alocação de longo prazo e o processo de participação pública.

A garantia de uso é conceituada neste modelo em função da frequência de falhas em cada zona do reservatório (Equação 1). A frequência de falhas na zona ( $FF_z$ ) é definida como a frequência do tempo de simulação em que o reservatório permaneceu num nível inferior ao nível observado (Equação 2).

$$G = 1 - FF_z \quad (1)$$

$$FF_z = \frac{\sum f}{n} \quad (2)$$

Onde,

$n$  é o período de tempo da simulação ( $t=1,2,3\dots n$ );

$$f = \begin{cases} 1, & \text{e o nível meta 't + 1' for inferior ao nível no tempo 't'} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A definição dos níveis metas baseia-se na construção de uma curva que pode ser calculada conforme a metodologia dos seguintes passos:

- O primeiro nível meta é construído, inicialmente, a partir de uma curva de disponibilidade tomando como ponto inicial um volume  $V_1$  do reservatório no mês de janeiro. Utiliza-se a equação do balanço hídrico com vazão afluente zero, transferência mensal zero e retirada mensal desejada para o cálculo da acumulação dos onze meses subsequentes. Esta curva indica o limite inferior de acumulação do reservatório partindo do ponto inicial  $V_1$ .
- Uma segunda curva é construída tomando-se como o volume do décimo segundo mês o mesmo valor  $V_1$ . Utiliza-se a equação do balanço para o cálculo dos onze meses anteriores, novamente desconsiderando as afluências e as transferências dos reservatórios. Essa segunda curva indica o limite superior da curva meta e tem por objetivo reduzir a transição busca entre os estados de secas.
- Partindo novamente do ponto  $V_1$ , uma terceira curva é construída utilizando a equação do balanço de massa com o volume afluente igual ao volume correspondente de um determinado quantil da série histórica de vazões. Neste trabalho, o valor da afluência mensal é igual ao da mediana da série histórica de

vazões. Assim, construiu-se uma matriz de probabilidade de não excedência, e selecionou-se o ano correspondente a mediana das vazões da série histórica. Tomou-se o valor de vazões afluentes deste ano correspondente. Aplicou-se a equação do balanço hídrico com retirada mensal igual ao da curva 1.

- A definição do nível meta (VMeta) se dará pela utilização dos valores correspondentes, mês a mês, pelo máximo entre a curva 1 (C1) e curva 3 (C3), e o mínimo entre esse resultado (CR) e a curva 2 (C2).

$$CR = \text{máximo} (C1, C3)$$

$$VMeta = \text{mínimo} (CR, C2)$$

(v) na sequência, são construídos os outros níveis metas inferiores, repetindo-se o procedimento adotado em (i) a (iv), e modificando os valores do ponto inicial.

Podem ser utilizados modelos de otimização para encontrar os níveis metas ótimos do reservatório conforme a garantia de uso.

#### b) Alocação de água

Cada zona do reservatório teria um volume alocável predefinido. Esse seria o valor da retirada total ( $R_T$ ) a ser rateado entre os diversos usos. Parte dessa retirada seria ofertada pela Secretária de Recursos Hídricos por meio de chamadas públicas.

O abastecimento humano se manteria como uso prioritário, desta forma, haveria uma chamada especial apenas para esse setor.

No intuito de obter uma alocação justa, define-se a garantia máxima para usuários que possuam área produtiva agrícola máxima de 3ha por unidade de usuário. Esse valor caracterizará o pequeno agricultor não podendo este está inserido em um perímetro irrigado.

O pequeno agricultor e o setor de abastecimento humano não participarão do sistema de cobrança em função da prioridade, tendo sua demanda atendida em todas as zonas do reservatório.

Assim, a retirada total ( $R_T$ ) para cada zona é dada por:

$$R_T = Q_{AH} + Q_{G100} + Q_L \quad (3)$$

Em que,

$Q_{AH}$  – Vazão alocada para o abastecimento humano;

$Q_{G100}$  – Vazão associada à garantia máxima usada para a manutenção das culturas ligadas à subsistência;

$Q_L$  – Vazão alocável entre os usuários do sistema exceto o abastecimento humano e os usuários que possuem garantia máxima. Este é o volume a ser ofertado nas chamadas públicas com diferentes níveis de preço e prioridade e será denotado como vazão líquida.

Neste processo de alocação saber-se-ia, automaticamente, em função do sistema de prioridades definidos na outorga, quais usuários teriam direito a água e quais não teriam. Esta lista seria publicada pela Secretaria de Recursos Hídricos no Diário Oficial do Estado sendo que os usuários que tiverem suas garantias nominais efetivamente reduzidas receberiam uma compensação financeira.

c) Ajuste nos demais instrumentos de gestão

Planos operacionais de seca dos hidrossistemas devem ser estabelecidos na Lei Estadual de Recursos Hídricos para a efetivação do modelo descrito. Esses planos devem ter conteúdos similares, diferenciando-se apenas em relação às características específicas de cada uma dessas regiões. A Disponibilidade Hídrica de longo prazo (volume alocável) deverá ser definida nesse plano e aprovada pelo Comitê de Bacia.

O valor total cobrado deve custear os serviços de OAM, e o excedente de arrecadação obtido em anos úmidos seria destinado a um fundo de regularização, que pode ser usado para custear a compensação financeira e o aumento dos custos operacionais em período de escassez.

Esse valor passará a variar, também, em função da disponibilidade hídrica. Considerando a **Figura 1.1**, o modelo padrão, isto é, o modelo aplicado na zona em que a água é alocada para todos os usuários (Zona A) será:

$$\text{Cobrança} = (T(u) + T_L(u)) \times K_u \times K_{FDE} \quad (4)$$

Onde:

$T(u)$  - tarifa do usuário  $u$  em função do volume consumido;

$T_L(u)$  - Corresponde a tarifa de água imposta sobre a qualidade de água. Esta possui duas parcelas: a primeira, referente ao lançamento de efluentes nos corpos hídricos e a segunda, referente à cobrança associada à qualidade da água recebida pelos diferentes setores usuários;

$K_u$  é o coeficiente que adapta o mecanismo de cobrança à eficiência de uso;

$K_{FDE}$  é o coeficiente do fator de disponibilidade efetiva.

Conforme a escassez torna-se mais severa, tem-se a inserção de uma tarifa equivalente a demanda da outorga:

$$\text{Cobrança} = (T(u) + T_L(u) + T_G(u)) \times K_u \times K_{FDE} \quad (5)$$

Em que  $T_G(u)$  é a tarifa referente a demanda outorgada das Zonas B e C. Maiores garantias estão associadas a maiores preços, desse modo, a tarifa associada à Zona C é maior que a tarifa da Zona B.

$T_G(u)$  é do tipo preço público e todos os usuários que tiverem disposição a pagar realizam seus pedidos de outorga ao poder público que ratearia a vazão líquida entre estes usuários. Esse valor deve ser definido pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos e regulamentado por meio de decreto.

O pagamento da cobrança deverá ser um dos critérios para a manutenção da outorga de uso. Esta passa a ser emitida com múltiplas garantias.

Nenhum usuário pode captar água sem outorga. Para isso, faz-se necessário a operacionalização de um sistema de coerção que garanta a efetividade do direito de uso por intermédio do poder de polícia do Estado para a identificação do infrator (fiscalização) e punição do mesmo (regras claras de multa e pagamento de danos).

## 1.8 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA METODOLOGIA

Algumas vantagens da metodologia são elencadas a seguir:

- Propicia a associação direta entre o direito de uso definido pela outorga e a cobrança pelo uso da água, bem como entre a alocação de longo e curto prazo;

- Define uma regra de alocação para anos secos, reduzindo os conflitos de uso que se acirram nesses anos;
- Garante eficiência econômica por meio do sistema de preços diferenciados;
- Mantém a legitimidade e sustentabilidade política pela participação dos usuários na definição das garantias e na Junta de Vigilância;
- Assegura equidade por meio da definição da garantia máxima para as culturas ligadas à subsistência e com a compensação financeira;
- Tem sustentabilidade financeira por meio da manutenção do excedente de arrecadação de anos úmidos no fundo de regularização;
- Apresenta boa capacidade de adaptação ao associar mecanismos de construção de consenso e incentivos financeiros no processo de tomada de decisão;
- Proporciona previsibilidade dos resultados de forma a permitir maior robustez (estabilidade/capacidade de adaptação).

Pode-se dizer que o sistema levaria a desestruturação do atual modelo alocação negociada e que o sistema de gestão perderia legitimidade social.

#### 1.9 - AJUSTES NA LEI

Para a implantação do sistema de cobrança em função de múltiplas garantias sugere-se os seguintes ajustes na legislação:

**Art. 3º** *A Política Estadual de Recursos Hídricos atenderá aos seguintes princípios:*

**I** – (...)

**II** – (...)

**III** – (...)

**IV** – (...)

**V** – (...)

**VI** – (...)

**VII** – (...)

**VIII** - *o uso prioritário dos recursos hídricos, em situações de escassez, é estabelecido conforme a garantia de uso.*

**IX** – (...);

**X** – (...).

**Art. 6º** (...)

**§ 1º** A outorga de direito de uso de recursos hídricos tem por objetivo efetuar o controle do uso e assegurar o direito de acesso à água, condicionada às garantias de uso estabelecidas nos Planos de Bacias Hidrográficas.

§ A outorga de direito de uso de recursos hídricos será expedida com maior garantia para o consumo humano.

**§ 2º** (...)

**§ 3º** (...)

**Art. 11.** A outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser suspensa pela Secretaria dos Recursos Hídricos, de forma total ou parcial, em definitivo ou por prazo determinado, sem qualquer direito de indenização ao usuário, nas seguintes circunstâncias:

**I** – (...)

**II** – (...)

**III** - ~~necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;~~

**IV** – (...)

**V** – (...)

**VI** – (...)

**VII** – (...)

**VIII** – (...)

**Art. 16.** Será cobrado o uso dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, segundo as peculiaridades das Bacias Hidrográficas, na forma como vier a ser estabelecido pelo CONERH, por meio de Resolução, a qual será enviada ao Governador do Estado do Ceará, que fixará o valor das tarifas por Decreto, obedecidos os seguintes critérios:

**I** – (...)

**II** – (...)

**III** – a cobrança pela utilização dos recursos hídricos considerará a garantia de uso estabelecida no instrumento de outorga sendo o maior preço associado a maiores garantias exceto para a agricultura de subsistência com área produtiva máxima de 5 ha.

§ Único – O excedente da cobrança obtido em anos úmidos será direcionado ao fundo de regularização visando o pagamento de indenizações aos usuários e o custeio das despesas operacionais em períodos de escassez hídrica.

#### **Seção IV**

##### **Dos Planos de Recursos Hídricos**

Subseção I (...)

Subseção II - Dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas

**Art. 20.** (...).

**§ 1º** (...)

**§ 2º** (...)

**§ 3º** Os planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas serão compostos pelos planos operacionais de seca e plano de segurança hídrica.

**Art.** O Plano Operacional de Seca em Hidrossistema visa estabelecer a regra de operação do sistema nos anos normais e secos tendo o seguinte conteúdo mínimo:

*I – Zoneamento do reservatório em diferentes estados de seca sendo estabelecido no máximo cinco estados: sem seca relativa, seca moderada, seca severa, seca extrema e seca excepcional;*

*II – Definição dos limiares e gatilhos dos estados de seca;*

*III – Definição dos níveis toleráveis de risco do sistema com a determinação dos níveis de racionamento em cada zona do reservatório por meio dos Comitês de Bacia e da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos;*

*IV – Obtenção das garantias de uso para cada um dos estados de seca.*

**Art.** O Plano Operacional de Seca em Cidades visa definir como gerenciar a oferta alocada para o centro urbano durante a seca tendo o seguinte conteúdo mínimo:

*I – Identificação de novos mananciais para oferta hídrica;*

*II – Ações de gestão da demanda com vistas a racionalização do uso da água;*

*III – Estabelecimento de medidas para a gestão integrada de águas urbanas.*

**Art.** O Plano de Segurança Hídrica em bacias hidrográficas visa minimizar as vulnerabilidades na gestão de recursos hídricos através da implementação de medidas estruturais e não-estruturais tendo o seguinte conteúdo mínimo:

*I - Construção de cenários futuros de usos da água e clima com vistas a condicionar a avaliação dos sistemas;*

*II - Identificação e hierarquização das vulnerabilidades dos sistemas de abastecimento de água em relação a quantidade e qualidade;*

*IV - Definição de estratégias de mitigação das vulnerabilidades e gestão de riscos com vista a promoção da segurança hídrica;*

*V - Programação de ações estruturais e não estruturais.*

**Art. 46.** Compete aos Comitês de Bacias Hidrográficas:

*I – (...);*

*II - Propor a elaboração e aprovar os Planos de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica;*

*III – (...);*

*IV – (...);*

*V - Acompanhar a implementação dos planos de recursos hídricos da bacia hidrográfica e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;*

*VI – (...);*

*VII – (...);*

*VIII – (...);*

*IX – (...);*

*X – (...);*

*XI – (...)*

*XII- Fiscalizar a captação de água pelos usuários e identificar infratores.*

## 1.10 - PROPOSTAS E CENÁRIOS DE APLICAÇÃO

Os sistemas de recursos podem ser classificados para efeito da análise aqui pretendida em três grupos:

- Sistemas locais: constituído de um reservatório e de demandas urbanas e irrigação;
- Vales perenizados: constituído de múltiplos reservatórios abastecendo grandes demandas urbanas e irrigação;
- Grandes Sistemas Integrados através de Transposição de Bacia, caso atualmente do sistema Jaguaribe-Metropolitano.

A metodologia deverá ser adotada para sistemas hídricos superficiais. A delimitação do sistema de recursos hídricos é o passo inicial. Nesta delimitação, deve-se observar que a vinculação entre os diversos componentes do sistema deve se dar no horizonte de curto e médio prazo, como discutido anteriormente. Para tanto deve-se utilizar como critério haver ligação hidráulica através da calha do rio no período seco (perenização) ou transferência hídrica por canais ou adutoras entre os centros de oferta e da demanda no sistema em foco.

## 1.11 - DEFINIÇÃO DE REGRA DE OPERAÇÃO COM BASE NO ZONEAMENTO DO RESERVATÓRIO

Nessa seção foi exposta a utilização de níveis metas na alocação de água. Esta aplicação foi realizada para o sistema Jaguaribe-Metropolitano e está dividida em duas partes: (i) a definição dos níveis metas e regra de operação por meio da utilização da metodologia de reservatório equivalente; (ii) a análise do impacto da regra de operação por meio da simulação do sistema de reservatórios desagregados.

### 1.11.1 - Definição dos níveis metas e regra de operação

O sistema Jaguaribe-Metropolitano foi estudado de forma agregada para a definição dos níveis metas (limiares das zonas dos reservatórios). Para isso, tomou-se os três principais reservatórios da bacia do Jaguaribe (Castanhão, Orós e Banabuiú) e os cinco principais da bacia Metropolitana (Aracoiaba, Pacajús, Pacoti, Riachão e Gavião) construindo-se dois reservatórios equivalentes. Optou-se por essa simplificação do

sistema para que se diminuísse o número de variáveis de decisões na otimização do processo de construção dos níveis metas.

Assim, agregaram-se as vazões afluentes, evaporações, CAV e demandas dos reservatórios para a construção do Reservatório Equivalente Jaguaribe (REJ) e o Reservatório Equivalente Metropolitano (REM), conforme mostra o desenho esquemático na **Figura 1.2**.

Para a construção do REJ, consideraram-se os reservatórios Castanhão e Orós em série e o Banabuiú paralelo a estes dois. No REM, os reservatórios foram considerados em série.

Considerou-se a vazão do reservatório equivalente igual à soma das afluições dos reservatórios isolados:

$$Q_{eqv\ k,j} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (6)$$

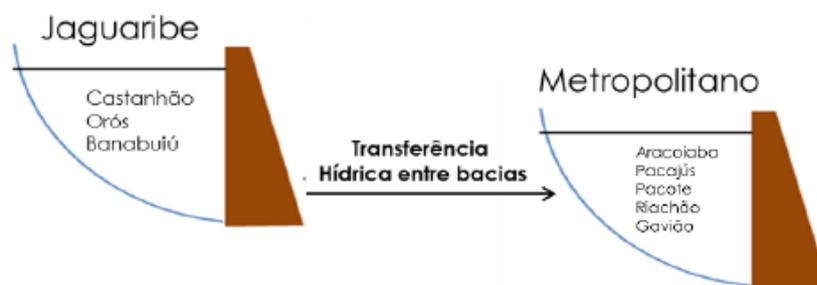
Onde,

$Q_{eqv\ k,j}$  = Vazão afluente do reservatório equivalente k no mês j ( $hm^3/mês$ );

$Q_{i,j}$  = Vazão afluente do reservatório i no mês j ( $hm^3/mês$ );

n = quantidade de reservatórios do sistema;

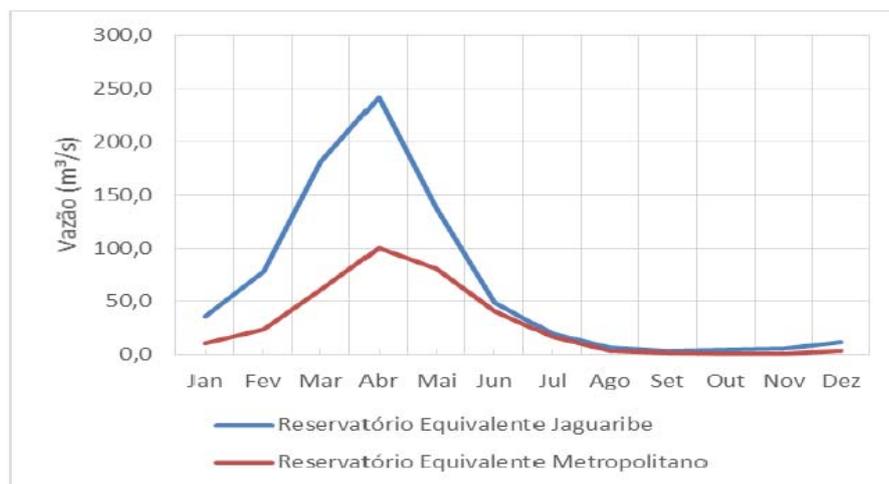
j = mês.



**Figura 1.2 - Desenho esquemático do sistema Jaguaribe-Metropolitano agregado**

Para o cálculo das vazões equivalentes foram utilizados os valores de vazões disponíveis no relatório de estudos de regionalização para as bacias dos reservatórios do Estado do Ceará, publicado por UFC/COGERH (2013).

Os reservatórios equivalentes apresentam vazões máximas no mês de abril, tendo o reservatório Jaguaribe em média 240 m<sup>3</sup>/s de vazão afluente neste mês, enquanto o reservatório Metropolitano apresenta 100 m<sup>3</sup>/s de vazão afluente média. Ambos apresentam vazão próxima a zero nos meses de setembro e outubro, demonstrando claramente a variabilidade interanual da região (**Figura 1.3**).



**Figura 1.3 - Vazão média mensal (m<sup>3</sup>/s) dos reservatórios equivalentes Jaguaribe e Metropolitano**

O cálculo da evaporação média mensal do reservatório equivalente foi realizado tomando-se a média das evaporações mensais de cada reservatório do sistema:

$$E_{eqv\ k,j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{i,j} \quad (6) \text{ Onde,}$$

$E_{eqv\ k,j}$  = Evaporação média do reservatório equivalente k no mês j (m);

$E_{i,j}$  = Evaporação média do reservatório i no mês j (m);

n = quantidade de reservatórios do sistema;

j = mês.

Foram utilizados os dados de evaporação disponível no banco de dados das normais climatológicas do INMET. Esses dados são observados em evaporímetros de pichê

com distribuição mensal. As curvas cota-área-volume foram obtidas junto à Companhia de Gestão de Recursos Hídricos - COGERH.

Para a obtenção da curva cota-área-volume do reservatório equivalente criou-se uma regra de prioridade de esvaziamento para cada reservatório do sistema. No REJ, definiu-se que o reservatório Banabuiú iniciará seu esvaziamento em paralelo com o Castanhão, esvaziando-se completamente quando este último estiver com acumulação em torno de 450 hm<sup>3</sup>. O reservatório Orós tem seu esvaziamento iniciado em série com o Castanhão, chegando ao volume mínimo de 100 hm<sup>3</sup> quando o Castanhão estiver em 450 hm<sup>3</sup>. No REM, com os reservatórios considerados em série, optou-se pelo esvaziamento completo do Aracoiba e do Pacajús quando o Pacoti-Riachão estiver com 50 hm<sup>3</sup>. Neste mesmo volume, o reservatório Gavião iniciará o esvaziamento. Quando o Pacoti-Riachão atingir o colapso, o volume do Gavião estará em 5 hm<sup>3</sup>.

Agrupou-se os reservatórios de acordo com a prioridade de esvaziamento definida, criando-se cotas de referência. O volume máximo e o volume mínimo de cada reservatório são colocados nesse sistema de cotas, e, em seguida, faz-se a distribuição dos volumes no sistema de referência. Dessa forma, para cada cota do reservatório equivalente, teremos um volume associado de cada reservatório.

Por fim, calcula-se a área referente a cada volume de cada reservatório através da relação entre Área-Volume. O cálculo do volume e da área do reservatório equivalente se dará, então, pela soma dos volumes e áreas de cada uma das cotas do sistema de referência.

Considerou-se a demanda do reservatório equivalente igual a soma das demandas dos reservatórios isolados sendo REM Jaguaribe igual a 29,1 m<sup>3</sup>/s e REM Metropolitano igual a 13,2 m<sup>3</sup>/s.

A regra de operação dos reservatórios (**Figura 1.4**) foi baseada em sete estágios de liberação descritos a seguir:

No primeiro estágio:

- (1) o reservatório está com volume menor que o necessário no período para suprir a retirada no nível de racionamento 4 (R\*Nrac4). Nesta

situação libera-se o volume de água disponível no reservatório, secando-o.

No segundo estágio:

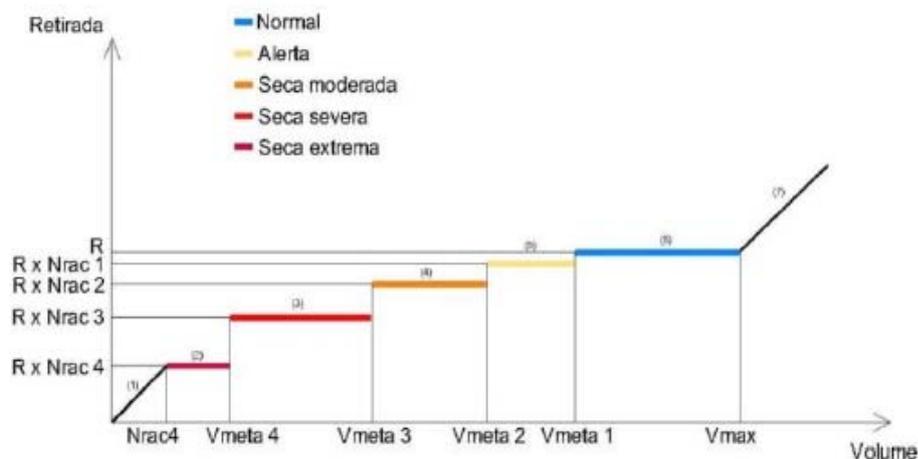
(2) há um volume do reservatório ( $V$ ) menor que o nível meta 4. Utiliza-se um coeficiente de racionamento  $Nrac4$ , que multiplicado a retirada  $R$ , irá definir o valor da retirada naquela situação. O mesmo acontece para os estágios (3), (4), (5), quando o estoque está abaixo dos respectivos volumes metas (3, 2 e 1), aplicando-se um coeficiente de racionamento  $Nrac3$ ,  $Nrac2$ ,  $Nrac1$ , respectivamente para os três níveis.

No sexto estágio (6):

Há um volume do reservatório ( $V$ ) suficiente para o suprimento de toda a vazão regularizada, neste caso a liberação é igual à vazão de referência.

No sétimo estágio (7):

O volume do reservatório é maior que o volume máximo de conservação (caso não haja comportas). O volume liberado será a vazão de referência ( $R$ ) somada ao vertimento ( $V - V_{max}$ ).



**Figura 1.4 - Desenho esquemático da regra de operação com salvaguardas.**

Para efeito de aplicação foram utilizados os coeficientes de racionamento, frequência de falhas expostos no **Quadro 1.2**.

**Quadro 1.2 - Definição do nível de risco tolerável.**

% Falha (Porcentagem do tempo em que o reservatório se encontra abaixo do nível considerado)					
Reservatório	Normal	Alerta	Seca	Seca Severa	Seca Extrema
Jaguaribe	60	35	15	5	0
Metropolitano	40	20	10	2	0
Coeficientes de racionamento (fração da demanda de referência)					
Reservatório	Normal	Alerta	Seca	Seca Severa	Seca Extrema
Jaguaribe	0,0	0,0	0,1	0,4	0,7
Metropolitano	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6

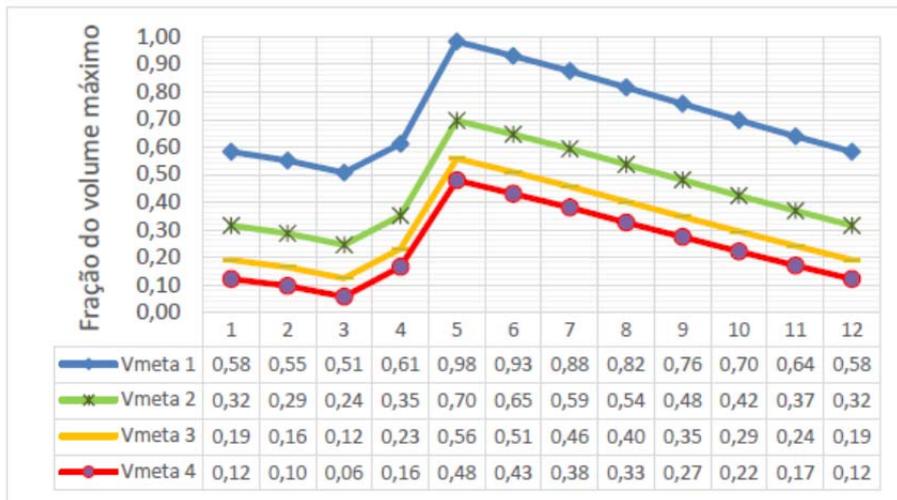
A definição dos níveis metas baseia-se na construção de uma curva calculada conforme apresentada na seção 5.2.1 desse relatório. Optou-se por escolher a mediana das aflúncias na construção da curva em (iii) de forma Ad-Hoc. Esta escolha implica, principalmente, na definição dos níveis metas nos meses de maiores precipitações.

Sugere-se que, em trabalhos futuros, estes valores sejam modificados para a verificação de quais quantis geram melhores níveis metas.

Os níveis metas simulados está apresentado nas **Figuras 1.5 e 1.6**.

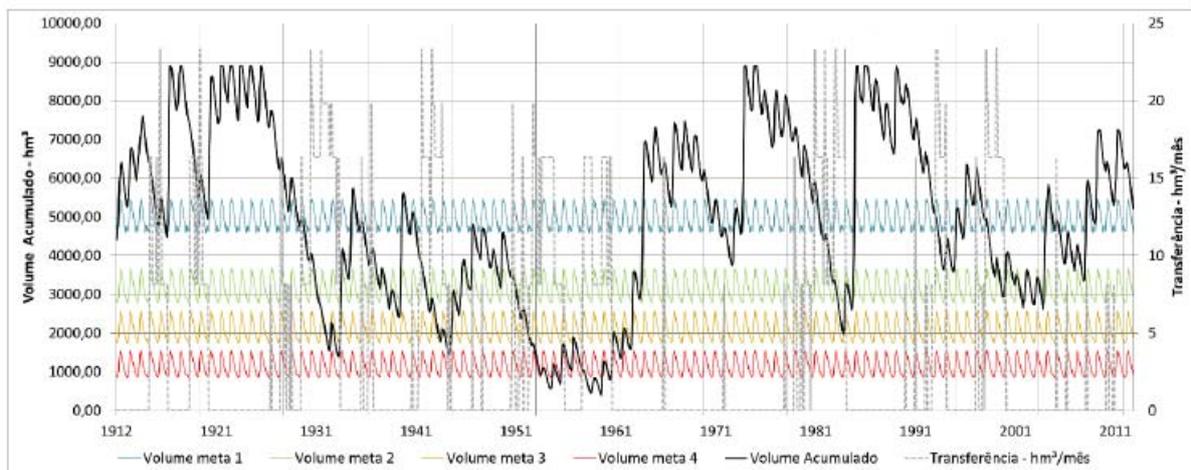


**Figura 1.5 - Níveis Metas do Reservatório Equivalente Jaguaribe.**

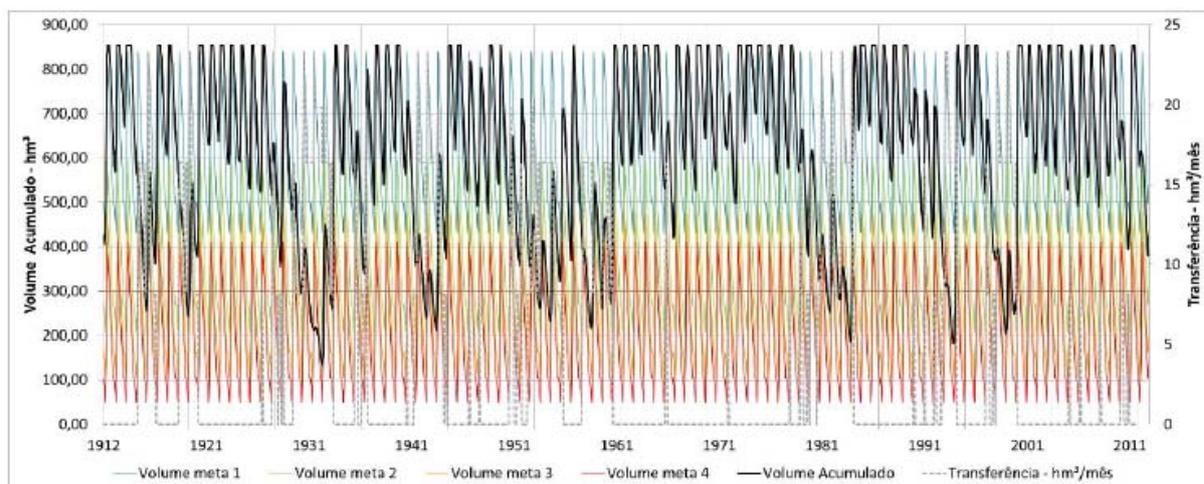


**Figura 1.6 - Níveis Metas do Reservatório Equivalente Metropolitano.**

A operação do sistema equivalente a partir da regra de operação formada com os níveis metas apresentou a evolução mostrada na **Figura 1.7** (Jaguaribe) e na **Figura 1.8** (Metropolitano).



**Figura 1.7 - Simulação da operação do Reservatório Equivalente Jaguaribe com os níveis metas**



**Figura 1.8 - Simulação da operação do Reservatório Equivalente Metropolitano com os níveis metas**

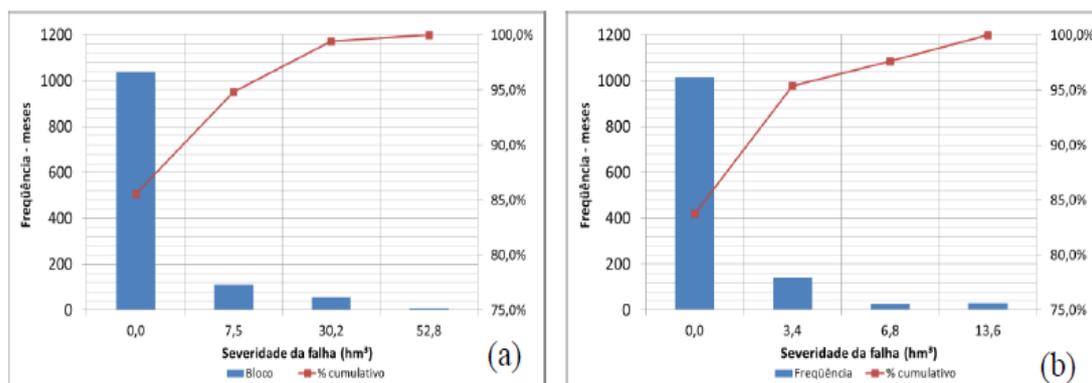
O reservatório Jaguaribe apresentou baixa acumulação no ano de 1960, em torno de 600 hm<sup>3</sup>, estando inserido no estado de Seca Extrema. Neste estado, o reservatório apresentou a frequência de 4,7 % do tempo. No estado de Seca Severa, o reservatório permaneceu por 8,1% do tempo, enquanto que no estado de seca e alerta, 10,81% e 25,66%, respectivamente. O reservatório esteve em 50,7% no estado de normalidade do sistema.

A **Tabela 1.1** apresenta resumidamente esses valores e inclui também a frequência de tempo do reservatório Metropolitano. Nesta simulação, nenhum dos reservatórios do sistema atingiu o colapso.

**Tabela 1.1 - Frequência do tempo simulado em que os Reservatórios Equivalentes Jaguaribe e Metropolitano apresentaram nos estados de seca, na operação Nível Meta.**

	Normal	Alerta	Seca	Seca Severa	Seca Extrema	Colapso
<b>Jaguaribe</b>	50,74%	25,66%	10,81%	8,09%	4,70%	0,00%
<b>Metropolitano</b>	62,54%	24,17%	9,08%	1,90%	2,31%	0,00%

A **Figura 1.9** apresenta o histograma das severidades dessa operação, indicando o déficit de atendimento da demanda.



**Figura 1.9 - Histograma das severidades das falhas da operação do sistema Jaguaribe-Metropolitano com a regra de operação com Níveis Metas 3: (a) Jaguaribe; (b) Metropolitano.**

No sistema Jaguaribe (**Figura 1.9**), é possível observar que a falha acontece em grande parte nos estados de seca que representam menores severidades. A falha de 7,5 hm³ esteve presente em 9,2% dos meses simulados, e a maior severidade neste reservatório, no valor de 52,8 hm³ (70% da demanda de referência) ocorreu em menos de 1% do período simulado. No Metropolitano, 11,6% dos meses tiveram falhas que ocasionaram uma severidade de apenas 3,4 hm³ no mês e em 2,5% do tempo deixou de atender 13,6 hm³. Nenhum dos dois sistemas deixaram de atender 100% de suas demandas.

### 1.11.2 - Avaliação do impacto da regra

A modelagem do sistema em reservatórios equivalentes não é feita na operação real do sistema. Diante disso, aplicou-se a regra de operação descrita na seção anterior ao sistema de reservatórios desagregado, visando analisar os impactos em longo prazo da definição dos níveis metas para os diferentes reservatórios do Sistema Jaguaribe-Metropolitano.

Para tanto, optou-se por desenvolver uma planilha de cálculo, utilizando o software Excel®, que desse suporte a modelagem do sistema Jaguaribe –Metropolitano com a incorporação dos níveis metas para os reservatórios desagregados.

Algumas regras de transferência entre os reservatórios dentro da mesma bacia foram incorporadas nesse processo. Esta regra visa a utilização das águas dos reservatórios mais a jusante pelos reservatórios mais a montante num momento em que estes últimos sinalizem a possibilidade de não atenderem suas demandas. Cabe destacar que essa regra de transferência foi criada do modo Ad-Hoc e indica o início e o fim das transferências somente entre os reservatórios dentro da mesma bacia.

Assim, criou-se uma regra baseada nos níveis de acumulação dos reservatórios doadores (montante) e receptores (jusante) para o acionarem o gatilho da transferência entre eles, conforme mostra o **Quadro 1.3**.

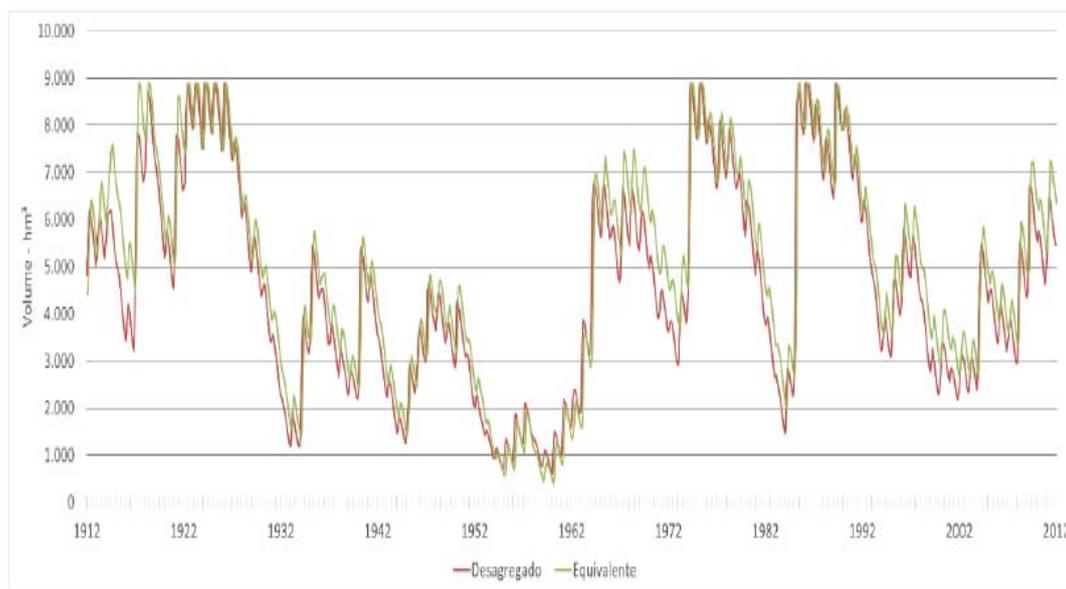
A transferência entre os sistemas Jaguaribe Metropolitano ocorreu baseado na matriz de trade-off de transferências hídricas, respeitando os valores propostos para cada cenário construído. Além disso, tomou-se como os níveis metas para cada reservatório isolado integrante da bacia do Jaguaribe o mesmo definido para o seu reservatório equivalente. Na bacia do Metropolitano, definiu-se o estado de seca mensal a partir da soma dos estoques de cada um dos reservatórios integrantes dessa bacia.

**Quadro 1.3 - Gatilhos de transferência entre os reservatórios dentro da mesma bacia**

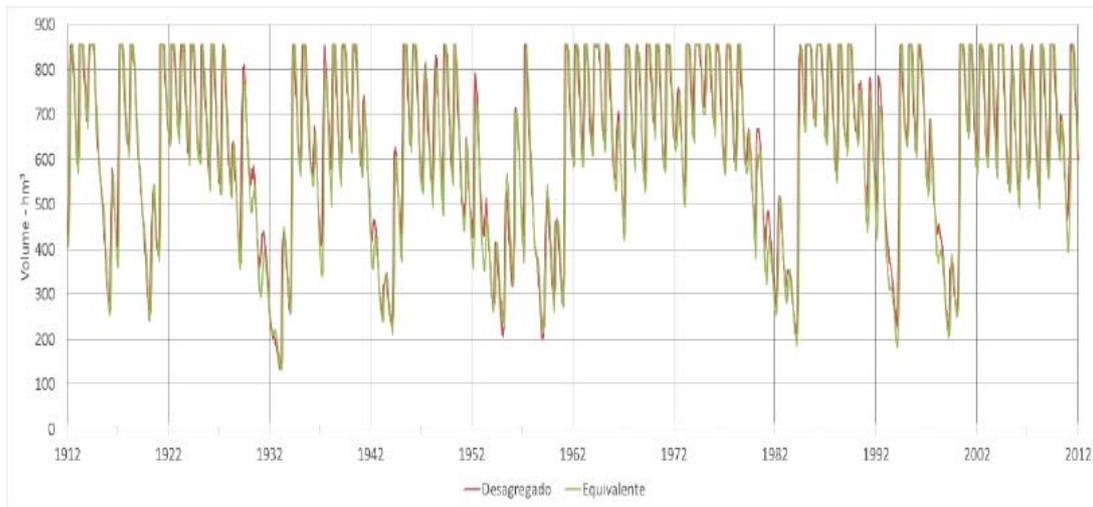
Montante	Jusante	Gatilho de inicio	Gatilho de fim	Vazão de transferência (m <sup>3</sup> /s)
Orós	Castanhão	Volume Castanhão < 400 hm <sup>3</sup> e Volume Orós > 150 hm <sup>3</sup>	Volume Castanhão > 400 hm <sup>3</sup> ou Volume Orós < 150 hm <sup>3</sup>	16,0
Banabuiú	Castanhão (eixão)	Volume Castanhão < 1000 hm <sup>3</sup> e Volume Banabuiú > 500 hm <sup>3</sup>	Volume Castanhão > 1000 hm <sup>3</sup> ou Volume Banabuiú < 500 hm <sup>3</sup>	5,0
Aracoiaba	Pacajús	Volume Pacajús < 120 hm <sup>3</sup> e Volume Aracoiaba > 10 hm <sup>3</sup>	Volume Pacajús > 120 hm <sup>3</sup> ou Volume Aracoiaba < 10 hm <sup>3</sup>	4,0
Pacajús	Pacoti-Riachão	Volume Pacoti-Riachão < 300hm <sup>3</sup> e Volume Pacajús > 20 hm <sup>3</sup>	Volume Pacoti-Riachão > 300hm <sup>3</sup> e Volume Pacajús < 20 hm <sup>3</sup>	10,0
Pacoti-Riachão	Gavião	Sempre que não houver vertimento no Gavião	Quando houver vertimento no Gavião	12,0

A análise de desempenho foi realizada verificando a acumulação dos reservatórios e o atendimento das demandas. Para isso, utilizou-se os critérios de frequência de falhas em cada nível, frequência de permanência no nível e resiliência do sistema para análise dos reservatórios e severidade das falhas da operação e vulnerabilidade para a análise do suprimento das demandas. As análises foram realizadas para todas as regras de operação definidas. Ao fim, compararam-se as diferentes regras de operação para saber o impacto de cada uma na operação real do sistema.

O resultado da operação do sistema em suas formas agregada (com reservatórios equivalentes) e desagregada (com o sistema de reservatórios) estão apresentadas nas **Figuras 1.10 e 1.11**. Pode-se observar a posição das curvas Equivalente e Desagregado para esta regra de operação. A operação com o Jaguaribe resultou em uma correlação de 0,96 enquanto a do Metropolitano 0,94, demonstrando a boa aproximação entre as duas curvas. A utilização do reservatório equivalente demonstrou, como nas outras simulações, uma boa aproximação ao sistema desagregado.

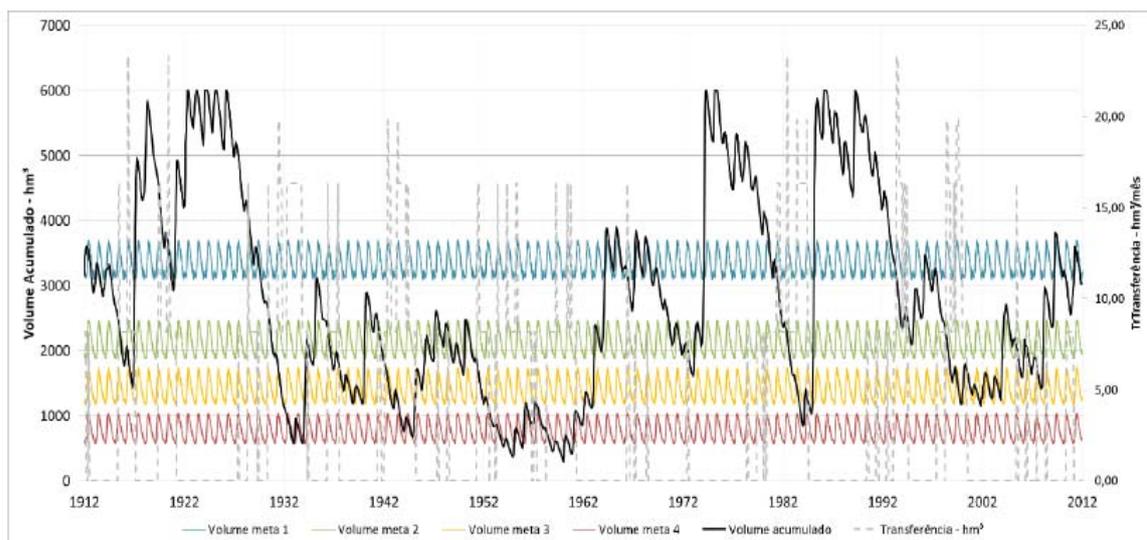


**Figura 1.10 - Operação do sistema Jaguaribe com os níveis metas 3 para o sistema equivalente e desagregado.**

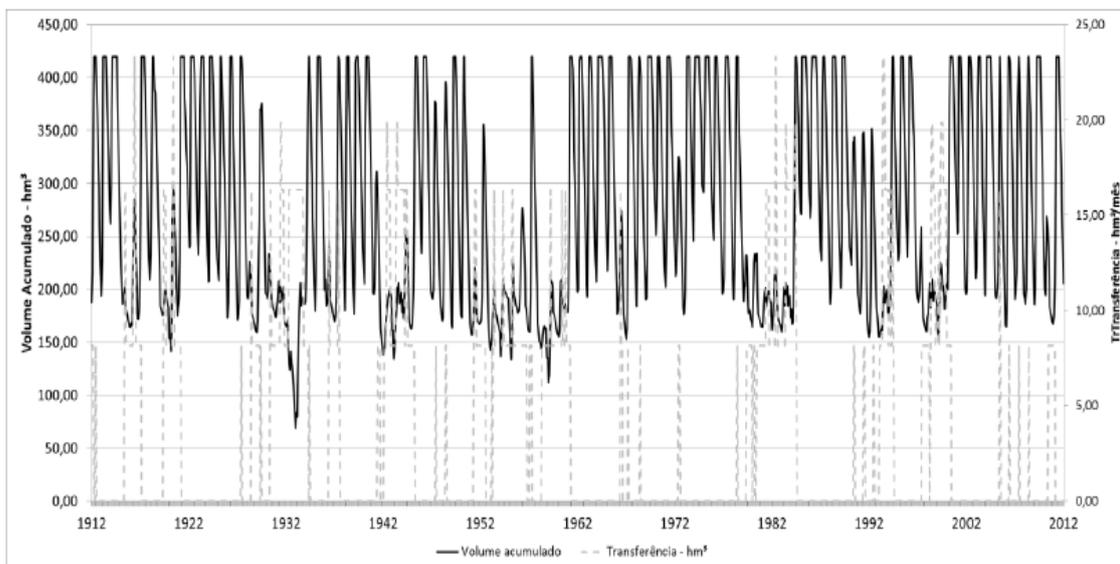


**Figura 1.11 - Operação do sistema Metropolitano com os níveis metas para o sistema equivalente e desagregado.**

As Figuras 1.12 e 1.13 apresentam o resultado da operação com níveis metas dos reservatórios Castanhão e Pacoti-Riachão, respectivamente. O reservatório Castanhão apresenta os menores volumes acumulados, aproximadamente 300 hm<sup>3</sup>, no ano 1960. Este representa o ano de menor acumulação da simulação para este reservatório. Observou-se que 1932 foi o ano com baixa acumulação para o Pacoti-Riachão, restando um com volume de 70 hm<sup>3</sup> neste ano. Nesta simulação, nenhum reservatório atingiu o colapso.



**Figura 1.12 - Operação do reservatório Castanhão para a regra de operação Nível Meta.**



**Figura 1.13 - Operação do reservatório Pacoti-Riachão para a regra de operação Nível Meta.**

A **Tabela 1.2** apresenta a frequência do tempo de permanência em cada nível de seca e a **Tabela 1.3** mostra a falha em cada um desses níveis para todos os reservatórios integrantes do sistema Jaguaribe e para o sistema Metropolitano (a falha e frequência no nível são as mesmas para todos os reservatórios desse sistema).

**Tabela 1.2 - Frequência do tempo simulado que os reservatórios do sistema Jaguaribe e Metropolitano apresentam nos estados de seca, para a operação Nível Meta.**

	Normal	Alerta	Seca	Seca Severa	Seca Extrema	Colapso
Sistema Jaguaribe	42,3%	30,0%	13,2%	10,7%	3,8%	0,0%
Castanhão	31,0%	27,6%	20,2%	14,1%	7,1%	0,0%
Orós	60,5%	17,2%	9,1%	10,1%	3,1%	0,0%
Banabuiú	62,3%	23,6%	8,1%	6,0%	0,0%	0,0%
Sistema Metropolitano (Aracoiaba, Pacajús, Pacoti-Riachão e Gavião)	66,0%	22,6%	7,6%	1,8%	2,0%	0,0%

**Tabela 1.3 - Frequência de falha dos reservatórios do sistema Jaguaribe e Metropolitano apresentaram em cada estado de seca, para operação Nível Meta**

	Normal	Alerta	Seca	Seca Severa	Seca Extrema
Sistema Jaguaribe	57,7%	27,7%	14,5%	3,8%	0,0%
Castanhão	69,0%	41,4%	21,2%	7,1%	0,0%
Orós	39,5%	22,3%	13,2%	3,1%	0,0%
Banabuiú	37,7%	14,1%	6,0%	0,0%	0,0%
Sistema Metropolitano (Aracoiaba, Pacajús, Pacoti-Riachão e Gavião)	34,0%	11,4%	3,8%	2,0%	0,0%

O Castanhão apresentou as maiores falhas de todo o sistema. Nessa operação, observa-se que este reservatório tem algum tipo de falha em 41,4% do período simulado, significando que em 58,6% do tempo o reservatório atendeu plenamente a sua demanda exclusiva. Esse valor é dado pela soma da frequência do tempo do estado normal e alerta, haja vista que, na formulação desta regra, o racionamento acontece somente a partir do estado de Seca.

Os reservatórios da RMF, no entanto, apresentam, aproximadamente, 88,6% do tempo em estado Normal e Alerta, significando o atendimento pleno das demandas da região. Um estado de seca mais intenso, apresenta-se em 2,0% do período simulado nesta bacia.

A severidade de cada um desses níveis pode ser observada nos histogramas apresentados na **Figura 1.14** para cada reservatório do sistema. À exceção do reservatório Orós, todos os outros reservatórios do sistema apresentaram a maior frequência de falhas de atendimento nos estados de seca, que representam menores severidades.

A pior falha ocorrida na operação do reservatório pode ser representada pela vulnerabilidade. Esta mede a severidade das falhas a que o sistema está sujeito, podendo ser expressa como sendo o somatório das severidades de um determinado período de tempo.

O reservatório Castanhão apresentou um período máximo de 146 meses (julho de 1950 a fevereiro de 1963) em que ocorreu alguma falha no atendimento de sua

demanda. Nesse período, o reservatório deixou de atender um valor total de 2769,0 hm<sup>3</sup>, resultando em 7,3 m<sup>3</sup>/s (19,0 hm<sup>3</sup>/mês) em média de falha.

O reservatório Gavião apresentou uma vulnerabilidade máxima de 135,7 hm<sup>3</sup> em um período de 18 meses, resultando em 2,9 m<sup>3</sup>/s de déficit médio neste período (maio de 1932 a outubro de 1933). A **Tabela 1.4** apresenta a maior vulnerabilidade e o período de tempo em que ela ocorreu para cada um dos reservatórios integrantes do sistema.

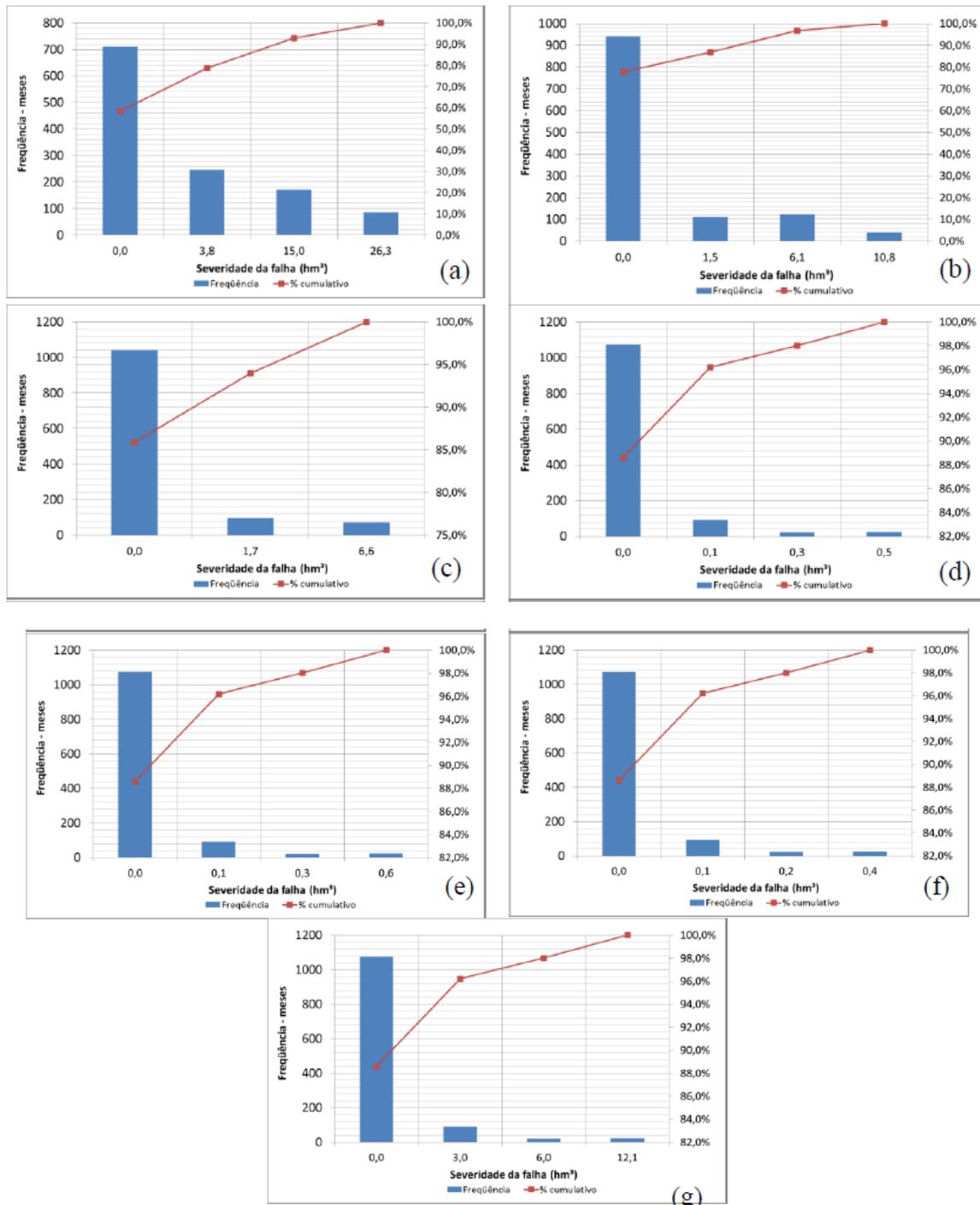
**Tabela 1.4 - Vulnerabilidade máxima dos reservatórios do sistema Jaguaribe-Metropolitano, para a operação Nível Meta**

	Máxima	Período em que ocorreu	Média do período	
	(hm <sup>3</sup> )	(meses)	(hm <sup>3</sup> /mês)	(m <sup>3</sup> /s)
<b>Castanhão</b>	2769,0	146,0	19,0	7,3
<b>Orós</b>	909,9	130,0	7,0	2,7
<b>Banabuiú</b>	559,6	118,0	4,7	1,8
<b>Aracoiaba</b>	6,2	18,0	0,3	0,1
<b>Pacajús</b>	6,7	18,0	0,4	0,1
<b>Pacoti-Riachão</b>	4,6	18,0	0,3	0,1
<b>Gavião</b>	135,7	18,0	7,5	2,9

Calculou-se também a resiliência dos reservatórios para a regra de operação dada. Esta informação mede o tempo médio que o reservatório demora para retornar a um determinado nível após ter ido para um nível inferior.

Os reservatórios do sistema Metropolitano demoram, em média, 4,6 meses para retomar o atendimento da sua demanda plena a partir do momento em que a deixou de atender. O tempo que o reservatório Castanhão, em média, precisa para retornar ao seu estado de normalidade é de 60 meses após deixá-lo, e cerca de 11 meses para voltar ao estado de seca Severa após entrar no estado de Seca extrema.

A **Tabela 1.5** mostra a resiliência em meses dos reservatórios analisados em cada um dos níveis de seca.



**Figura 1.14 - Histograma das severidades das falhas da operação do sistema Jaguaribe-Metropolitano com a regra de operação com Níveis Metas para o sistema desagregado: (a) Castanhão; (b) Orós; (c) Banabuiú; (d) Aracoiaba; (e) Pacajús; (f) Pacoti-Riachão; (g) Gavião.**

**Tabela 1.5 - Tempo de resiliência (meses) dos reservatórios integrantes do sistema Jaguaribe-Metropolitano, para a regra de operação Nível Meta.**

	<b>Normal</b>	<b>Alerta</b>	<b>Seca</b>	<b>Seca Severa</b>	<b>Seca Extrema</b>
Sistema Jaguaribe	43,7	33,6	25,1	6,6	0,0
Castanhão	59,7	23,9	18,4	10,8	0,0
Orós	26,6	24,5	17,8	5,4	0,0
Banabuiú	28,6	19,0	18,3	0,0	0,0
Sistema Metropolitano (Aracoiaba, Pacajús, Pacoti-Riachão e Gavião)	10,8	4,6	2,2	1,5	0,0

A definição de uma política de operação de reservatórios que permita a interação entre a alocação de longo prazo e de curto prazo é de grande importância para a gestão eficiente, equitativa e sustentável dos recursos hídricos.

A regra de operação mostrada acima pode ser modificada de forma que se torne apta para a implantação num sistema real de reservatórios. Vale ressaltar que essa regra é apenas uma demonstração do zoneamento de reservatórios. Recomenda-se, ainda, que novas simulações possam ser realizadas incorporando os anos de 2013 a 2016, haja vista que esses constituem uns dos períodos mais secos da história do Estado.

## **2 - SEGURO PARA ATIVIDADE AGRÍCOLA**

## 2 - SEGURO PARA ATIVIDADE AGRÍCOLA

### 2.1 - INTRODUÇÃO

A agricultura é uma prática que tem sido utilizada para a produção de alimentos e aproveitamento dos solos desde o período Neolítico. Ao longo dos anos, ela foi sendo aprimorada, adaptada e vem conquistando, cada vez mais destaque no desenvolvimento socioeconômico cearense.

É uma atividade de elevados riscos e significativas incertezas. Essas inseguranças são decorrentes tanto da instabilidade das questões climáticas, quanto das pragas e doenças e oscilações no mercado (GUIMARÃES; NOGUEIRA, 2009). Assim, uma adequada gestão de riscos é indispensável para que se tenha estabilidade nesta atividade.

Para Dwyer *et al.* (2004), o risco depende de três elementos: o perigo, a vulnerabilidade e a exposição. Para o mesmo autor, essa relação é proporcional, ou seja, se um destes elementos aumentar ou diminuir então, o risco aumenta ou diminui, respectivamente. No âmbito financeiro, o risco é definido pela probabilidade de ocorrência de eventos que possam ocasionar perdas monetárias mensuráveis para os investidores.

Um dos principais riscos que o setor agrícola está exposto é o risco climático. Um fenômeno climático extremo impacta os cultivos agrícolas por meio da redução e/ou eliminação da sua produção. Seus efeitos podem ser residuais ou multiplicadores e, podem ter severas consequências espaço-temporais. Por exemplo, em regiões em que a atividade agrícola tem peso expressivo no Produto Interno Bruto (PIB), a ocorrência de eventos climáticos indesejáveis pode afetar toda uma sociedade pela redução no PIB e, conseqüentemente, da renda. Ademais, quando um fenômeno climático atinge a agricultura indiretamente, outros setores, como o comércio e a indústria também são afetados (BUAINAIN; VIEIRA, 2011).

Uma das estratégias mais utilizadas na gestão de risco climático é transferir o risco por meio de mecanismos financeiros como: seguros, compensações e derivativos climáticos. Nesse contexto, o relatório apresenta uma proposta de seguro agrícola para períodos de escassez hídrica. Ele está organizado em três capítulos em adição a este.

O segundo capítulo elucida a relação entre o risco climático e a agricultura expondo a necessidade de medidas de gestão desse risco. O terceiro capítulo apresenta uma contextualização sobre os mecanismos financeiros que podem ser utilizados como instrumentos de transferência de risco mostrando seus conceitos e vantagens. No quarto capítulo expõe-se a proposta do seguro agrícola citando os agentes envolvidos, o gatilho de acionamento do mecanismo o cálculo do prêmio bem como os procedimentos de implantação e forma de contingenciamento. Este seguro será indexado por meio de um índice climático que identificará o estado do sistema hídrico. Este tipo de modelo elimina a necessidade de avaliar as perdas individuais e com isso, reduz os custos de transação.

## 2.2 - RISCO CLIMÁTICO E AGRICULTURA NO ESTADO DO CEARÁ

A seca é característica usual do clima e ocorre, praticamente, em todos os países, em algum grau. É um evento socionatural que está associado à escassez hídrica relativa e a capacidade da sociedade de mitigar ou adapta-se ao estresse associado à mesma.

No cenário econômico, a seca representa, além da quebra da expectativa de produção, o imediato acréscimo nos preços dos alimentos básicos e a queda da demanda agregada, bem como a redução no nível de renda e ocupação rural, desdobrando-se sobre os demais setores econômicos, tais como comércio, indústria e serviços, com a consequente redução na arrecadação estadual e nas taxas de crescimento do Estado ou da região (KHAN, *et al.* 2005).

Particularmente, a história do Ceará é marcada por recorrentes eventos de secas como os que ocorreram nos anos de 1777, 1887, 1915, 1950, 1970, 1983, 1993 e a seca mais atual que afeta este estado desde 2011.

O esforço inicial desenvolvido no Ceará para mitigar dos efeitos da seca nas atividades econômicas deu-se por meio de duas iniciativas: i) construção de infraestrutura de suprimento de água (reservatórios, canais e adutoras) e ii) redução da vulnerabilidade das organizações econômicas (orientando o perfil econômico para comércio, turismo e indústria e transformando a agricultura através da irrigação).

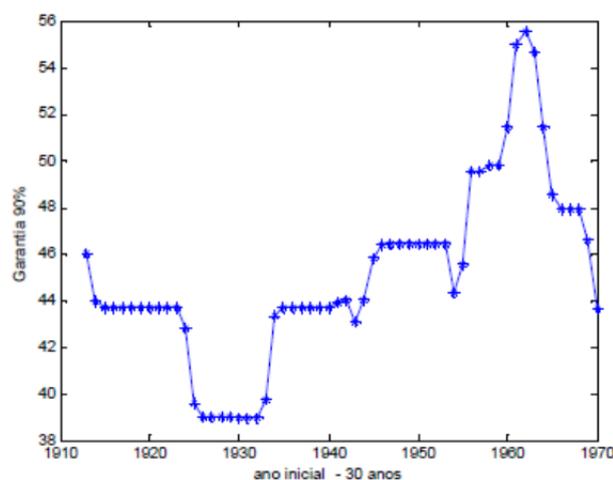
A existência de infraestrutura hídrica de estocagem de água oportunizou a irrigação, sendo esta uma forma de adaptação da agricultura a variabilidade do clima que as

sociedades humanas desenvolveram há alguns milhares de anos. Esta forma de adaptação foi intensamente disseminada no estado do Ceará durante o século XX através da intervenção estatal que atuou na elaboração dos planos e programas nacionais de desenvolvimento.

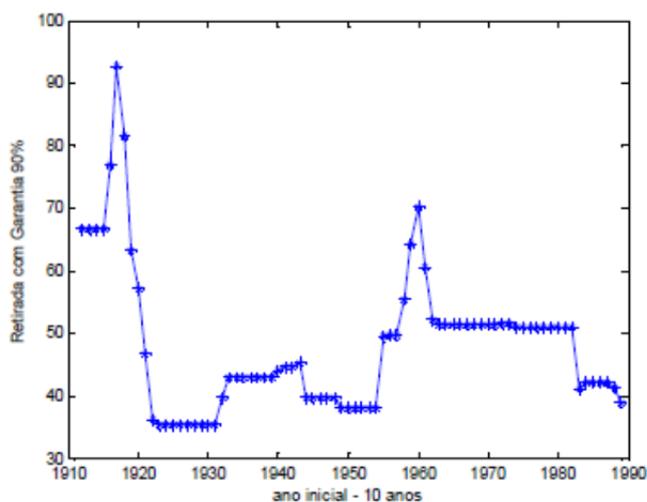
A variabilidade climática corresponde a variações no estado médio do clima nas escalas temporais e espaciais além de eventos climáticos individuais (USAID, 2007). A variabilidade temporal pode ocorrer em diversos padrões, como a variabilidade climática decadal, interanual e sazonal e pode gerar impactos significativos nas atividades humanas (ALVES, 2012).

A variabilidade sazonal determina o ciclo de ocorrência dos períodos úmidos e secos no qual a população procura conviver (TUCCI, 2002). A variabilidade interanual está associada a processos geofísicos (oceânicos e atmosféricos) em escala planetária que condicionam, regionalmente, a variabilidade hidrológica. Enquanto que a variabilidade climática decadal consiste em modos plurianuais de variação em que se têm longos períodos de anos secos, seguidos de outros tantos mais úmidos.

A variação entre décadas úmidas e secas pode ter seu impacto na vazão regularizada como exposto nas **Figuras 2.1 e 2.2**. Na primeira figura tem-se o cálculo de vazões regularizadas com 90% de garantia para uma janela temporal de 30 anos. Observa-se que a vazão regulariza varia entre 39 m<sup>3</sup>/s e 55 m<sup>3</sup>/s. Caso fosse utilizado uma janela de 10 anos ter-se-á uma variação entre 35-90 m<sup>3</sup>/s como mostrada na Figura 15.



**Figura 2.1 - Vazão regularizada do Reservatório Orós com 90% de garantia em uma janela temporal de 30 anos.**



**Figura 2.2 - Vazão regularizada do Reservatório Orós com 90% de garantia em uma janela temporal de 10 anos.**

Em grosso modo, é possível traduzir esta variação da regularização com janela de 10 anos em impacto da área irrigada utilizando um consumo médio por hectare de 1l/s.ha; neste caso, poder-se-ia irrigar em torno de 90 mil hectares com o valor máximo e 35 mil hectares com o valor mínimo durante uma década. A utilização do primeiro valor como referência para a Outorga possibilitaria a geração de grande benefício econômico nos períodos úmidos e oneraria com o custo fixo associado à infraestrutura de irrigação em períodos secos, enquanto a utilização da segunda vazão importaria a significativa redução do benefício social em períodos mais úmidos.

Os dados mostrados acima indicam como a variabilidade climática pode impor riscos operacionais ao hidrossistema e, especificamente ao setor agrícola. Esses riscos ressaltam a necessidade de adaptar as regras, os instrumentos de gestão e as instituições que governam a relação entre os agentes socioeconômicos.

Conforme World Bank (2011), a gestão de risco climático deve ser planejada e pode ser realizada por meio de três abordagens:

- Mitigação do risco – diminuição ou limitação do impacto do adverso. Um exemplo de estratégia para essa abordagem é a diversificação de atividades;
- Convivência com o adverso - refere-se a melhorar a resiliência para suportar e gerenciar riscos, por meio da preparação *ex-ante* e fazendo uso de mecanismos

formais e informais a fim de sustentar a produção e subsistência após um evento. A principal característica de um sistema resiliente é sua flexibilidade e capacidade de perceber ou eventualmente criar opções para enfrentar situações imprevistas e de risco;

- Transferência do risco – está relacionada com a transferência do potencial financeiro que um agente receberia caso não fosse atingido pelo risco.

Brown e Carriquiry (2007) propuseram a adoção de mecanismos financeiros para gerir riscos advindos do clima visando a transformar a variabilidade hidrológica em valores monetários de forma a possibilitar a garantia de renda a população na ocorrência de um evento hidrológico extremo. Nesse contexto, Courbage e Stahel (2012) advertem que uma das questões-chave em operacionalizar esses mecanismos para segurar eventos climáticos extremos é a quantidade de capital necessário para fornecer proteção contra esses eventos.

Apesar dessa questão, a Rede de Conhecimento do Clima e Desenvolvimento (2012) ressalta que os mecanismos financeiros já têm sido reconhecidos internacionalmente como instrumentos integrantes da adaptação e da gestão de riscos de desastres naturais. Por isso, diversas organizações internacionais já estão apoiando países para explorar o potencial de transferência de risco seja pelo desenvolvimento de instrumentos usualmente associados a um pagamento (como os seguros) ou por mecanismos usualmente informais e sem pagamento (como as compensações).

### 2.3 - MECANISMOS FINANCEIROS

Mecanismos financeiros tem sido utilizado como meio de recompensar os agentes sociais pelos riscos a que eles foram expostos ou a que decidiram expor-se. Essa proteção não é realizada com a eliminação do risco, ao contrário, ocorre por intermédio da transferência do risco.

Atualmente, na gestão de riscos climáticos, tem-se utilizado três mecanismos de proteção: i) os seguros tradicionais, ii) os seguros indexados e iii) os derivativos climáticos.

Os seguros tradicionais são construídos para proteger o agente social e econômico contra as perdas. Já o seguro indexado é projetado usando um índice (por exemplo,

precipitação e vazão afluente) que serve como *proxy* para perdas, eliminando a necessidade de avaliar as perdas individuais (SKEES; COLLIER, 2008).

Os derivativos vêm sendo utilizados há muitos séculos, mas, só foram aplicados para proteção aos riscos climáticos no século final do século XX, entretanto, eles sempre estiveram disponíveis a poucas empresas e com altos custos.

De acordo com Campbell e Diebold (2005), os derivativos climáticos constituem um novo e fascinante tipo de título financeiro que propicia pagamentos predeterminados se um evento climático pré-especificado ocorrer. Diferentemente dos seguros indexados, esses instrumentos são estruturados para auxiliar empresas a protegerem-se contra eventos que não são extremos (JEWSON; BRIX; ZIEHMAN, 2005).

A seguir será apresentada uma descrição mais consistente desses instrumentos de proteção ao risco.

### **2.3.1 - Seguros Tradicionais**

O seguro é um dos instrumentos mais antigos para lidar com eventos incontroláveis, de maneira a reduzir as incertezas e os riscos presentes no cenário real. Em alguns casos, a probabilidade de perda ou dano não pode ser reduzida, com isso o seguro é uma das formas mais eficientes para transferência de riscos. Além disso, ele pode ser visto como uma estratégia de adaptação aos impactos do clima.

O debate sobre o uso dos seguros para gerir o risco climático iniciou no setor de agricultura nos Estados Unidos, nos anos de 1920, e cresceu após as secas de 1934 e 1936. Em outros países, o seguro contra os riscos climáticos também foi implantado para as atividades agrícolas. No Japão, o seguro agrícola iniciou-se em 1939, na Índia, em 1947, no Sri Lanka, em 1958, na Suécia, em 1961, e no México, em 1964. No Canadá, em 1964, a lei de seguro foi alterada para a criação de um fundo de resseguro, que aumentava a participação do agricultor no financiamento do programa (FERREIRA; FERREIRA, 2009).

Em outros países, o seguro para atividades agrícolas também foi implantado para reduzir os riscos climáticos. No Japão, o seguro agrícola iniciou-se em 1939, na Índia, em 1947, no Sri Lanka, em 1958, na Suécia, em 1961 no México. No Canadá, em

1964, a lei de seguro foi alterada para criação de um fundo de resseguro, que aumentava a participação do agricultor no financiamento do programa (WRIGHT & HEWITT, 1994 apud FERREIRA & FERREIRA, *op cit.*).

No Brasil, em 1939, foi criado o Instituto de Resseguros (IRB), responsável pelas operações de resseguros de todo o mercado nacional. Em 1954, instituíram-se e se disciplinaram os seguros agrícolas e pecuários, com a criação da Companhia Nacional de Seguro Agrícola (CNSA). Em 1966 foi instituído o Sistema Nacional de Seguros Privados (SNSP), mediante o qual o Governo estabelece as normas de funcionamento dos seguros privados e fiscaliza sua aplicação no mercado brasileiro. O mesmo instrumento criou também o Fundo de Estabilidade do Seguro Rural (FESR) com a finalidade de garantir o equilíbrio das operações agrícolas no país, bem como atender à cobertura suplementar dos riscos de catástrofe rural (VIEIRA JUNIOR, *et al*, 2009).

Desta forma, durante décadas o mercado de seguros brasileiro viveu sob o monopólio do resseguro exercido pelo IRB que gerou vantagens e desvantagens para este mercado. Por um lado, o monopólio do resseguro contribuiu para uma maior retenção de divisas enquanto que, por outro lado prejudicou o desenvolvimento do mercado segurador brasileiro nas modernas técnicas de *underwriting*<sup>4</sup>(CARLINI, 2010 p. 187).

No contrato clássico de seguro apresentado por Cordeiro Filho (2009), o segurador se obriga, mediante pagamento do valor pago pelo segurado, denominado prêmio, a garantir interesse legítimo do segurado contra riscos predeterminados. O prêmio calculado inicialmente é puro (PE), e quando sofre os acréscimos de despesas de carregamento ou sobrecarga (despesas administrativas, operacionais, impostos, cobrança, etc.) é denominado comercial (Pc).

$$Pc = PE + S \quad (7)$$

Em que, S é a sobrecarga que está exposta na equação 11.

Deste modo, para se determinar o preço ou valor comercial, é necessário calcular o valor matemático do risco, o custo médio por sinistro e o prêmio estatístico.

---

<sup>4</sup>*Underwriting* é o processo de avaliação de riscos, seleção de seguros, transferências de riscos, determinação de condições e cláusulas de apólices de seguros e precificação. Este processo também pode ser classificado como sinônimo de seguros (CARLINI, *op. cit.*, p. 189).

▪ **Valor matemático do risco (VMR)**

$$VMR = \frac{NS}{NOER} \quad (8)$$

Em que:

NS é o número de sinistros;

NOER é o número de objetos expostos ao risco.

Esse valor é expresso na forma percentual e é chamado de taxa estatística.

▪ **Custo médio por sinistro (CMS)**

O CMS é a relação matemática entre o prejuízo total (PT) e o número de sinistros efetivados (NSE).

$$CMS = \frac{PT}{NSE} \quad (9)$$

▪ **Prêmio estatístico (PE)**

O PE também é chamado de prêmio puro, pois, considera em seus cálculos as variáveis estatísticas e não admite variáveis de carregamento. Ele é o produto do CMS pelo VRM.

$$PE = VMR \times CMS \quad (10)$$

Com isso pode-se dizer que:

$$S = PE \times i \quad (11)$$

sendo  $i$  uma taxa sobre o prêmio puro tem-se que:

$$Pc = PE + PE \times i \quad (12)$$

$$Pc = PE (1 + i) \quad (13)$$

A taxa de juros e a probabilidade de dano são os pilares do seguro. Ela também é conhecida como juro técnico e é fixa.

Para que os modelos tradicionais funcionem de maneira adequada, deve-se obedecer a algumas condições de segurabilidade. Essas condições estão descritas no estudo de Skees e Barnett (1999): i) a perda esperada deve ser mensurável e estimável; ii) as

circunstâncias de uma perda devem ser bem definidas, além disso, devem ser não intencionais e acidentais; iii) deve haver um grande número de unidades expostas, homogêneas e independentes; iv) o prêmio deve ser economicamente viável e, v) não haja perda catastrófica.

### 2.3.2 - Seguros Indexados

Os seguros indexados são aqueles que propõem uma cobertura sobre a fonte do risco diferentemente dos modelos tradicionais de seguro que promovem uma proteção contra as perdas.

Nos últimos anos, o seguro indexado tem sido amplamente aplicado. Brown e Carriquiry (2007) sugeriram um seguro indexado à afluência ao reservatório como mecanismo para suavizar o custo de fornecimento de água. Skees (2003) propôs o uso de contratos de seguro indexado para transferir os riscos de desastres naturais aos mercados globais que oferecem oportunidades únicas às pequenas entidades de financiamento rural. Breustedt *et al.* (2008) analisaram a redução do risco climático por intermédio de contratos de seguros índice para fazendas de trigo do Cazaquistão. Skees (2008) projetou esse tipo de seguro para atender os países pobres de baixa renda, onde mercados financeiros rurais e agrícolas estão, em grande parte, subdesenvolvidos.

O interesse por essa ferramenta de proteção ocorreu porque ela resolve alguns problemas já identificados nos seguros tradicionais, como os elevados custos de transação que inviabilizam os seguros para seguradoras particulares e pequenos agricultores. Outra vantagem em relação ao seguro tradicional é que ele reduz o risco moral<sup>5</sup> e a seleção adversa<sup>6</sup> (HELLMUTH *et al.*, 2009) bem como, promovem a cobertura contra a fonte do risco, como já citado, e não para a consequência como, por exemplo, para a produção agrícola reduzida (LEIVA; SKEES, 2008).

---

<sup>5</sup> O risco moral está relacionado com a assimetria de informação e é consequência do comportamento oportunista dos agentes envolvidos no contrato de seguro após a execução dele (RODRIGUES, 2008, p.15-17).

<sup>6</sup> A seleção adversa, no âmbito de seguros, ocorre quando os indivíduos utilizam informações privadas sobre seus próprios riscos para escolherem contratar um seguro ou outro, em troca de uma maior, ou melhor, cobertura por acreditar que estava pagando uma taxa superior à que deveria ser cobrada por pessoas com o seu nível de risco.

Skees e Leiva (2005) também citam a informação incompleta e a disponibilidade de dados como desvantagens dos modelos clássicos e têm os seguros com base em índices como uma oportunidade de contornar esses problemas.

Além disso, os seguros indexados possuem um baixo custo de administração, pois o pagamento das indenizações baseia-se exclusivamente no valor real do índice e podem ter uma estrutura padronizada já que os contratos não precisam ser adaptados para cada usuário podendo ter uma forma simples e uniforme e, assim, mais uma vez, os custos administrativos são menores (SKEES, 2008).

Porém, segundo o mesmo autor, esses seguros estão vulneráveis ao risco de base que ocorrem quando os pagamentos de seguros não coincidem com as perdas reais ou há um pagamento, mas, não existem perdas. Em geral, ele é menor quando a perda financeira é altamente correlacionada com o clima e quando os contratos possuem estrutura, tamanho e locação ótima. Ele pode ocorrer em qualquer instrumento financeiro indexado uma vez que os danos são pré-estimados a partir da série de eventos possíveis e a magnitude desse evento é levada em consideração no cálculo da indenização.

Conforme Carriquiry e Osgood (2008), para a agricultura, o risco de base pode estar relacionado com a disponibilidade de dados e a proximidade da safra com a estação meteorológica. No entanto, Skees (2008) ressalta que os avanços das tecnologias induzirão a uma maior disponibilidade de dados bem como, fornece as informações cada vez mais robustas o que irá reduzir este problema.

Diante dessas questões, o projeto do contrato e a seleção do índice são fases de crucial importância para tornar esse tipo de seguro viável.

O índice precisa ter uma série histórica de dados consistente e um sistema legal e regulatório desenvolvido (SKEES; COLLIER, 2008). Assim, projetar esse tipo de seguro e um contrato que seja atraente e atenda a necessidade dos segurados é um desafio.

Alguns autores ressaltam que a comunicação com os segurados é parte crucial na execução de um programa de seguros índice. Para Barnett e Mahul (2007), uma das principais preocupações das organizações reguladoras tem sido acerca da compreensão dos segurados em relação aos contratos. Além disso, estudos também

descobriram que a comunicação pode aumentar a confiança nesse instrumento (PATT *et al*, 2009; OSGOOD *et al*, 2007).

Conclui-se que o seguro indexado é uma ferramenta importante na gestão do risco climático podendo mitigar as perdas econômicas incorridas pelos eventos adversos do clima. No entanto, a compensação por um evento climático desfavorável aos agentes sociais ou às instituições também pode ser gerada por outro instrumento de gestão, como os derivativos climáticos.

### **2.3.3 - Derivativos Climáticos**

A primeira transação realizada no mercado de derivativos climáticos ocorreu no ano de 1997 em resposta a um El Niño de inverno ocorrido entre os anos de 1996 e 1998, nos Estados Unidos. Nesse período, muitas empresas decidiram cobrir o risco de invernos tendo em vista a possibilidade de ganhos significativos (CONSIDINE, 2006).

Desde a sua criação, esse mercado tem se expandido fortemente e atualmente, os contratos são realizados em três locais: Estados Unidos, Ásia/Pacífico e Europa (BARTH *et al.*, 2008). De acordo com Brocket, Wang e Yang (2005), o rápido crescimento desse mercado tem ocorrido por meio das empresas do setor de energia para eletricidade e gás natural.

De acordo com Kimura (1998), os derivativos podem ser conceituados como contratos financeiros cujo valor depende ou deriva do preço de um ativo denominado de ativo-objeto. Desse modo, um derivativo climático representa um contrato financeiro cujo resultado depende do nível de um índice determinado por um fenômeno associado ao clima (PLATEN; WEST, 2005). Assim, o ativo-objeto está ligado a variáveis como, precipitação e temperatura.

Os derivativos caracterizam-se por serem ativos cujo valor futuro é incerto, não podendo esse ser determinado no ato da aquisição. Assim, a essência desse mercado é negociar, no presente, o valor futuro de um ativo. Para tanto, é realizado um acordo entre comprador e vendedor, no qual o montante perdido por um dado agente corresponde, exatamente, aos ganhos por outros, excetuando-se os custos de transação (CALIJURI, 2009).

Vale ressaltar que os mercados de derivativos de clima envolvem a previsão climática. Campbell e Diebold (2005) argumentam que, mesmo em uma situação de elevadas variações na variável climática, a procura por derivativos climáticos para *hedge* não seria significativa caso a previsibilidade fosse elevada. Com isso, a incerteza é chave para que haja demanda nesses mercados. Em contraponto, os preços trabalhados nos mercados de derivativos podem indicar expectativas em relação ao clima do futuro.

As primeiras operações de derivativos climáticos ocorreram em mercados de balcão. Em seguida, devido aos riscos de crédito, houve um desenvolvimento no mercado de bolsa. Os principais contratos são negociados na Chicago Mercantile Exchange (CME) e na London International Financial Futures Exchange (LIFFE). Já os principais mercados para esses contratos são aqueles que enfrentam o risco climático em seu negócio principal, tal como companhias de serviço público de energia, empresas de construção, entretenimento e negócios agropecuários (KIMURA, 2010).

Lopes e Lima (2003) citam quatro formas de contratos de derivativos climáticos, são eles: swaps, contratos a termo (*forward*), contratos futuros, e contratos de opção. Cada um deles será apresentado a seguir:

#### ▪ Swaps

O swap consiste em um acordo estabelecido entre duas partes para troca futura de fluxos financeiros (PENTEADO, 2011). Segundo Glasenap (2007), esse tipo de contrato surgiu em meados da década de 1970, em momento de grandes variações cambiais, especificamente, no colapso do acordo de Breton Woods<sup>7</sup>, de forma que eram contratos *back to back*, ou seja, empresas de países diferentes acordavam em trocar empréstimos de quantias financeiras, de modo que os montantes financeiros ficassem no próprio país de origem das empresas.

Na prática, o objetivo dos *swaps* é trocar um índice flutuante por um preço fixo. Em um Swap, a parte vendedora “recebe” um índice fixo e “entrega” um índice flutuante, enquanto que a compradora “entrega” um índice fixo e “recebe” um índice variável de

---

<sup>7</sup>O acordo consistia em uma série de disposições que definiam os parâmetros que iriam reger a economia mundial após a Segunda Guerra Mundial.

tal forma que as duas partes conseguem negociar a um preço fixo. Assim, caso ocorra diferença positiva entre a curva de preços e o preço fixo em um dado período, a parte vendedora paga à compradora o montante obtido pelo produto dessa diferença e do volume do contrato. Inversamente, em caso de disparidade negativa, quem paga a quantia é a compradora (LEME, 2008).

Eles são negociados em balcão mas, também podem ser registrados em bolsa para dar garantia aos itens acordados. Além disso, uma das partes tem o direito de prorrogá-lo além do prazo predeterminado, ou cancelá-lo. Nesse caso, existe a opção para uma das partes de encerrar o contrato a qualquer momento antes do prazo previsto (MONTANO, 2004)

#### ▪ **Contratos a termo**

No contrato a termo, um vendedor e um comprador fixam, no presente, o preço de certo ativo que deve ser liquidado em um prazo determinado (30, 60 ou 90 dias). Por liquidar deve ser entendido que o comprador paga o combinado ao vendedor que, por sua vez entrega o ativo negociado (SIMÕES, 2011).

Assim, o comprador utiliza essa ferramenta para se proteger contra o risco de uma elevação brusca no preço do ativo, enquanto o vendedor assume a operação com o objetivo de eliminar os riscos relacionados com uma possível queda no preço de sua mercadoria (MONTANO, 2004).

No mercado a termo, os contratos são intransferíveis (KALIJURI, 2009). Contudo, segundo Montano (2004) existem três modalidades do contrato que determinam a possibilidade de as operações serem liquidadas antes do seu tempo, são elas: Contrato a Termo Vontade do Comprador, Contrato a Termo Vontade do Vendedor e Contrato a Termo por Acordo Mútuo. Com esses, os compradores e vendedores tem a flexibilidade de determinar, dentro de limites estabelecidos pelas bolsas e órgãos fiscalizadores, o prazo e o tamanho dos contratos, bem como outras condições que julguem ser de seus interesses.

Como desdobramento dos mercados a termo, no sentido de aperfeiçoá-los e torná-los mais compatíveis com as necessidades dos agentes econômicos, sugeriram os mercados futuros.

#### ▪ **Contrato futuro**

Os contratos futuros diferem dos contratos a termo, principalmente, devido à sua alta padronização e organização o que significa que eles só podem ser negociados em bolsa. Essa padronização é fundamental não somente para dar liquidez aos contratos, mas, também, para garantir o encerramento de operação inicialmente contratada (PENTEADO, 2011).

O aparecimento desse mercado está relacionado aos problemas advindos da sazonalidade dos produtos agrícolas, cujas colheitas se concentram em um período do ano, enquanto os consumidores necessitam de tais produtos durante todo o ano (MORAES, 2009).

Ele representa uma troca de obrigações, entre o comprador e o vendedor, para a liquidação de uma posição em uma data futura, denominada de data de vencimento do contrato (KIMURA, 2010). Os compradores e vendedores podem ser tanto *hedgers*, que detêm ações e buscam proteção contra o movimento adverso nos preços das mesmas no mercado à vista por meio da abertura de uma posição a futuro oposta, como especuladores, que têm por objetivo realizar ganhos com os movimentos de preços no futuro (SIMÕES, 2011).

Conforme Sanvicente (2003), as datas de vencimento desses contratos são fixas, o que leva a contratos que sejam negociados em datas diferentes tenha a mesma data de vencimento. Isto possibilita que a posição de compra de um determinado ativo – objeto possa ser liquidado pela simples venda de um número de contratos futuros do mesmo ativo para o mesmo vencimento.

Diferentemente dos mercados futuro, têm-se os mercados de opção, no qual as margens de garantia e os ajustes diários que desestimulam muitos participantes são substituídos por um único pagamento inicial, que representa sua perda máxima (HULL, 1996).

#### ▪ **Contrato de opção**

Conforme Montano (2004), no mercado de opções, é negociado o direito de compra ou venda de um ativo numa data futura, por um preço pré-determinado. O titular da opção

é quem compra o contrato e, com isso, adquire um direito. Já o participante que vende uma opção é conhecido como lançador e, ao fazê-lo, assume uma obrigação. Assim, ele permite que o seu detentor tenha um direito sobre algo, mas, diferentemente dos outros contratos, não o prende a nenhuma obrigação.

Para Bessada, Barbedo e Araujo (2009), esse contrato é uma variante do contrato futuro, pois funciona como um seguro patrimonial, em que o segurado paga o valor do prêmio para ter o seguro contratado e manter seu patrimônio protegido em caso de danos ao mesmo. Esse direito somente é exercido caso as circunstâncias sejam favoráveis: no caso da opção, se as condições de preço forem atraentes ao titular da opção. Caso contrário, o direito não é exercido, perdendo o segurado o valor do prêmio pago (ZAVAGIA; MASTELLA; KLOECKNER, 2011)

Ele é formado pela opção de compra *Call* e opção de venda *Put* (SIMÕES, 2011). O contrato *call* dá ao titular o direito de comprar o ativo-objeto no futuro a um preço pré-determinado, com o lançador assumindo a obrigação de vendê-lo nas mesmas condições. De forma análoga, mas inversa, uma opção de venda confere ao titular o direito de vender o ativo-objeto no futuro a um preço pré-determinado, mas agora é o lançador que assume o dever da compra.

Um agricultor, por exemplo, agindo como *hedger*, estará sempre adquirindo opções de venda de sua produção pelas quais pagará o prêmio e exercerá o seu direito se o preço de exercício for superior ao preço do mercado físico. No caso de o preço de exercício estar abaixo do preço da *commodity* no mercado físico à vista, o agricultor deixa de exercer seu direito e perde o valor do prêmio pago (ZAVAGLIA *et al*, 2011).

Assim, com as opções, é possível executar diferentes estratégias para as mais diversas necessidades de *hedge* em vários tipos de mercado (CALIJURI, 2009). Segundo Brown e Carriquiry (2007), esse tipo de contrato também é usado como alternativa ao mercado de água para uma troca de uso d'água por uma compensação financeira em anos de seca. Nesse caso, os contratos seriam negociados a um preço ajustado e forneceria uma confiança e credibilidade de uma troca quando necessária.

Com isso, a água permanece produtiva em todos os anos, diferentemente de algumas medidas de alocação de água que utilizam estratégias conservadoras para a operação

dos sistemas hídricos. Além disso, de acordo com Brown e Carriquiry (2007), essa ação cria um incentivo a adquirir um volume maior de direitos que o necessário para assegurar água suficiente em anos secos.

Para Characklis *et al.* (2006), o contrato de opção ano-seco pode fornecer a disponibilidade que, de outra forma, a infraestrutura instalada não poderia ofertar.

Dessa forma, os contratos de opção, bem como, os outros tipos de derivativos é uma forma de transferência de risco que tem a possibilidade de uma maior utilização à medida que seus conceitos são disseminados, tendo em vista que, conforme já discutido, fenômenos climáticos afetam um elevado número de setores.

## 2.4 - PROPOSTA

O modelo proposto visa proteger o setor agrícola da escassez hídrica e corresponde a um seguro índice que conforme descrito na seção anterior possui custos de transação menores que os seguros tradicionais.

O risco de seca corresponderá à probabilidade de ocorrência desses eventos. A percepção desse risco está relacionada com o comportamento dos agentes expostos a ele podendo ser de indiferença, aversão ou propensão ao risco por isso, o segurado é que tomará a decisão de contratar ou não o mecanismo financeiro para sua proteção.

### 2.4.1 - Agentes Envolvidos

Pode-se caracterizar quatro agentes principais em um sistema de securitização: o segurado, a seguradora, a resseguradora e o regulador.

O segurado pode ser individual ou um grupo de agricultores que receberá da seguradora o ressarcimento parcial ou total das perdas obtidas com a escassez hídrica mediante a contratação do seguro e o pagamento do prêmio.

A seguradora é a instituição que possui solvência financeira para ressarcir o segurado pelo sinistro ocorrido, neste caso, a seca. Para isso, ela recebe um prêmio calculado com base nos benefícios dos segurados, nos custos administrativos e na taxa de juros.

Ela tem a possibilidade de diluir os riscos por meio da contratação de uma resseguradora, componente importante dos seguros de desastres naturais. De forma geral, este tipo de instituição atua internacionalmente ajudando a reduzir os valores a

serem pagos pelos seus serviços. A responsabilidade do segurador é sempre limitada ao risco assumido.

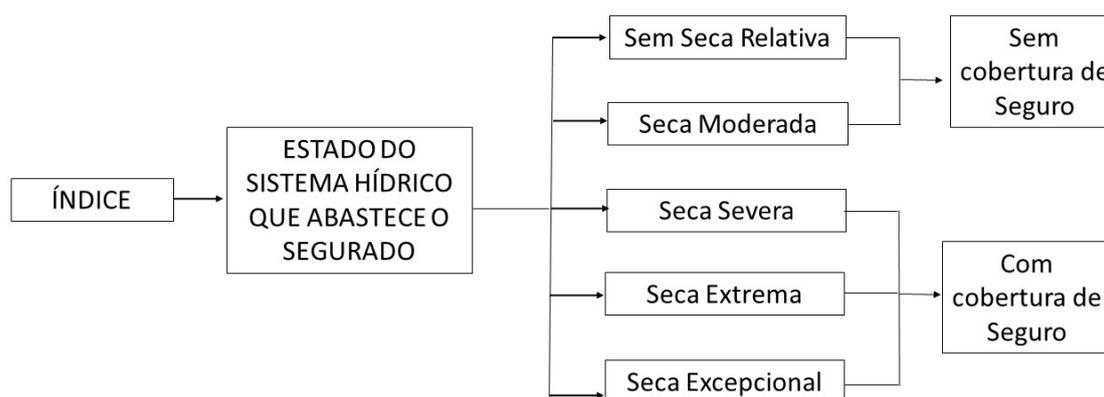
Nesse tipo de sistema também se faz necessário um regulador para definir os termos de aplicação do mecanismo, estabelecer limites de prêmios, fiscalizar políticas de investimentos e a solvência do fundo financeiro da seguradora, etc. Essa função pode ser realizada por uma instituição do Governo.

O regulador tem duas funções principais. Primeiro, ele tem a função de proteger o consumidor de qualquer forma de má conduta da seguradora. Em segundo, ele tem a função de proteger o provedor de seguros da exposição financeira que pode ocorrer ao oferecer seguros contra eventos que tenham perdas correlacionadas, exigindo muitos pagamentos no mesmo ano, por exemplo.

#### 2.4.2 - Designe do Seguro

O seguro terá como gatilho de acionamento o estado do sistema hídrico que abastece o segurado (estado de seca). Esse estado modifica-se conforme a severidade da seca e é definido por meio de um índice.

O sistema hídrico pode apresentar-se em quatro estados de seca, contudo, a cobertura do seguro se dará apenas para os três últimos níveis de severidade (**Figura 2.3**).



**Figura 2.3 - Estados do sistema hídrico utilizados no modelo de securitização.**

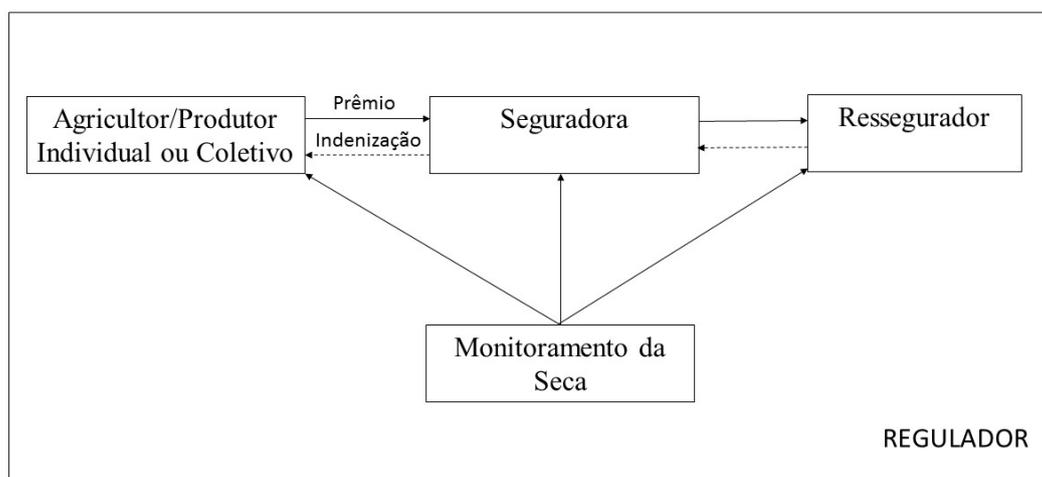
O fluxo do processo de securitização é mostrado na **Figura 2.4**. O agricultor (individual ou coletivo) contrata o seguro e paga o prêmio a seguradora. Este terá a opção de

contratar o seguro para um único nível de severidade de seca ou para todos os níveis que possuem cobertura. Esses níveis são necessários visto que a seca impacta os sistemas hídricos de forma heterogênea. O contrato do seguro é realizado para um período pré-estabelecido com indenizações e prêmios anuais.

O segurado recebe a informação do estado do sistema hídrico da instituição que monitora a seca. Ele recebe a indenização caso seja deflagrado um dos estados hídricos protegidos pelo contrato.

A informação do monitoramento da seca também é repassada a seguradora. Esta poderá estabelecer algum acordo com uma resseguradora para proteger os riscos que assumiu com a venda do mecanismo.

Todo o processo de securitização é acompanhado pelo regulador.



**Figura 2.4 - Fluxo do processo de securitização.**

#### i. Definição do estado do sistema hídrico

O estado de seca será definido por meio de um índice. As variáveis comumente utilizadas para compô-lo são: precipitação, vazão afluente e volume armazenado. As duas primeiras são variáveis puramente aleatórias e a última pode ser formada por uma combinação de eventos gerenciais e aleatórios.

Considerando que o princípio básico do seguro é não segurar a gestão e, que para a região de estudo, a recarga dos sistemas de abastecimento é mais importante que a precipitação se descartou a primeira e a terceira variável para construção do índice.

Um índice baseado na vazão pode ser construído conforme descrito por Shukla e Wood (2008). Este índice é denominado Índice Normalizado de Vazão – SRI e retrata os aspectos hidrológicos da seca ao incorporar processos que determinam defasagens sazonais na influência do clima na vazão.

O SRI é definido para a escala temporal de 4 meses e expresso matematicamente conforme a equação 14

$$\text{Índice} = \varphi^{-1}[F(x)] \quad (14)$$

Em que,  $\varphi$  a função de distribuição normal reduzida.

A distribuição de probabilidade utilizada no ajuste dos dados de vazão é a gama de dois parâmetros, definida por:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, x > 0 \quad (15)$$

em que  $\alpha > 0$  é o parâmetros de forma,  $\beta > 0$  o parâmetro de escala,  $x$  é a variável aleatória em estudo. A função gama está descrita pela equação 16.

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-y} dx \quad (16)$$

A distribuição gama só está definida para  $x > 0$  logo, quando um dado mês apresenta valores nulos, faz-se necessário o uso de uma distribuição mista, dada por:

$$F(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (17)$$

onde  $G(x)$  é uma função gama incompleta, que é a função de distribuição estimada a partir dos valores não nulos da série de dados utilizada e  $q$  a probabilidade de zeros na amostra.

Com isso, os estados de seca são identificados conforme os limiares apresentados no **Quadro 2.1**.

**Quadro 2.1 - Limiares dos índices com as devidas classificações, categorias e estados.**

SRI	Classificação	Estado
> -0,79	SS	Sem Seca Relativa
-0,80 a -1,29	S1	Seca Moderada
-1,30 a -1,59	S2	Seca Severa
-1,60 a -1,99	S3	Seca Extrema
≤ -2,00	S4	Seca Excepcional

Fonte: Adaptada de Cunha (2008).

Os índices podem ser construídos por reservatório ou de forma agregada para uma bacia hidrográfica. O **Quadro 2.2** apresenta dois índices para o reservatório Orós. O primeiro é o SRI para 12, 24 e 36 meses que foi elaborado tendo como dado de entrada a vazão afluente do reservatório. O segundo é o Índice Sintético (IS) média e mediana que foi elaborado tendo como variável de entrada o volume armazenado no reservatório.

O IS foi formulado considerando o mês de julho como referência (Equação 11).

$$\text{Se } V_i \geq V_{med} \Rightarrow I_s = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{max} - V_{med}} \right]$$

$$\text{e se } V_i < V_{med} \Rightarrow I_s = \frac{V_i - V_{min}}{2(V_{med} - V_{min})} \quad (18)$$

Em que:

$V_i$  é o volume armazenado no mês de julho após a operação do reservatório;

$V_{med}$  corresponde ao valor médio armazenado no mês de julho após a operação do reservatório obtido da série histórica;

$V_{max}$  é o volume máximo armazenado no mês de julho após a operação do reservatório;

$V_{min}$  é o volume mínimo armazenado no mês de julho após a operação do reservatório.

Suplementarmente calculou-se o IS alterando o volume médio pelo volume mediano objetivando reduzir o efeito do dimensionamento do reservatório.

**Quadro 2.2 - Valores dos índices calculados classificados por estado de seca para as escalas temporais de 12, 24 e 36 meses, em amarelo (seca moderada), laranja (seca severa), vermelho (seca extrema) e vermelho escuro (seca excepcional).**

Ano	Vazão Afluyente (Q)			Volume(V)	
	SRI-12	SRI-24	SRI-36	IS <sub>mediana</sub>	IS <sub>media</sub>
1913	0,50	-	-	0,67	0,66
1914	0,58	0,51	-	0,77	0,76
1915	0,29	0,38	0,37	0,57	0,55
1916	-0,82	-0,36	-0,10	0,50	0,47
1917	0,46	-0,19	-0,19	0,95	0,94
1918	1,61	1,28	0,81	0,96	0,96
1919	-0,24	1,04	0,91	0,70	0,69
1920	-2,26	-1,07	0,51	0,59	0,57
1921	1,04	0,28	-0,04	0,96	0,96
1922	0,62	0,90	0,37	0,97	0,97
1923	0,56	0,57	0,84	0,95	0,94
1924	-0,20	0,11	0,24	0,97	0,97
1925	2,70	2,07	1,89	0,94	0,94
1926	0,79	2,34	1,97	0,93	0,93
1927	1,51	1,36	2,50	0,73	0,72
1928	-0,68	0,86	0,91	0,57	0,55
1929	-0,58	-1,04	0,42	0,55	0,54
1930	-0,32	-0,79	-1,19	0,51	0,48
1931	-0,32	-0,63	-1,00	0,31	0,29
1932	-0,63	-0,81	-1,02	0,07	0,07
1933	-1,68	-1,46	-1,44	0,00	0,00
1934	0,36	-0,41	-0,82	0,22	0,20
1935	0,88	0,64	0,10	0,75	0,74
1936	1,05	1,06	0,89	0,63	0,61
1937	-1,32	0,32	0,56	0,50	0,47
1938	-0,42	-1,17	-0,06	0,30	0,28
1939	-0,94	-1,05	-1,64	0,17	0,15
1940	-0,07	-0,73	-1,01	0,42	0,39
1941	0,47	0,10	-0,40	0,36	0,34
1942	-0,01	0,13	-0,12	0,12	0,11
1943	-1,28	-0,75	-0,42	0,00	0,00
1944	-0,39	-1,13	-1,01	0,00	0,00
1945	-0,01	-0,44	-1,01	0,02	0,02
1946	0,52	0,17	-0,20	0,07	0,07
1947	-0,72	-0,11	-0,29	0,47	0,44
1948	1,84	1,17	1,05	0,50	0,47
1949	0,09	1,34	0,90	0,30	0,28
1950	-0,44	-0,39	0,94	0,28	0,26
1951	0,76	0,20	0,01	0,07	0,07

Ano	Vazão Afluyente (Q)			Volume(V)	
	SRI-12	SRI-24	SRI-36	IS <sub>mediana</sub>	IS <sub>media</sub>
1952	-1,01	0,07	-0,31	0,00	0,00
1953	-1,00	-1,54	-0,44	0,00	0,00
1954	-1,00	-1,54	-1,98	0,00	0,00
1955	-1,13	-1,62	-2,04	0,00	0,00
1956	0,07	-0,64	-1,15	0,00	0,00
1957	0,45	0,16	-0,36	0,04	0,04
1958	0,32	0,31	0,10	0,00	0,00
1959	-1,49	-0,44	-0,24	0,00	0,00
1960	-0,66	-1,46	-0,86	0,01	0,01
1961	1,20	0,56	0,02	0,00	0,00
1962	-0,02	0,74	0,29	0,00	0,00
1963	-0,43	-0,47	0,34	0,13	0,12
1964	0,49	-0,05	-0,24	0,71	0,70
1965	1,19	0,95	0,55	0,70	0,69
1966	0,28	0,85	0,76	0,56	0,54
1967	-0,36	-0,19	0,47	0,57	0,55
1968	0,63	0,11	0,04	0,55	0,53
1969	0,33	0,44	0,06	0,56	0,54
1970	0,26	0,18	0,30	0,37	0,35
1971	-0,85	-0,39	-0,30	0,25	0,23
1972	-0,79	-1,29	-0,86	0,08	0,07
1973	-1,47	-1,59	-1,92	0,20	0,19
1974	0,32	-0,44	-0,90	0,96	0,96
1975	2,54	2,04	1,56	0,97	0,97
1976	0,26	2,03	1,78	0,83	0,82
1977	0,19	0,09	1,74	0,83	0,82
1978	0,47	0,24	0,13	0,75	0,74
1979	-0,36	-0,03	-0,12	0,58	0,56
1980	-0,96	-1,00	-0,53	0,50	0,47
1981	-0,11	-0,77	-1,01	0,33	0,30
1982	0,64	0,22	-0,28	0,13	0,12
1983	-0,89	-0,03	-0,27	0,00	0,00
1984	-2,13	-1,81	-0,62	0,00	0,00
1985	0,11	-0,69	-1,17	1,00	1,00
1986	2,43	1,89	1,40	0,98	0,97
1987	1,01	2,20	1,89	0,88	0,88
1988	0,08	0,61	1,89	0,76	0,75
1989	0,16	-0,05	0,40	0,96	0,95
1990	1,74	1,28	0,99	0,83	0,82
1991	-0,43	1,12	0,87	0,67	0,65
1992	-0,69	-0,93	0,68	0,55	0,53
1993	-0,54	-1,01	-1,24	0,28	0,26
1994	-0,81	-1,08	-1,44	0,16	0,14
1995	-2,04	-1,71	-1,75	0,30	0,28

Ano	Vazão Afluyente (Q)			Volume(V)	
	SRI-12	SRI-24	SRI-36	IS <sub>mediana</sub>	IS <sub>media</sub>
1996	0,51	-0,26	-0,74	0,51	0,49
1997	-	-	-	0,53	0,51
1998	-	-	-	0,34	0,32
1999	-	-	-	0,17	0,15
2000	-	-	-	0,21	0,20
2001	-	-	-	0,04	0,04
2002	-	-	-	0,00	0,00
2003	-	-	-	0,00	0,00
2004	-	-	-	0,52	0,50
2005				0,30	0,28
2006				0,21	0,19
2007				0,21	0,20
2008				0,53	0,51
2009				0,70	0,69
2010				0,55	0,54
2011				0,68	0,67
2012				0,56	0,54

### 2.4.3 - Indenização

A indenização (I) será calculada sobre os benefícios financeiros obtidos com o uso da água. Assim, tem-se:

$$I_t = B_{max,t} \times \begin{cases} 0, & \text{se } S5 \text{ ou } S1 \\ k, & \text{se } S2 \\ k_1, & \text{se } S3 \\ k_2, & \text{se } S4 \end{cases} \quad (19)$$

Em que,

t é o tempo que corresponde a um ano.

$B_{max}$  é o benefício financeiro obtido quando a vazão outorgada é totalmente alocada ao segurado no tempo t;

$k, k_1, k_2$  são constantes que indicam o percentual da vazão outorgada que é protegida pelo contrato do seguro sendo  $k < k_1 < k_2$ .

Para o cálculo da indenização avalia-se o estado de seca após o período de dezembro-março.

#### 2.4.4 - Conceção do Prêmio

O prêmio será estabelecido para todo o período do contrato, mas, seu pagamento é efetuado de forma anualizada. O segurado que não pagar o prêmio estará sujeito a multas e restrições contratuais.

A seguradora estabelecerá seu próprio nível de risco podendo a taxa de prêmio ser discriminada como:

$$\text{Prêmio} = \text{Perda Esperada} + \text{Margem de Risco} + \text{Custos Administrativos}$$

A perda esperada é o pagamento médio do contrato em qualquer época. A margem de risco é o percentual da perda esperada utilizada para cobrir indenizações superiores à média e compensar a incerteza. Os custos administrativos incluem encargos de dados, custos de escritório, impostos, resseguros e custos operacionais.

O processo em que um segurador se compromete a determinar o prêmio é conhecido como *underwriting*. Segundo World Bank (2011), as seguradoras usam seus próprios métodos para determinar um risco aceitável (elegibilidade), avaliar os riscos e os contratos de preços e, por conseguinte, definem diferentes níveis de prêmio para o mesmo contrato.

#### 2.4.5 - Procedimentos para Implantação

Para implantação do mecanismo financeiro duas condições devem ser satisfeitas: (i) Disponibilidade de dados; e (ii) Capacidade de identificar e alcançar clientes.

Dados meteorológicos e hidrológicos são necessários para a realização do monitoramento das secas por meio dos índices e definição do estado do sistema de abastecimento.

Para a construção do SRI, por exemplo, faz-se necessário a aquisição dos dados de vazão afluente em cada sistema de abastecimento. Neste caso, series fluviométricas podem ser obtidas do banco de dados da Agência Nacional das Águas - ANA chamado Hidroweb ou da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. A ANA realiza o monitoramento hidrometeorológico no Brasil operando cerca de 4.543 estações de monitoramento de um total de 14.822 estações.

O acesso de dados em tempo real ou semi-real é fundamental para o estabelecimento do contrato, garantindo que seguradoras e resseguradoras desejem participar do contrato e proporcione transparência na administração deles.

Os prestadores de seguros devem desenvolver uma forma rentável de fornecer informações sobre seus produtos para atrair clientes em potencial. No caso do setor agrícola, esses clientes podem ser os próprios agricultores ou até operadores da cadeia de suprimentos como, bancos que efetuam empréstimos.

Avaliando as condições acima tem-se alguns procedimentos para a implementação do seguro:

- Estabelecimento de um grupo de trabalho;
- Definição da instituição seguradora e do designe do contrato;
- Realização do monitoramento das secas;
- Definição do regulador;
- Formação de relacionamento com resseguradora;
- Aplicação de um projeto-piloto;
- Comercialização do produto.

A implementação de um programa de seguro requer pelo menos seis meses de preparação. Nesta fase, é necessário o estabelecimento de um grupo de trabalho que tenha conhecimento técnico e possa acompanhar o andamento do processo de implementação. Esse grupo deverá ser criado através de uma portaria do governador ou uma portaria do secretário responsável pela gestão dos recursos hídricos do Estado.

O grupo de trabalho terá como atribuições sugerir o caráter (público ou privado) da seguradora sendo a determinação desse aspecto pertinente ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

A seguradora definirá o designe do contrato e o prêmio. A concepção do contrato é uma atividade essencial de qualquer programa de securitização e requer considerável atenção tanto no tempo como no total de investimentos. Inicialmente, realiza-se a concepção de contratos-piloto e, em última instância, a concepção de um contrato que

retrate com maior precisão os riscos dos clientes e o prêmio que este estará disposto a pagar.

Os contratos-piloto são simplesmente contratos generalizados com os termos determinados exclusivamente por modelagem hidrológica, econômica e agrônômica. Eles podem ser utilizados como uma base para a discussão com clientes e fornecerá indicações mais claras sobre o compromisso do processo de securitização. Esta discussão também fornece feedback sobre os termos do contrato e as primeiras reações sobre o valor do prêmio

O contrato final deve conter esclarecimento sobre os gatilhos do seguro, a definição do prêmio, os níveis de pagamento, o tempo de contrato, multas, formas de recebimento da indenização. Ele deve fornecer um seguro eficaz para o comprador por meio da captura fiel do risco identificado, isto é, ele precisa ofertar a proteção adequada ao agricultor. Deve compensar o agricultor pelos benefícios financeiros não alcançados e assim satisfazer as necessidades do cliente.

O monitoramento da seca e, conseqüente deflagração do estado do sistema hídrico deve ser realizada por um órgão vinculado ao sistema de gestão de recursos hídricos e que detenha conhecimento técnico de aspectos hidrometeorológicos. No caso do estado do Ceará, este órgão é a FUNCEME.

Os dados utilizados no monitoramento da seca e a metodologias e modelos utilizados para a geração dos índices (gatilho do estado de seca) devem ser disponíveis e transparentes a todos os agentes participantes do processo de securitização.

O seguro precisa ser implementado dentro do sistema de leis e regulamentos já existentes no Brasil sendo necessário a definição de uma instituição reguladora, caso ela não exista. Esta instituição deverá aprovar o designe do contrato do mecanismo e acompanhar sua execução.

Também poderá ser formado parcerias e/ou acordos com instituições nacionais e internacionais que tenham interesse em processo de resseguro desse tipo de mecanismo. Esse resseguro trata-se, de forma geral, de um seguro para as seguradoras, mas na prática as resseguradoras, muitas vezes, tornam-se “sócias” das seguradoras nos negócios. É aconselhável discutir com a resseguradora o tamanho do

negócio e estabelecer antecipadamente se a oferta de resseguro é contingente para o volume particular do negócio.

Tratando-se de um produto novo sugere-se a aplicação de um programa piloto em uma única bacia hidrográfica. Para isso, é necessário conhecer a clientela (nível de interesse pelo produto, disposição a pagar, benefícios financeiros, culturas agrícolas, área de plantio, etc.) e os aspectos físicos da região que esses clientes se localizam.

No escopo do programa inclui-se a capacitação de clientes e instituição com a capacidade de lidar com o novo produto e ações de marketing.

A comercialização do produto pode ser relativamente simples ou desafiadora. Isso depende do tipo de clientes que se pretende conquistar. Pode ser realizado marketing a nível individual ou coletivo sendo necessário algumas interações com os potenciais segurados.

#### **2.4.6 - Formas de contingenciamento e fiscalização dos recursos envolvidos.**

O modelo tem como propósito a proteção das atividades agrícolas contra a escassez hídrica. Supondo que o estado do Ceará seja impactado pela variabilidade climática decadal ter-se-ia um acúmulo de recursos financeiros devido a ocorrência de décadas úmidas, isto, de longos períodos sem ocorrência do sinistro. Diante desse cenário é necessário a blindagem dos recursos financeiros a fim de que a instituição tenha solvência para pagar as indenizações num certo período de tempo.

Uma forma de blindagem é que os excedentes financeiros sejam revertidos aos segurados na forma de bônus anuais. Esse excedente seria a diferença entre os valores de prêmio puro e o limite financeiro necessário para pagar as indenizações caso ocorra até 10 anos de seca. Ressalta-se que essa proposta se adequa a instituições públicas.

No caso de seguradora privada sugere-se que ela adquira a garantia do Fundo de Estabilidade do Seguro Rural – FESR que foi criado pelo Decreto-lei nº 73, de 21.11.66 ou do Fundo de Catástrofe. Este último foi aprovado em 2010 e aguarda regulamentação. Ele irá substituir o atual FESR.



O FESR tem o objetivo de manter e garantir o equilíbrio das operações agrícolas brasileiras, oferecendo cobertura suplementar para as seguradoras contra riscos de catástrofes climáticas que atinjam a atividade rural.

A garantia do FESR está condicionada à aprovação pela Superintendência de Seguros Privados – SUSEP das condições contratuais, para cada exercício. Sua administração e controle é regido pela Resolução 46/2001 do Conselho Nacional de Seguros Privados e sua receita tem duas origens (CNSP, 2001):

- excedentes do máximo admissível tecnicamente como lucro nas operações de seguros: agrícola, pecuário, aquícola, de florestas e penhor rural.
- crédito especial da União, quando necessário, para cobertura de deficiência operacional verificada no exercício anterior.



### **3 - MECANISMO DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA**

### **3 - MECANISMO DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA**

#### **3.1 - INTRODUÇÃO**

A variabilidade do clima interfere diretamente na oferta e na demanda hídrica por meio da redução ou do aumento das afluições e dos estoques de água dos reservatórios. Esse fato impõe um risco operacional nos sistemas de recursos hídricos e ressalta a necessidade do planejamento e do gerenciamento desses recursos ser realizado sob a ótica do risco e da adaptação.

A adaptação é necessária para a sustentabilidade dos recursos hídricos e, conseqüentemente, dos hidrossistemas, uma vez que o clima, a água, os sistemas biofísicos e socioeconômicos estão conectados por caminhos complexos. O risco também está relacionado com a exposição do local (probabilidade de ocorrência) e a vulnerabilidade da sociedade.

A gestão de risco em hidrossistemas pode ser realizada com medidas do tipo estrutural e não estrutural. De acordo com Grigg (1996), as medidas estruturais estão relacionadas com a alteração da infraestrutura para suportar os eventos extremos, como diques, barragens, canalização entre outros. As medidas não-estruturais são as que permitem conviver com o sistema sem precisar de instalações construídas tais como o seguro, a previsão e a realocação. As primeiras medidas envolvem maiores custos e estão limitadas quanto à segurança a um nível de risco.

Brown e Carriquiry (2007) propuseram a adoção de mecanismos financeiros para gerir os riscos em hidrossistemas visando a transformar a variabilidade hidrológica em valores monetários de forma a possibilitar a garantia de renda a população na ocorrência de um evento hidrológico extremo. Nesse contexto, Courbage e Stahel (2012) advertem que uma das questões-chave em operacionalizar esses mecanismos para segurar eventos extremos é a quantidade de capital necessário para fornecer proteção contra esses eventos.

Apesar dessa questão, a Rede de Conhecimento do Clima e Desenvolvimento (2012) ressalta que os mecanismos financeiros já têm sido reconhecidos internacionalmente como instrumentos integrantes da adaptação e da gestão de riscos de desastres naturais. Por isso, diversas organizações internacionais já estão apoiando países para

explorar o potencial de transferência de risco seja pelo desenvolvimento de instrumentos usualmente associados a um pagamento (como os seguros) ou por mecanismos usualmente informais e sem pagamento (como as compensações).

Contudo, os mecanismos financeiros para gerir riscos de extremos hidrológicos são mais investigados e difundidos para proteção de perdas de inundações devido à grande frequência de ocorrência desse evento em nível mundial e o seu impacto sobre os centros urbanos (JHA, 2012). Na Austrália, por exemplo, além de seguros clássicos, o governo tem um sistema formal para compensar os estados e os usuários por perdas oriundas de inundação (MA, 2012).

Com uma outra perspectiva, esse relatório apresenta uma proposta de criação de um sistema de compensação financeira para utilização em períodos de escassez hídrica, susceptível de proporcionar um significativo ganho em alternativa para o gerenciamento e o planejamento dos recursos hídricos. Foi exposto também a estrutura administrativa, os procedimentos de implantação, além das formas de contingenciamento e fiscalização dos recursos envolvidos.

## 3.2 - GESTÃO DE RISCO

### 3.2.1 - O risco e o seu gerenciamento

O risco tem sido percebido pelo homem há muitos séculos e, desde o aparecimento do seu conceito, estudiosos têm procurado várias maneiras de mitigá-lo, seja por transferência ou por compartilhamento.

Devido à amplitude deste conceito, muitas vezes, risco e incerteza foram citados como sinônimos. No entanto, fazer a devida distinção é importante para uma gestão efetiva do risco. Segundo Knight (1921), risco é a aleatoriedade mensurável dos eventos futuros, ou seja, pode ser usada alguma função de distribuição de probabilidade capaz de descrever o valor dos eventos futuros. Já a incerteza, para o mesmo autor, é a aleatoriedade não mensurável dos eventos futuros.

Na hidrologia, risco corresponde à probabilidade ou possibilidade de ocorrência de eventos, fatos ou resultados indesejáveis (VIEIRA, 2005). Enquanto que, na teoria da decisão, o risco deve incluir tanto a probabilidade de ocorrência quanto as consequências desse evento. Com isso, a probabilidade de um grande terremoto pode

ser pequena, mas, os danos tão catastróficos que o evento poderia ser classificado como de alto risco (DAMODARAN, 2009).

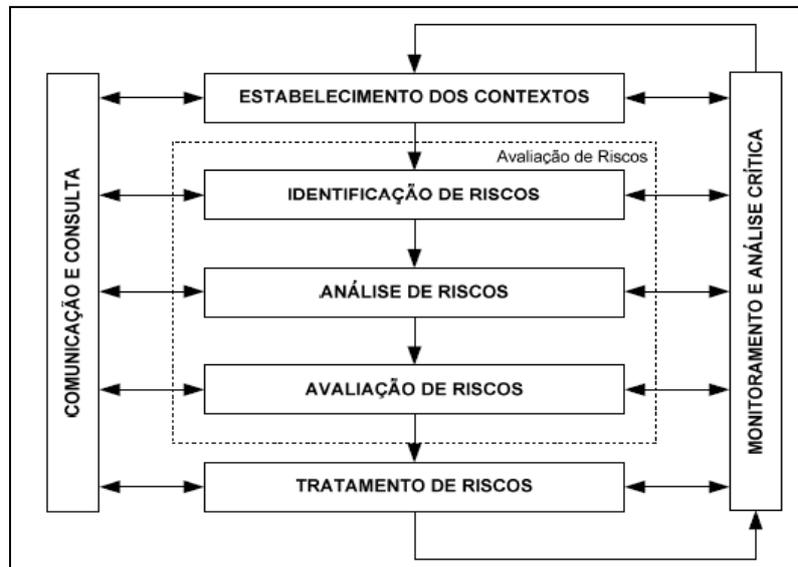
O risco depende dos processos de decisão e esses só podem ser realizados no presente. Além disso, ninguém consegue conhecer mais do que uma pequena fração dos riscos que se encontram em seu redor (AREOSA, 2008), pois, no limite, sempre haverá alguma incerteza em todos os eventos práticos e a sociedade será incapaz de mensurar precisamente todos os efeitos que afetam os eventos futuros (KNIGHT, 1921). Assim, a visão dos atores sociais sobre os riscos aos quais estão sujeitos é sempre parcial ou incompleta.

Dessa forma, a percepção do risco está relacionada com o comportamento dos agentes expostos a ele. Segundo Gitman (2004), são três os comportamentos básicos em relação ao risco: indiferença, propensão e aversão. No caso de indiferença, não haveria nenhuma variação de retorno exigida em razão de uma variação nos níveis de risco. Em uma situação de propensão a risco, o agente estaria disposto a assumir até mesmo um retorno menor correlacionado a um risco maior. Em um comportamento de aversão ao risco, o agente exige um retorno mais alto em função da elevação do risco.

De acordo com *National Institute of Standards and Technology* (2011), são quatro os componentes de gestão de risco. O primeiro componente é estabelecer um contexto de risco com o objetivo de identificar as ameaças, as vulnerabilidades e as consequências do impacto. O segundo é avaliar o risco de acordo com o contexto definido. O terceiro componente de gestão de risco aborda como as pessoas ou as instituições respondem aos riscos. O último componente é monitorar o risco ao longo do tempo.

Conforme a ISO 31000:2009 (ABNT, 2012), o processo de gestão de riscos compõe-se de cinco componentes estruturais (**Figura 3.1**): Comunicação e consulta, Estabelecimento do contexto, Avaliação do Risco, Tratamento do Risco e Monitoramento e análise crítica. Cada um deles está descrito a seguir:

- Comunicação e consulta - tem o intuito de esclarecer os fundamentos sobre os quais as decisões são tomadas e as razões pelas quais ações específicas são requeridas bem como, para identificar as diferentes percepções de risco;



Fonte: ABNT (2012).

**Figura 3.1 - Processo de Gestão de Riscos.**

Estabelecimento do contexto – este item busca ajudar a organização a articular seus objetivos dentro do ambiente que ela pretende atingir. Além disso, a organização deverá definir os critérios a serem utilizados para avaliar a significância do risco;

iii) Avaliação de riscos - procedimento de identificar, analisar e decidir quais riscos devem ser gerenciados primeiro. A identificação dos riscos é a etapa em que todos os riscos são listados, estando suas fontes sob o controle ou não da organização. Além de identificar os riscos, é necessário considerar possíveis causas e cenários que mostrem que consequências podem ocorrer. A análise de riscos é a fase em que se determina a magnitude do risco por meio da combinação das consequências e de suas probabilidades;

iv) Tratamento do risco - medidas para modificar os riscos e as formas de implementar essas medidas. Com isso, pode-se eliminar a causa do risco e alterar a sua probabilidade de ocorrência e seu efeito;

v) Monitoramento e análise crítica – deve ser realizado durante todo o processo de gestão de risco a fim de que ele seja eficiente e eficaz.

A gestão de riscos climáticos, especificamente, requer o desenvolvimento de instrumentos e/ou estratégias que possam aumentar a resiliência do sistema. De acordo com Holling (1996), resiliência é a capacidade intrínseca de um sistema em

manter sua integridade no decorrer do tempo, sobretudo em relação a pressões externas. A principal característica de um sistema resiliente é sua flexibilidade e capacidade de perceber ou eventualmente criar opções para enfrentar situações imprevistas e de risco.

No entanto, a resiliência de sistemas sócio-naturais é, em muitas situações, dependente da capacidade das sociedades humanas envolvidas processarem no tempo disponível todas as informações necessárias para lidar eficazmente com a dinâmica complexa do sistema como um todo (VAN DER LEEUW; ASCHAN-LEYGONIE, 2002). Considerar a resiliência no processo de gestão dos recursos hídricos aumenta a capacidade do sistema sócio-natural sustentar-se em face da imprevisibilidade, da surpresa, dos riscos e da complexidade.

Para Folke *et al.* (2002), duas ferramentas são úteis para construir um sistema sócio-natural resiliente: a estruturação de cenários e a gestão adaptativa. O uso de cenários futuros ajudam a alcançar ou evitar determinados resultados na gestão de seca. Em uma visão prospectiva, os cenários devem ser construídos de acordo com um conjunto de princípios para que possam ser concebidos como seus instrumentos privilegiados. Eles devem surgir de modo lógico (num encadeado de causas e efeitos) do passado e do presente e devem ser desenvolvidos segundo linhas de raciocínio corretas. Desse modo, os cenários são uma etapa de um processo que tem como objetivo final a definição de uma estratégia robusta<sup>8</sup> e eficaz.

A gestão adaptativa permite construir um contexto social com instituições flexíveis e abertas de forma a aumentar a capacidade de adaptação sem excluir o desenvolvimento. Ela é uma alternativa para orientar a ação em ambiente de complexidade e incerteza.

Entende-se que a adaptação é um processo de mudança estrutural em um sistema como resposta a perturbações externas, e a adaptabilidade refere-se à capacidade dos

---

<sup>8</sup>A estratégia robusta busca responder como serão alimentadas as decisões dos gestores dos recursos hídricos ao longo do tempo e como se chegar a um desenvolvimento sustentável para que haja o uso mais eficiente possível dos recursos hídricos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005). Ela interroga sobre as escolhas possíveis e os riscos irreversíveis (GODET, 2000).

componentes sociais do sistema sócio-ecológico influenciar e gerir a resiliência do sistema (WALKER *et al*, 2004).

Cysne (2012) ressalta que a adaptação dos sistemas é um procedimento que requer o envolvimento dos diversos setores interessados. Sendo necessário, ainda, um entendimento das vulnerabilidades existentes entre os indivíduos e comunidades, assim como o ambiente social, institucional, biofísico e político.

Dessa forma, para se desenvolver uma gestão adaptativa, é preciso identificar limites e detectar qualquer crise irreversível, combinar fontes de informação e conhecimento, desenvolver a capacidade de lidar com a incerteza e preservar a diversidade da riqueza ecológica e social como fonte de renovação (LEBEL *et al.*, 2006).

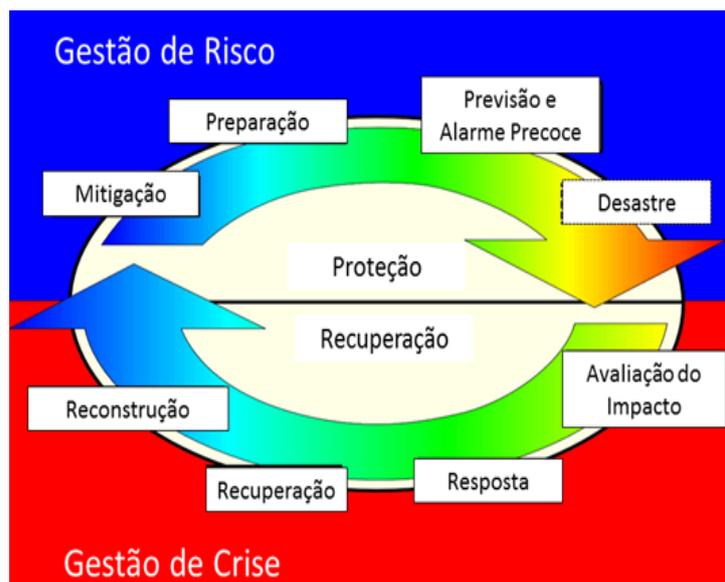
### **3.2.2 - Gestão de risco de seca**

A seca é característica usual do clima e ocorre, praticamente, em todos os países, em algum grau. Segundo Wilhite e Glantz (1985) existem basicamente quatro tipos de seca que são: meteorológicas ou climatológicas, agrícola, hidrológica e socioeconômica.

Ao longo dos anos, diversas medidas têm sido aplicadas, desde o nível familiar ao nível nacional, para minimizar os efeitos da seca. Segundo o Colorado Water Conservation Board (2010), essas medidas ou ações têm sido utilizadas em situações de emergência após a ocorrência do evento e não são contínuas, ou seja, elas são esquecidas no período chuvoso. Nesse contexto, a seca só entra na agenda dos tomadores de decisão quando ela ocorre, depois, que ela finda, o tema sai da agenda. Esse fato impõe ineficiências importantes nas ações relacionadas às secas.

As ações tomadas pós-seca caracterizam a abordagem reativa ou de gestão de crise que define ações de resposta e Recuperação a serem realizadas pelos diversos agentes sociais durante uma seca (WILHITE, 2000). Essa abordagem de gestão tem sido criticada por cientistas e instituições como ineficiente e ineficaz devido à multiplicidade e a complexidade dos impactos associados à seca. Além disso, a ameaça de um aumento na frequência dos eventos extremos no futuro, os custos associados aos impactos, à redução da qualidade das águas e à vulnerabilidade das sociedades tem contribuído para o desenvolvimento de novas políticas de preparação a seca.

Com isso, surge um novo paradigma da gestão de seca que tem como base a gestão de risco que prevê antes e durante a seca, ações de mitigação, preparação, monitoramento e alerta precoce (**Figura 3.2**). De acordo com Wilhite *et al*, (2000), a pergunta que divide esses dois tipos de abordagem é “o que se faz quando não há seca”?



Fonte: Wilhite *et al*, (2000).

**Figura 3.2 - Planejamento de seca na visão da gestão de risco**

A gestão de risco inclui uma visão proativa com a elaboração de planos de preparação de seca que contenham ações de curto e longo prazo e um sistema de alerta precoce. Este plano deve ter como pilares o monitoramento e o alerta precoce (ao contrário da gestão reativa que se baseava no monitoramento e resposta), a avaliação de riscos e impactos e a elaboração de ações e/ou programas de preparação, mitigação e resposta a seca. O monitoramento está associado ao uso de índices/indicadores apropriados e ligados a impactos e gatilhos e ao desenvolvimento de um sistema de suporte a decisão

A gestão da seca em seu sentido mais amplo deve integrar: o planejamento geral dos sistemas de água com ações para garantir o equilíbrio entre a disponibilidade e a procura em horizontes futuros; regras de operação dos sistemas hídricos em condições normais e regras para cenários futuros de seca; e, estratégias de gestão e resolução de cenários operacionais para mitigar as condições de seca (GONZÁLEZ; MORCILLO, 2007).

Planejamentos realizados corretamente e implementados durante os períodos sem seca podem melhorar a capacidade governamental para responder de uma forma antecipada e eficaz à escassez hídrica. Assim, o planejamento pode reduzir e, em alguns casos, evitar impactos, minimizando o sofrimento físico e emocional. O planejamento é um processo dinâmico e deve incorporar ambas as tecnologias tradicionais e emergentes e levar em consideração as tendências socioeconômicas, agrícolas, tecnológicos e políticos (WILHITE, 1996).

A elaboração de estratégias de gestão ao risco climático requer a integração de instrumentos de proteção ao risco às informações climáticas e ao aparato institucional. Isso porque existe um custo social associado ao uso dos recursos hídricos que não é contabilizado e que tem influência na alocação eficiente entre os diversos usuários.

### 3.3 - PROPOSTA

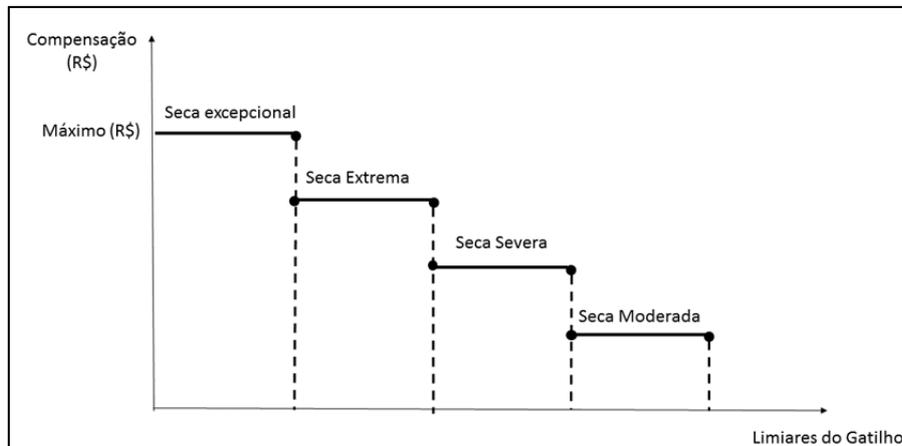
O mecanismo de compensação será utilizado para indenizar os usuários que tiverem suas garantias efetivamente reduzidas. Desse modo, apenas os usuários outorgados poderão receber a compensação financeira.

#### 3.3.1 - Gatilhos e Estimativa do valor

A compensação financeira será ativada quando o usuário tiver recebido água com garantia menor que a garantia outorgada. Devido a variabilidade climática sugere-se que a alocação de água esteja previamente definida conforme explicitado no Relatório que descreve o sistema de cobrança em função de garantias diferenciadas

O valor da compensação financeira aumenta à medida que a seca se torna mais severa (**Figura 3.3**). Para esse estudo foram delineados quatro estados de severidade de seca: seca moderada, seca severa, seca extrema, seca excepcional.

A seca moderada corresponde à fase de menor impacto aos agentes sociais e econômicos. A seca severa pressupõe a persistência da seca. O terceiro estado marca o agravamento desse evento, podendo gerar uma situação crítica de escassez hídrica aos agentes, enquanto que a seca excepcional é situação mais grave e que pode gerar impactos sociais e econômicos de longo alcance.



**Figura 3.3 - Regra de operação do mecanismo financeiro**

A compensação para cada estado de seca será estimada como um percentual ( $K_i$ ) dos benefícios obtidos com o uso da água ( $B_j$ ) sendo calculado para cada estado de severidade de seca conforme o **Quadro 3.1**.

**Quadro 3.1 - Estimativa das compensações financeiras.**

Estado de Seca	Compensação (R\$)
Normal	0,00
Seca Moderada	$K_1 * B_j$
Seca Severa	$K_2 * B_j$
Seca Extrema	$K_3 * B_j$
Seca Excepcional	$K_4 * B_j$

\* $K_i$  representa os percentuais impactam o benefício em cada estado de seca sendo:  $K_1 < K_2 < K_3 < K_4$ .

Os benefícios podem ser obtidos calculados utilizando as funções propostas por Souza Filho e Brown (2009) que foram geradas a partir da integração das curvas de demanda do abastecimento urbano e da irrigação. Contudo, em outros estudos essas funções podem ser atualizadas ou redefinidas, no caso de outros locais de aplicação.

As funções benefícios utilizadas nesse estudo estão expostas nas formulações 27 e 28:

$$B_{i,t} = \frac{-0,137*Q_{i,t}^2 + 79,51*Q_{i,t}}{1000} \quad (27)$$

$$B_{u,t} = (-4,75 * (\frac{Q_{u,t}}{12})^{-0,818} + 2,17) * 12 \quad (28)$$

Em que:

$B_{i,t}$  – Função benefício da irrigação em milhões de reais no ano t;

$B_{u,t}$  – Função benefício do abastecimento urbano em milhões de reais;

$Q_{i,t}$  – Vazão atendida da irrigação, em hm<sup>3</sup>/ano;

$Q_{u,t}$  - Vazão atendida do setor de abastecimento urbano, em hm<sup>3</sup>/ano.

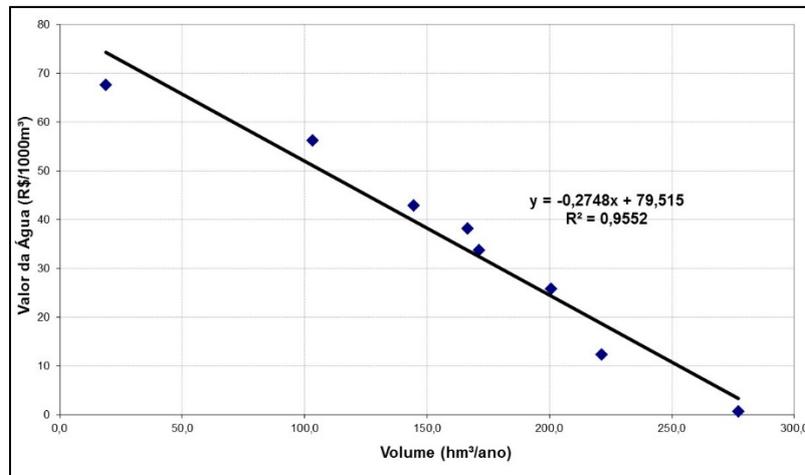
A curva de demanda da irrigação (**Figura 3.4**) foi construída por meio da relação entre o volume de água demandado pelos irrigantes do Jaguaribe e o valor da água. Esse valor representa a capacidade de pagamentos dos irrigantes a qual foi estimada com base nos dados obtidos pelo estudo de definição e implementação da política tarifária de água bruta no estado do Ceará da SRH (2002a).

A curva de demanda urbana foi calculada usando um formulário municipal padrão funcional de água, onde P representa o preço da água que corresponde a um volume de demanda Q, o índice 1 se refere a uma realização específica (ponto de dados) da relação preço-demanda e  $\varepsilon$  é a elasticidade-preço da demanda obtida de SRH (2002b)

Os recursos financeiros necessários para o pagamento da compensação podem ser oriundos do excedente da cobrança em períodos úmidos. Desse modo, faz-se necessário a implementação de um fundo de regularização para guardar esses recursos.

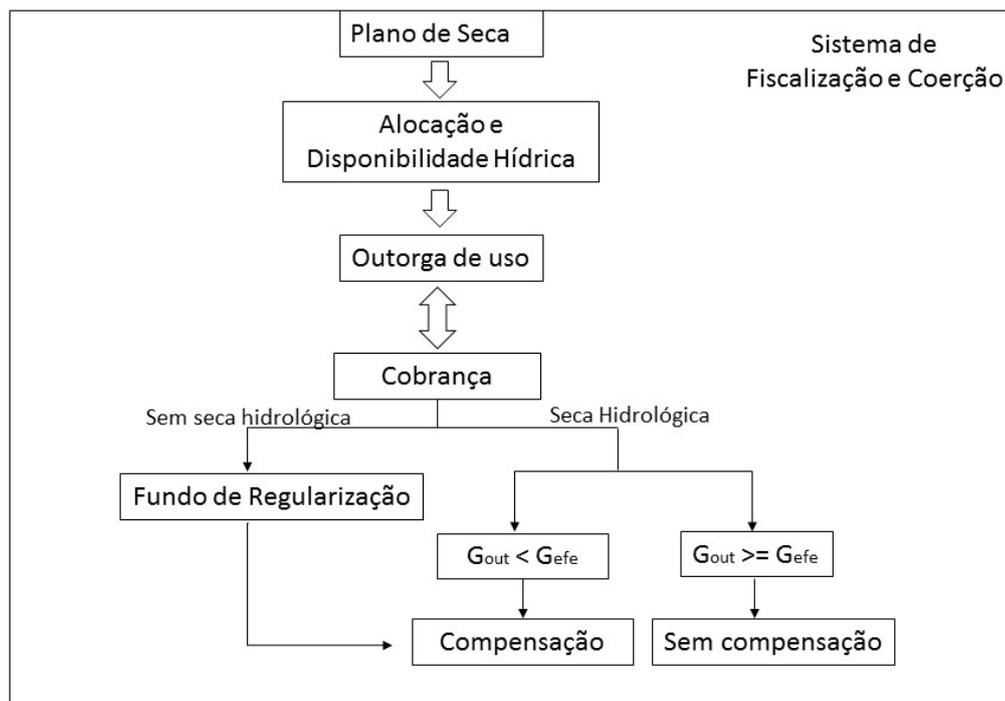
A liberação dos recursos para pagamento da compensação será realizada após a identificação da ocorrência de um dos níveis de severidade da seca hidrológica e da comprovação da redução da garantia hídrica. Esta seca está relacionada com uma deficiência no volume de água disponível, incluindo lençol freático, reservatórios e rios.

O fluxo de funcionamento do mecanismo de compensação está exposto na **Figura 3.5**.



Fonte: Souza Filho e Brown (2009).

**Figura 3.4 - Curva de demanda dos irrigantes da bacia do Jaguaribe – Ceará**



**Figura 3.5 - Fluxo do mecanismo de compensação.**

No âmbito do plano de seca do sistema hídrico define-se os níveis de racionamento, os limiares dos estados de seca para cada zona do reservatório e a vazão disponível para a alocação. Essa vazão é rateada por meio do sistema de garantias diferenciadas. Com isso, todos os usuários outorgados são submetidos à cobrança e participam do sistema de compensação bem como do sistema de fiscalização. Aquele usuário que foi submetido a racionamento e não recebeu a garantia hídrica especificada na outorga de água será compensado.

### 3.3.2 - Ajustes no modelo atual

Faz-se necessário dois ajustes no modelo atual para a incorporação do mecanismo de compensação financeira:

- Associação entre a cobrança e a outorga de uso, isto é, deve-se cobrar e compensar o usuário outorgado - isto pode ser obtido por meio da implementação do sistema de cobrança em função das garantias diferenciadas;
- Associação entre a alocação de longo prazo e curto prazo – nesse caso, o Comitê de Bacia teria que definir inicialmente as regras de priorização para alocação de água entre os usuários de uma mesma categoria de uso em períodos de escassez hídrica visto que a Lei de Recursos Hídricos considera como uso prioritário apenas o abastecimento humano e a dessedentação animal. Isso poderia ser realizado com a implementação do plano operacional de seca.

Sugere-se que o custo da compensação seja incluído no atual modelo de cobrança. Este seria um componente associado à garantia hídrica no período de seca e a administração do mecanismo.

O Comitê de Bacia Hidrográfica poderá acompanhar a efetivação da compensação financeira em período de escassez. Esta é uma forma de garantir a legitimidade do sistema. Segundo Oliveira (2008) um dos fatores do sucesso da implantação de qualquer política pública é a participação da sociedade civil. No caso de uma política pública na área de recursos hídricos, o espaço adequado e legítimo é o comitê da bacia hidrográfica.

Faz-se necessário também a implementação de sistema de fiscalização e coerção que garanta a efetividade do direito de uso por intermédio do poder de polícia do Estado para a identificação do infrator (fiscalização) e punição do mesmo (regras claras de multa e pagamento de danos).

### 3.4 - ESTRUTURA ADMINISTRATIVA

A estrutura administrativa necessária para a efetivação do mecanismo de compensação financeira é:

- SRH – Emissão das outorgas;

- COGERH – Efetivação da Cobrança; Elaboração do Plano Operacional de Secados Sistemas Hídricos; Fiscalização e Coerção do direito de uso;
- Comitê de Bacia – Definição dos níveis de racionamento para cada zona do reservatório;
- Banco de Desenvolvimento – Operacionalização do fundo de regularização.

### 3.5 - FORMAS DE CONTINGENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS

Conforme o estado do Ceará seja impactado pela variabilidade climática decadal ter-se-ia um acúmulo de recursos financeiros devido a ocorrência de décadas úmidas, isto, de longos períodos sem ocorrência do sinistro. Diante desse cenário é necessário a blindagem dos recursos financeiros a fim de que o fundo de regularização tenha solvência para pagar as indenizações num certo período de tempo.

Uma forma de blindagem seria a contratação de um Banco de Desenvolvimento para a operacionalização do fundo. Esse excedente seria a diferença entre os valores de compensações efetivadas e o limite financeiro necessário para pagar as indenizações caso ocorra até 10 anos de seca.

Para fiscalizar os recursos, um demonstrativo das entradas e saída de recursos do fundo de regularização deverá ser apresentado periodicamente ao Comitê de Bacia que deverá aprovar ou não a operação.

### 3.6 - PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO

Tem-se os seguintes procedimentos para a implementação da compensação financeira:

- Construção do designe do mecanismo compensação;
- Incorporação do preço da escassez no valor da cobrança – O preço cobrado atualmente não incorpora o aumento dos custos que ocorrem no período de escassez hídrica;
- Elaboração do plano operacional de seca dos sistemas hídricos – Este plano é necessário para estabelecer a regra de operação do sistema nos anos normais e secos. É no âmbito desse plano que se define os limiares para o zoneamento do reservatório e os níveis de severidade de seca.

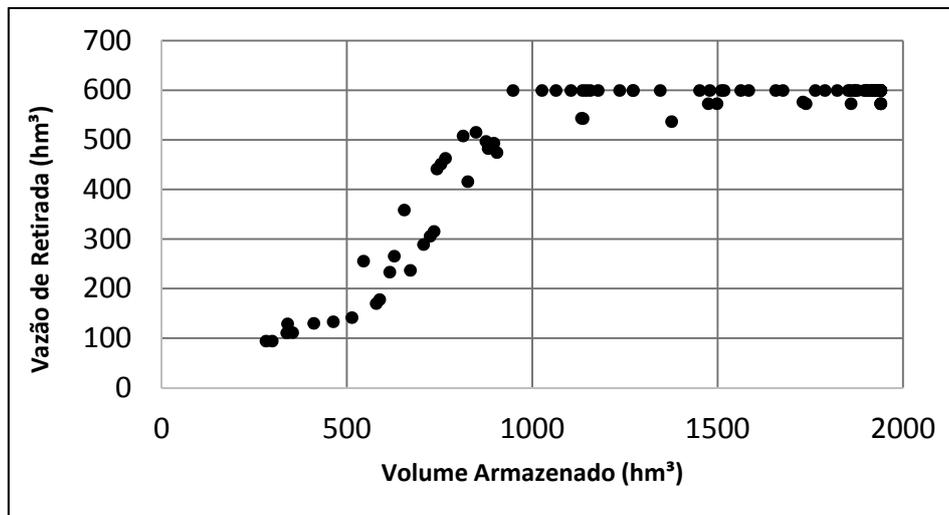
- Criação e implementação do fundo de regularização – Necessário para guardar os recursos oriundos da cobrança que serão utilizados, posteriormente, para o pagamento das compensações;
- Efetivação do contrato com um Banco de Desenvolvimento para operacionalizar o fundo de regularização;
- Aplicação de um projeto-piloto – Sugere-se inicialmente a aplicação em uma única bacia por um período pré-determinado. Esta aplicação pode ser utilizada como uma base para a discussão com os usuários de água e fornecerá indicações mais claras sobre o compromisso da compensação. Esta discussão também fornece feedback sobre o designe do modelo;
- Deflagração do atual estado de seca do sistema hídrico – Pode ser realizado por meio de decreto. É necessário para efetivar o pagamento das compensações.
- Ajustes no mecanismo – Caso seja observado a necessidade de alguma modificação no designe proposto inicialmente;
- Implementação do mecanismo.

### 3.7 - APLICAÇÃO DE UM MODELO DE COMPENSAÇÃO

A alocação de água realizada em período de escassez hídrica impõe restrições de usos e, assim, perda de garantia hídrica para usuários de uma mesma categoria. Com isso, propõe-se que os usuários que assumiram o risco de falha recebam uma compensação financeira.

Esta seção busca aplicar o mecanismo de compensação financeira para um sistema de reservatórios que atende a diferentes setores usuários. Para isso, utilizou-se o módulo de alocação de água do programa acquanet de forma que fosse considerando as definições feitas para o mecanismo financeiro no modelo agregado.

Usou-se um limiar baseado no nível de racionamento para zonear os reservatórios. Esse limiar tem como variável central a vazão disponível para alocação (retirada controlada). A escolha dessa variável deu-se pela relação existente entre ela e o volume armazenado (**Figura 3.6**). Essa relação possibilita que o gatilho obtenha um bom desempenho tanto para a probabilidade de detecção de seca (POD) quanto para o falso alarme (FAR).



**Figura 3.6 - Relação entre a retirada controlada e o volume armazenado no reservatório**

O POD mostra o desempenho dos índices quanto à identificação de um evento de seca. Assim, o melhor desempenho ocorrerá quando o POD for igual a 100%. A razão de falso alarme corresponde à proporção dos eventos de seca identificados pelos índices que não se materializaram (SCHAEFER, 1990).

Dessa forma, as faixas que marcam o estado das águas superficiais do reservatório são limitadas por um percentual da retirada máxima (considerada o valor do Q90 no modelo agregado). Esse percentual foi denominado de coeficiente de racionamento (Crac) e decrescem conforme aumenta a severidade da seca (**Quadro 3.2**).

**Quadro 3.2 - Limiares do gatilho Nível de Racionamento.**

Estado	Limites
Normal	$R_t > (Crac1 \times R_{max})$
Seca Moderada	$(Crac2 \times R_{max}) \leq R_t < (Crac1 \times R_{max})$
Seca Severa	$(Crac3 \times R_{max}) \leq R_t < (Crac2 \times R_{max})$
Seca Extrema	$(Crac4 \times R_{max}) \leq R_t < (Crac3 \times R_{max})$
Seca Excepcional	$R_t \leq (Crac4 \times R_{max})$

### 3.7.1 - Alocação de água

A vazão disponível para alocação foi obtida por meio da operação do sistema hídrico com vazão zero. A tomada de decisão foi realizada em julho com um horizonte de simulação de 24 meses por intermédio do modo de simulação planejamento tático.

No modo planejamento tático, as condições iniciais são sempre conhecidas e afetam significativamente os resultados da simulação face ao pequeno horizonte de interesse (ROBERTO, 2002). Deste modo apresenta-se os dados de entrada para a simulação:

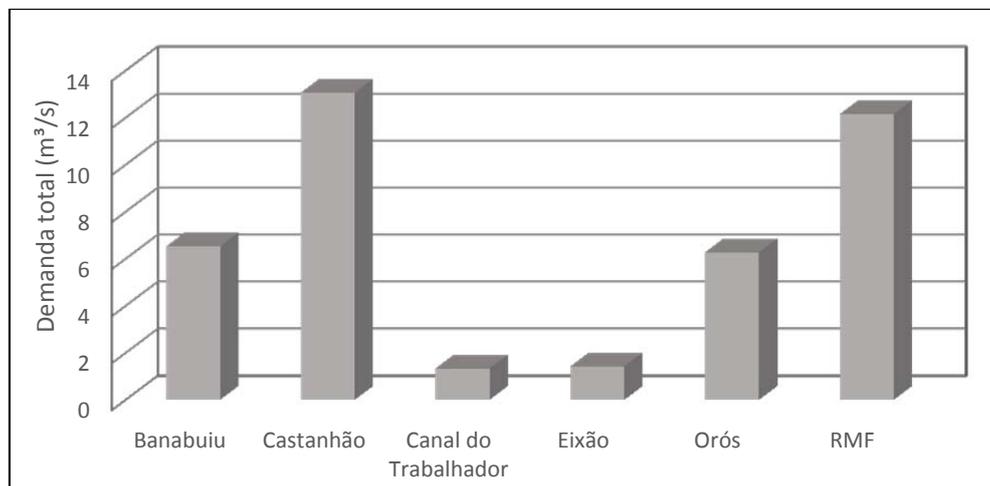
#### ▪ Vazão Afluente

Foram realizadas simulações com os seguintes períodos críticos das séries de vazão afluente: primeiro biênio mais seco, quinto biênio mais seco, décimo biênio mais seco e o vigésimo quinto biênio mais seco.

As séries de afluência foram obtidos no relatório de regionalização de vazões da UFC/COGERH (2013) para o período de 1912 a 2012. Neste relatório foi utilizado o modelo SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure) para a calibração e geração de vazões, com discretização temporal mensal.

#### ▪ Demandas

O sistema Jaguaribe-Metropolitano possui uma demanda hídrica<sup>9</sup> de 40,81m<sup>3</sup>/s. Desse total, 29,8% advém da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e 70,2% pertencem a bacia do Jaguaribe (**Figura 3.7**).



**Figura 3.7 - Demandas do sistema Jaguaribe-Metropolitano por localização dos usuários (m<sup>3</sup>/s).**

<sup>9</sup> Informação concedida pela COGERH em janeiro de 2015.

Para efeito de simulação, as demandas foram categorizadas em oito grupos e simuladas com a mesma prioridade: abastecimento humano, indústria, irrigação temporária, irrigação permanente, dessedentação animal, consumo difuso, perdas e ambiental (**Tabela 3.1**). Sendo que, a demanda da irrigação temporária foi concentrada nos meses de julho a dezembro e as demandas dos outros grupos foram consideradas contínuas ao longo do período de simulação.

**Tabela 3.1 - Demandas do Sistema Jaguaribe-Metropolitano por finalidade de uso (m<sup>3</sup>/s).**

Sistema	Finalidade	Legenda na Rede de Fluxo	Demanda (m <sup>3</sup> /s)
Banabuiú	Abastecimento Humano	AH_Banabuiu	0,184
	Dessedentação Animal	DESS_Banabuiu	0,013
	Irrigação Permanente	IR_Banabuiu_Perm	3,758
	Irrigação Temporária	IR_Banabuiu_Temp	2,571
Canal do Trabalhador	Abastecimento Humano	AH_CT	0,120
	Dessedentação Animal	DESS_CT	0,050
	Irrigação Permanente	IR_CT_Perm	0,075
	Irrigação Temporária	IR_CT_Temp	0,600
	Perdas	Perdas_CT	0,500
Castanhão	Abastecimento Humano	AH_BM	0,419
	Perenização do Rio Jaguaribe	Ambiental_BM	1,000
	Carcinicultura	Carcinicultura	0,810
	Dessedentação Animal	DESS_BM	0,050
	Irrigação Permanente	IR_BM_Perm	6,680
	Irrigação Temporária	IR_BM_Temp	4,110
Eixão (Trechos 1, 2, 3 e 4)	Abastecimento Humano	AH_Eixao_T3	0,150
	Abastecimento Humano	AH_Eixao_T4	0,025
	Dessedentação Animal	DESS_Eixao_T1	0,001
	Dessedentação Animal	DESS_Eixao_T2	0,001
	Indústria Betânia	Ind_Eixao_T1	0,009
	Irrigação Permanente	IR_EixaoT1_Perm	0,330
	Irrigação Temporária	IR_EixaoT1_Temp	0,007
	Irrigação Permanente	IR_EixaoT2_Perm	0,141
	Irrigação Temporária	IR_EixaoT2_Temp	0,050
	Irrigação Permanente	IR_EixaoT3_Perm	0,035
	Irrigação Temporária	IR_EixaoT3_Temp	0,090
	Perdas	Perdas_Eixao3	0,282
Consumo Difuso	Perdas_Eixao4	0,307	
Orós	Abastecimento Humano	AH_Oros	0,180

Sistema	Finalidade	Legenda na Rede de Fluxo	Demanda (m³/s)
	Turbinas Feiticeiro	Ambiental_Oros	0,150
	Consumo Difuso	ConsDif_Oros	2,900
	Irrigação Permanente	IR_Oros_Perm	1,700
	Irrigação Temporária	IR_Oros_Temp	1,350
RMF	Abastecimento de Cascavel, Beberibe e EB* Ererê	AH_RMF1	0,538
	Abastecimento de Itaitinga, Horizonte, Pacajus e Choro.	AH_RMF2	0,275
	EB Gavião, ETA Gavião e ETA Oeste*	AH_RMF3	10,300
	Abastecimento das Indústrias Bernas e Jandaia	Ind1_RMF	0,040
	Abastecimento da Ambev	Ind2_RMF	0,120
	Abastecimento do CIPP	IND3_RMF	0,880
	Perdas	Perdas_RMF	0,007

Fonte: Elaboração própria.

\*EB – Estação de Bombeamento e ETA – Estação de Tratamento de Água.

### ▪ Volumes Máximo e Mínimo

A capacidade de acumulação de cada reservatório foi atribuída como volume máximo (Tabela 3.2). Vale lembrar que no reservatório Castanhão podem ser armazenados 6.700 hm³ contudo 2.200 hm³ são volumes para controle de cheias.

**Tabela 3.2 - Volumes característicos dos reservatórios do sistema Jaguaribe-Metropolitano.**

Reservatórios	Volume máximo (hm³)	Volumes Iniciais (hm³)			
		jul/2012	jul/2013	jul/2014	mai/2015
Aracoiaba	170,7	167,2	97,9	62,6	43,1
Banabuiu	1.601	1.067,3	652,1	263,2	20,7
Castanhao	4.451	4.451	3421,5	2.525,1	1.442,6
Curral Velho	12,2	9,5	9,5	9,5	9,5
Gaviao	32,9	30,5	30,6	31,0	31,3
Oros	1.940	1.648	1.183,3	1.184,6	863,9
Pacajus	240	145,0	91,0	72,5	67,7
Pacoti-Riachão	420	142,9	153,3	162,3	214,7

Fonte: Dados da SRH (2013) e Ceará (2014).

Os volumes iniciais foram obtidos do portal hidrológico do Governo do Estado e da COGERH. Adotou-se o mês de julho como referência para os anos de 2012 a 2014 e o mês de maio para o ano de 2015 (**Tabela 3.2**).

Ressalta-se que o reservatório Curral Velho foi utilizado como reservatório de passagem e o Aracoiaba como uma reserva estratégica de água.

#### ▪ Taxa de evaporação e Curva Cota-Área-Volume

As curvas cota-área-volume foram obtidas junto à COGERH. Os dados de evaporação foram retirados das Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que utiliza o Evaporímetro de Piché para cálculo destes valores. As séries dos reservatórios são aquelas disponíveis da estação mais próxima ao mesmo. No modelo de alocação do programa acquanet, as perdas por evaporação dos reservatórios são levadas em conta por meio de processo iterativo.

#### ▪ Volumes Metas e Prioridades do Reservatório

No modelo acquanet, a operação dos reservatórios é realizada utilizando-se o conceito de volume meta, ao qual se atribui uma prioridade. Desta forma, sempre que o volume armazenado for menor que o volume meta, o reservatório guardará água desde que as outras prioridades da rede sejam menores

A **Tabela 3.3** expõe os volumes metas dos reservatórios do sistema Jaguaribe-Metropolitano e suas respectivas prioridades.

**Tabela 3.3 - Volume meta e prioridades dos reservatórios do sistema Jaguaribe-Metropolitano.**

Reservatórios	Volume meta (%)	Prioridade
Aracoiaba	1	60
Banabuiu	0,2	55
Castanhao	0,15	65
Curral_Velho	0,77	1
Gaviao	0,95	7
Oros	0,15	75
Pacajus	0,15	40
Pacoti-Riachão	0,25	50

O volume meta é representado como um percentual do volume máximo. Admitiu-se que a região do Jaguaribe sempre teria que atender a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) assim, as prioridades dos reservatórios do Jaguaribe são menores. Os valores de prioridades foram estabelecidos de forma que na rede de fluxo pudesse ser inserida todos os usuários e o algoritmo pudesse realizar a alocação de água entre eles.

#### ▪ Restrições operacionais

A operação real do sistema Jaguaribe-Metropolitano está sujeita a restrições físicas de capacidade do transporte de água nos canais e operacionais de volume mínimos necessários para o bombeamento das águas.

Deste modo, nas simulações foram adotadas as seguintes restrições:

- Capacidade máxima do trecho entre o Pacoti/Riachão e Gavião – 30m<sup>3</sup>/s
- Capacidade máxima do Canal do Trabalhador – 4,80m<sup>3</sup>/s
- Capacidade máxima do trecho entre o Orós e o Castanhão – 3m<sup>3</sup>/s
- Capacidade máxima do trecho entre o Pacajus e o Pacoti/Riachão (EB1) – 4,65m<sup>3</sup>/s
- Volume mínimo do Gavião – 30,549 hm<sup>3</sup>
- Volume mínimo do Pacoti/Riachão – 100hm<sup>3</sup>
- Volume mínimo do Pacajus – 34 hm<sup>3</sup>.

#### 3.7.2 - Mecanismo de Compensação Financeira

A compensação financeira foi projetada para o setor de irrigação devido à perda de garantia hídrica no período de escassez. Ela foi estimada em função da quantidade de água utilizada, isto é, os irrigantes recebem o mesmo pagamento independentemente do tipo de cultura plantada.

#### ▪ Estimativa da compensação financeira

O valor da compensação financeira para cada estado de seca foi representado por um percentual do benefício da irrigação em cada sistema ( $B_j$ ) como pode ser visualizado na **Tabela 3.4**. Para os percentuais adotou-se os mesmos valores determinados no modelo agregado.

**Tabela 3.4 - Estimativa das compensações financeiras para o sistema Jaguaribe-Metropolitano.**

Estado de Seca	Compensação (R\$)
Normal	0,00
Seca Moderada	20% * $B_j$
Seca Severa	40% * $B_j$
Seca Extrema	60% * $B_j$
Seca Excepcional	80% * $B_j$

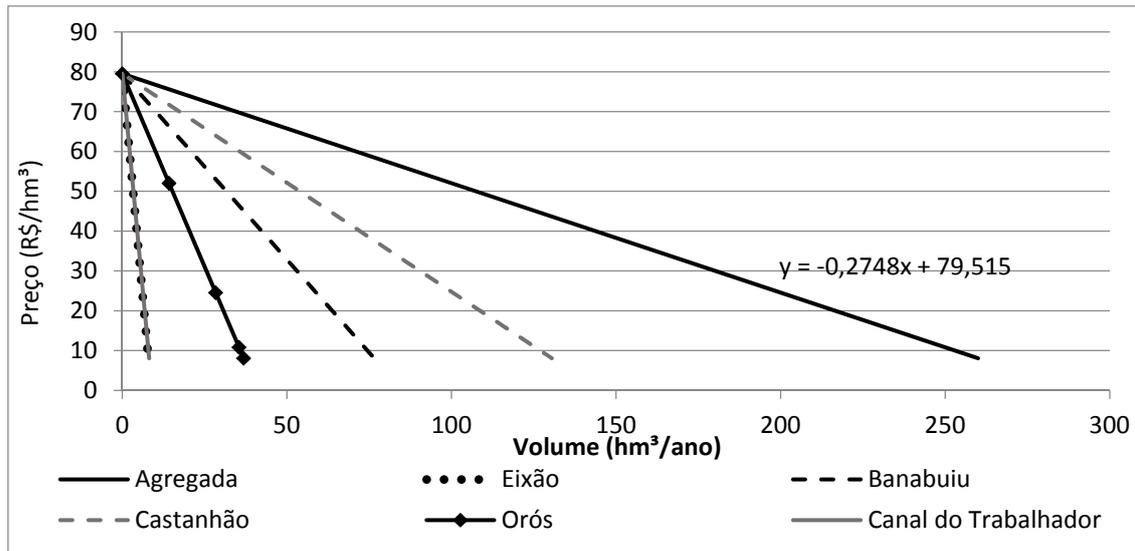
Fonte: Elaboração própria.

As funções benefício por sistema (**Tabela 3.5**) foram geradas por meio da integração das curvas de demanda desagregadas (**Figura 3.8**) admitindo o critério de homogeneidade das culturas.

**Tabela 3.5 - Função benefício da irrigação por sistema.**

Sistema	Funções (Milhões de Reais)	Vazão Máxima (hm <sup>3</sup> /ano)
Banabuiú	$B = \frac{-\left(0,467/2\right) \cdot Q^2 + 79,515Q}{1000}$	170,4
Canal do Trabalhador	$B = \frac{-\left(4,376/2\right) \cdot Q^2 + 79,515Q}{1000}$	18,2
Castanhão	$B = \frac{-\left(0,2774/2\right) \cdot Q^2 + 79,515Q}{1000}$	290,5
Eixão	$B = \frac{-\left(4,523/2\right) \cdot Q^2 + 79,515Q}{1000}$	17,6
Orós	$B = \frac{-\left(0,967/2\right) \cdot Q^2 + 79,515Q}{1000}$	82,1

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3.8 - Curva de demanda desagregada por sistema.**

Assim como a função de benefício da bacia, as funções por sistema também possuem rendimentos decrescentes a partir de uma determinada vazão alocada. A irrigação atendida pelo reservatório Orós, por exemplo, apresentou rendimentos decrescentes ao ultrapassar a vazão de 82,10hm<sup>3</sup>/ano (**Tabela 3.5**).

A curva de demanda agregada foi apresentada na **Figura 3.8**. Sua desagregação por sistema foi realizada com base na parcela da demanda da irrigação pertencente a cada sistema.

A irrigação da bacia do Jaguaribe possui uma demanda de 628,64 hm<sup>3</sup>/ano. Desse total, 29,44% pertence aos usuários atendidos pelo reservatório do Banabuiu, 50,19% aos usuários abastecidos pelo Castanhão, 3,14% são demandados pelos usuários que recebe água do Canal do Trabalhador, 3,04% do Eixão e 14,19% é o percentual requerido pelos usuários do Orós.

Apesar de ser definido os benefícios para a irrigação abastecida pelas águas transportadas pelo canal do trabalhador e eixão, o pagamento da compensação financeira foi operado conforme o estado das águas do reservatório Castanhão.

#### Gatilhos do mecanismo: Definição do estado das águas superficiais

O nível de Racionamento foi considerado como gatilho sendo que, nesse caso, a retirada máxima correspondeu a demanda total do sistema (40,81m<sup>3</sup>/s). Os limiares

que definem cada faixa do estado das águas superficiais podem ser visualizados na **Tabela 3.6**.

Com as faixas delimitadas, a definição dos estados das águas dos reservatórios utilizando o modelo acquanet ocorreu realizando as simulações em quatro cenários (**Tabela 3.7**) com as condições apresentadas no modelo de alocação. Após as simulações avaliou-se as falhas das demandas e o volume final dos reservatórios de acordo com o fluxo de decisão apresentado na **Figura 3.9**.

**Tabela 3.6 - Limiares do Nível de Racionamento para o sistema Jaguaribe-Metropolitano.**

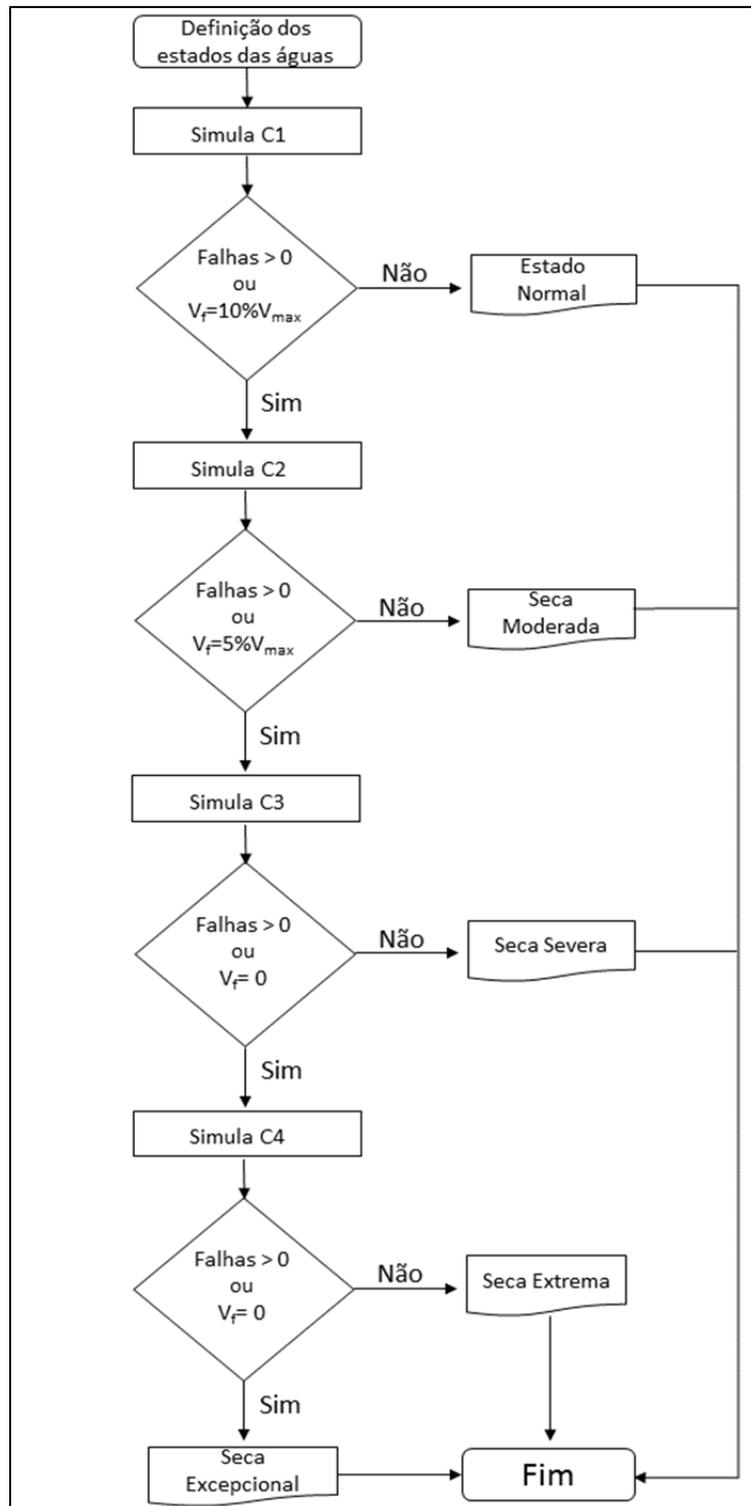
Estado	Nível de Racionamento (m <sup>3</sup> /s)
Normal	$R_t > (92\% * 40,81)$
Seca Moderada	$(62\% * 40,81) \leq R_t < (92\% * 40,81)$
Seca Severa	$(28\% * 40,81) \leq R_t < (62\% * 40,81)$
Seca Extrema	$(10\% * 40,81) \leq R_t < (28\% * 40,81)$
Seca Excepcional	$R_t \leq (10\% * 40,81)$

**Tabela 3.7 - Cenários de simulação para definição do estado das águas dos reservatórios.**

Cenários	Retirada do sistema (m <sup>3</sup> /s)
C1	34,54
C2	25,30
C3	11,43
C4	4,08

### 3.7.3 - Resultados

A compensação financeira foi arquitetada no intuito de ressarcir a irrigação pela perda de garantia hídrica, assim, ela foi calculada em função da quantidade de água requerida por esse setor.

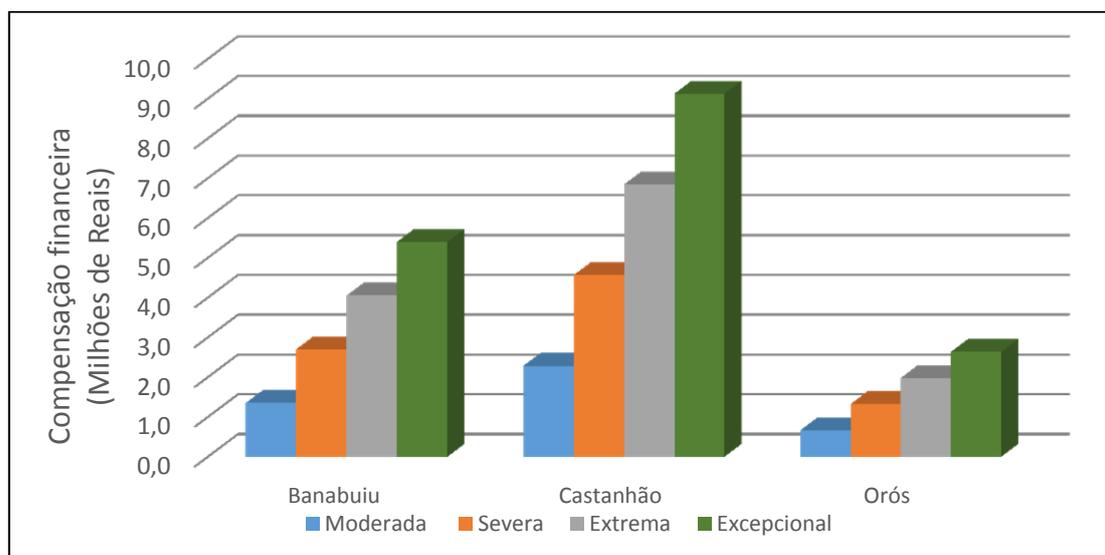


\*Vmax simboliza volume máximo do reservatório.

**Figura 3.9 - Fluxograma de decisão do estado das águas dos reservatórios.**

Contudo, a agricultura perene necessita de água mesmo em anos muitos secos para manter os cultivares vivos. Sendo necessário resguardar um determinado volume de água com garantia (prioridade) de abastecimento mais elevada para salvar essa cultura. Adotou-se, por suposição, que a fração necessária de água para a irrigação de salvação é de 30% da demanda total da cultura perene. Com isso, o mecanismo financeiro foi orçado para uma demanda de 17,18m<sup>3</sup>/s que corresponde a 100% do volume requerido pela irrigação temporária e 70% do volume demandado pela irrigação perene. Importante lembrar que nas culturas ligadas à subsistência os sistemas perenes não foram considerados.

Deste modo, o setor de irrigação atendido pelo Banabuiú possui compensações variando de R\$1.350.394,87 (quando for acionado seca moderada) a R\$ 5.402.579,43 (seca excepcional). Para a irrigação do Orós, as compensações variaram entre R\$ 659.413,06 (seca moderada) e R\$ 2.637.652,23 (**Figura 3.10**).

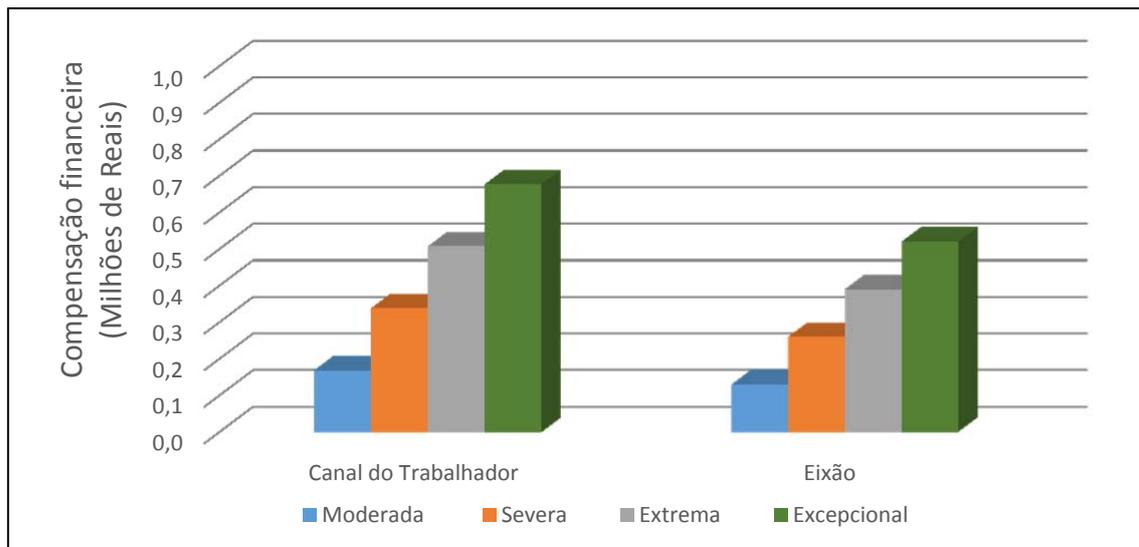


Fonte: Elaboração própria.

**Figura 3.10 - Valores de compensação financeira da irrigação abastecida pelos reservatórios Banabuiú, Castanhão e Orós com exceção da irrigação do Canal do Trabalhador e Eixão.**

Para a irrigação do canal do trabalhador obteve-se os seguintes valores de compensação: R\$ 169.396,46 ao ser acionado seca moderada no Castanhão, R\$ 338.792,93 quando o reservatório estiver em seca severa, R\$ 508.189,39 na seca extrema e R\$ 677.585,86 na seca excepcional (**Figura 3.10**).

A irrigação do Eixão das Águas possui os menores valores de compensação financeira em virtude de sua menor representatividade na demanda da bacia do Jaguaribe. Os valores calculados para essa irrigação foram: R\$ 130.117,25 quando o Castanhão estiver em seca moderada, R\$ 260.234,51 ao ser acionado seca severa, R\$ 390.351,70 na seca extrema e R\$ 520.469,01 na seca excepcional (**Figura 3.11**).



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 3.11 - Valores de compensação financeira da irrigação atendidas pelas águas do Canal do Trabalhador e do Eixão.**

Para aplicar o mecanismo de compensação financeira ao sistema Jaguaribe-Metropolitano foram utilizados o período crítico de 1930 a 1932. Esse período é o biênio mais seco para o sistema Jaguaribe-Metropolitano com vazão média de 23,047m<sup>3</sup>/s. quinta posição do biênio mais seco com vazão média de 59,689m<sup>3</sup>/s.

Considerando as vazões desse biênio realizou-se a operação do sistema com vazão zero no período de julho a dezembro, admitindo as prioridades dos volumes metas e das demandas descritas no modelo de alocação e analisou-se qual o estado de seca dos reservatórios e qual o montante de recursos necessários para pagar a compensação. Esses resultados estão expostos para cada um desses biênios na sequência do texto.

O comportamento dos volumes finais dos reservatórios do Jaguaribe e da RMF após a simulação do cenário 1 (92% da demanda total) da definição dos estados de seca estão expostos nas **Figuras 3.12 e 3.13**, respectivamente.

Considerando os volumes iniciais dos anos de 2012 e 2013 nenhum reservatório do Jaguaribe atingiu volumes menores que 10% da capacidade máxima e todas as demandas foram atendidas. Por outro lado, com o volume inicial de 2014, o Banabuiú atingiu um volume de 145,47hm<sup>3</sup> sinalizando que este reservatório se apresentava em algum nível de seca. Com a simulação do cenário 2, isto é, operando o sistema com 62% das demandas totais verifica-se que o Banabuiú eleva seu volume final para 231,64hm<sup>3</sup> e nenhum de seus usuários foi submetido a falhas (**Figura 3.14**).

Utilizando a condição inicial de volume do ano de 2015 (**Figura 3.12, d**) verificou-se que tanto o Banabuiú quanto o Castanhão atingiram volumes menores que 10% da sua capacidade máxima o que implica no acionamento do mecanismo financeiro. Além disso, os grupos de usuário do Banabuiú foram submetidos a falhas nos cenários 1, 2 e 3.

No cenário 1, a irrigação abastecida pelo Banabuiú apresentou um déficit da demanda integral de 47,77% (**Figura 3.15**). No cenário 2, esse déficit reduziu-se para 40,18% (**Figura 3.16**). No cenário 3 averiguou-se um déficit de 18,78% (**Figura 3.17**) enquanto que, no cenário 4, o déficit foi zero.

Com base nas simulações definiu-se os estados das águas apresentados pela **Tabela 3.8** para os reservatórios da bacia do Jaguaribe. Lembrando que todos os reservatórios da RMF se mostraram em estado Normal para o biênio de 1930 a 1932.

Desta forma, caso as afluições do período de julho de 2015 a julho de 2017 se comportassem igual às afluições do biênio de 1930 a 1932 seria necessário o valor de 6.631.644,44 reais para pagar a compensação a irrigação (**Figura 3.18**).

Tabela 3.8 - Estado das águas do reservatório para o período de 1930 a 1932.

Volume Inicial	Estado das Águas Superficiais (1930-1932)		
	Banabuiú	Castanhão	Orós
jul/2012	Normal	Normal	Normal
jul/2013	Normal	Normal	Normal
jul/2014	Moderada	Normal	Normal
mai/2015	Extrema	Moderada	Normal

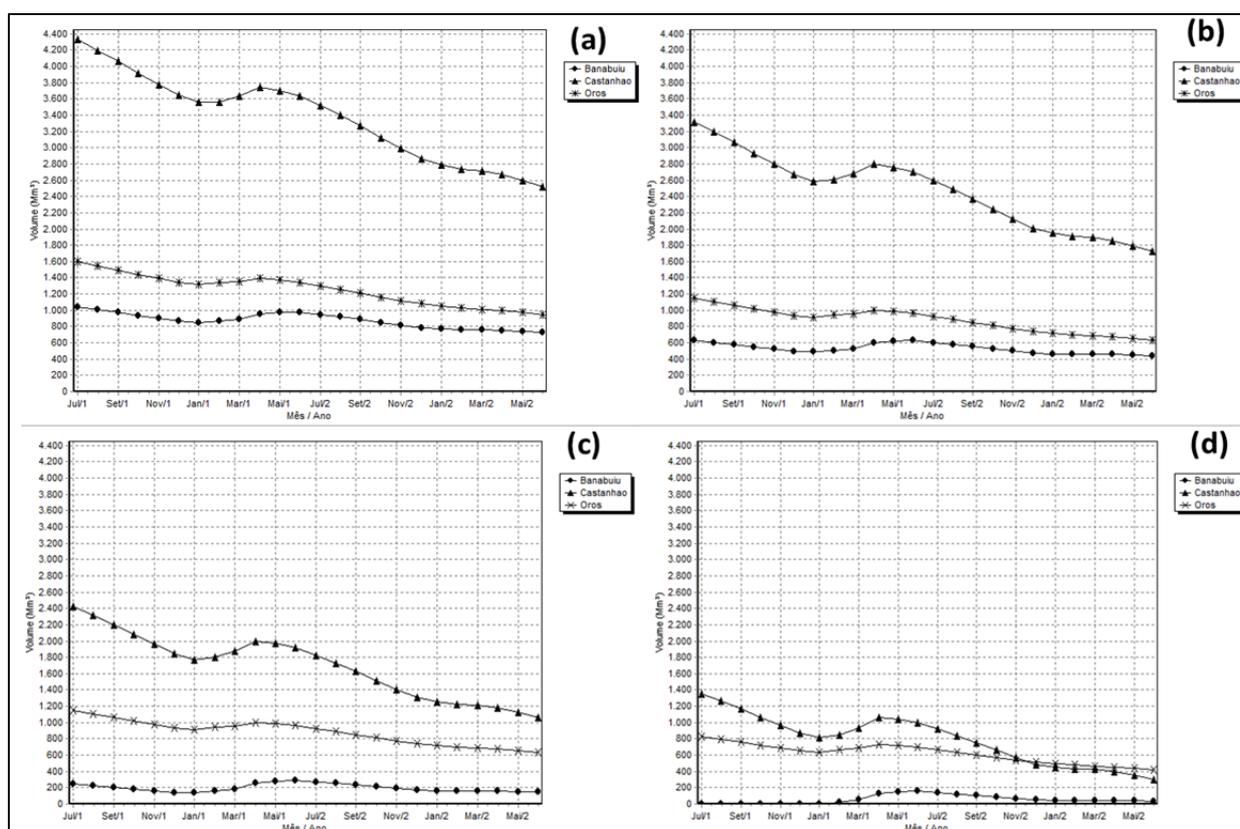


Figura 3.12 - Volume finais dos reservatórios da bacia do Jaguaribe após a simulação do Cenário 1 para o período de 1930 a 1932 com o volumes iniciais dos anos de: (a) 2012, (b) 2013 (c) 2014 e (d) 2015.

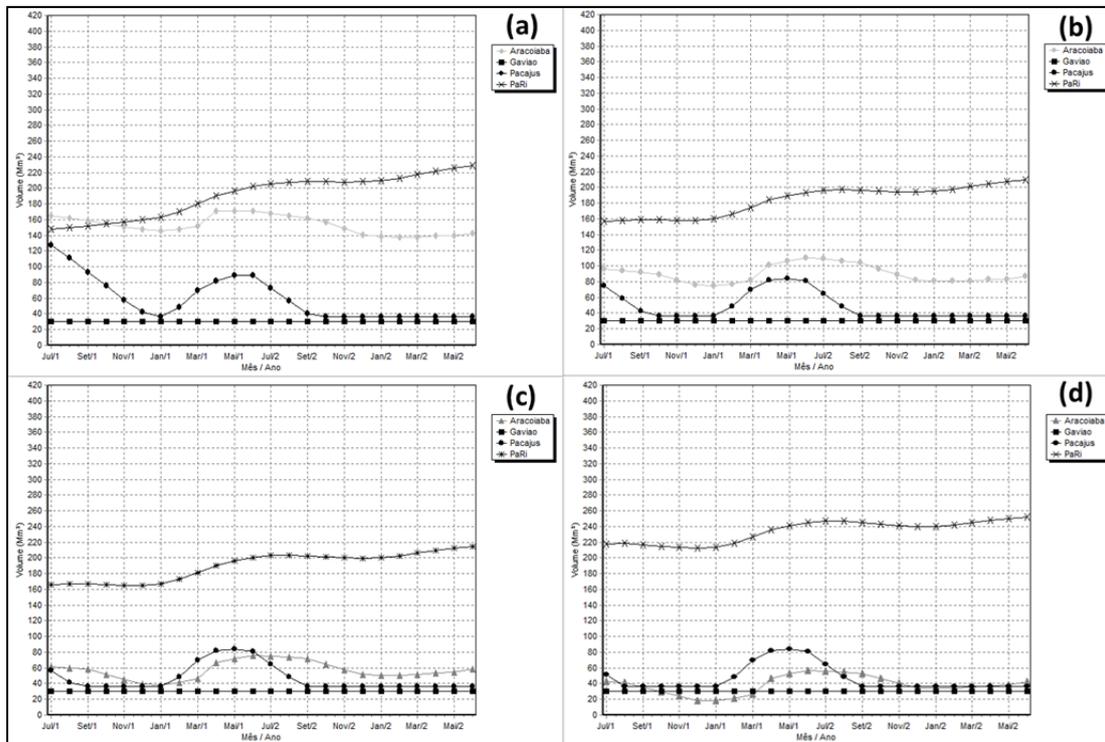


Figura 3.13 - Volume finais dos reservatórios da bacia Metropolitana após a simulação do Cenário 1 para o período de 1930 a 1932 com o volumes iniciais dos anos de: (a) 2012, (b) 2013 (c) 2014 e (d) 2015.

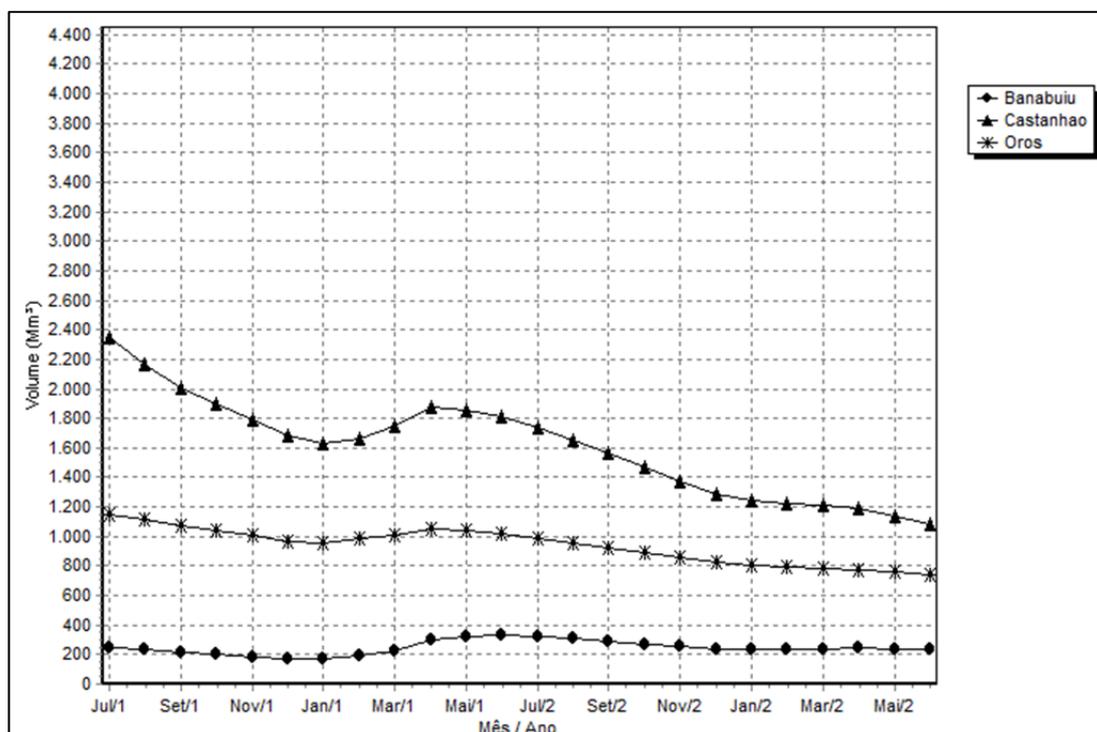
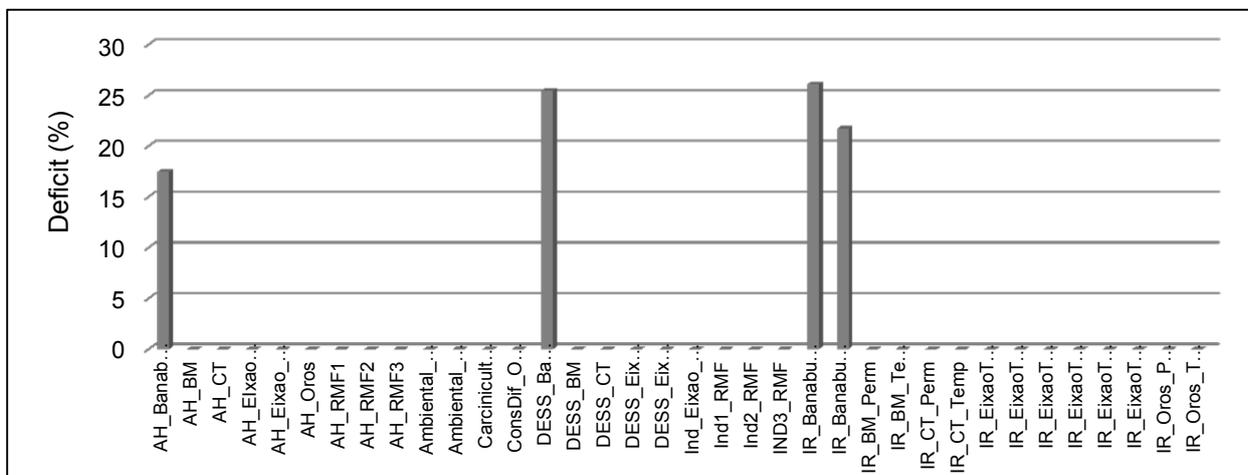
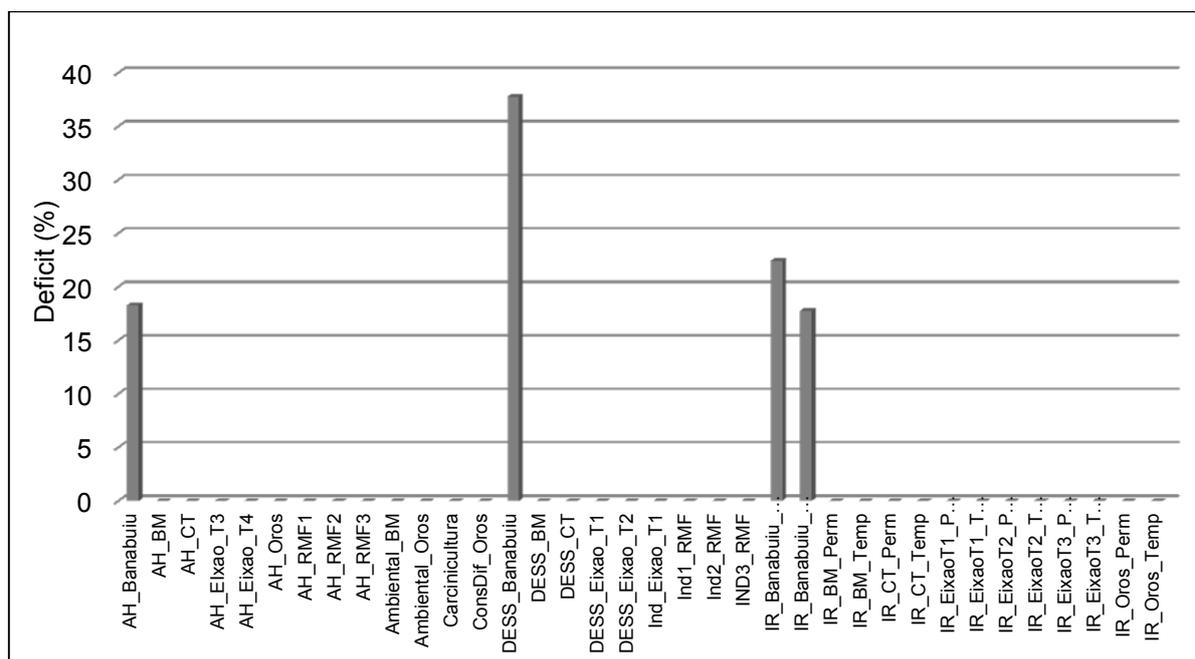


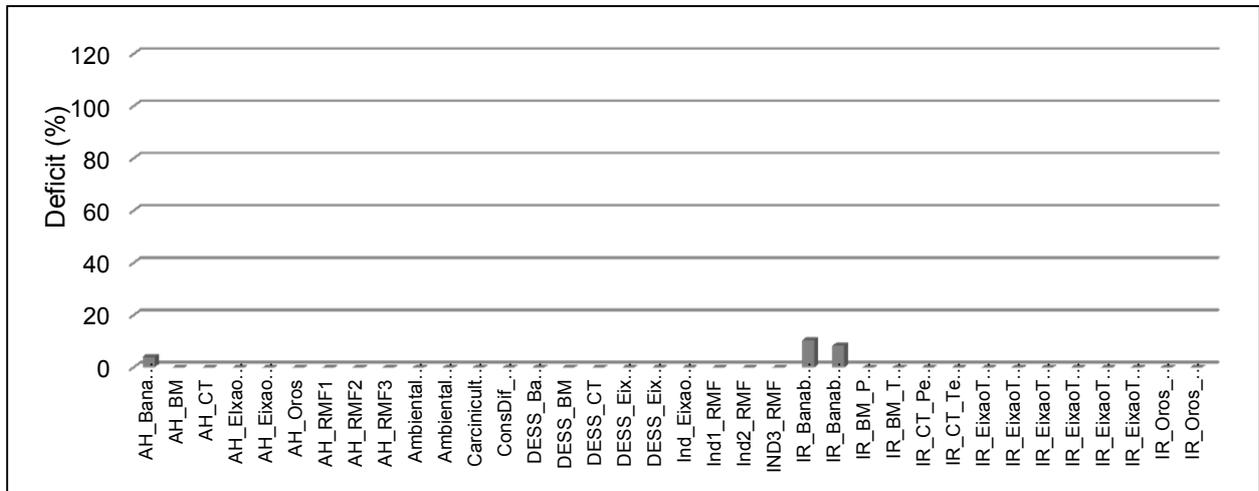
Figura 3.14 - Comportamento do volume dos reservatórios da bacia do Jaguaribe após a simulação do Cenário 2 (62% da demanda) para o período de 1930 a 1932 com o volume inicial de 2014.



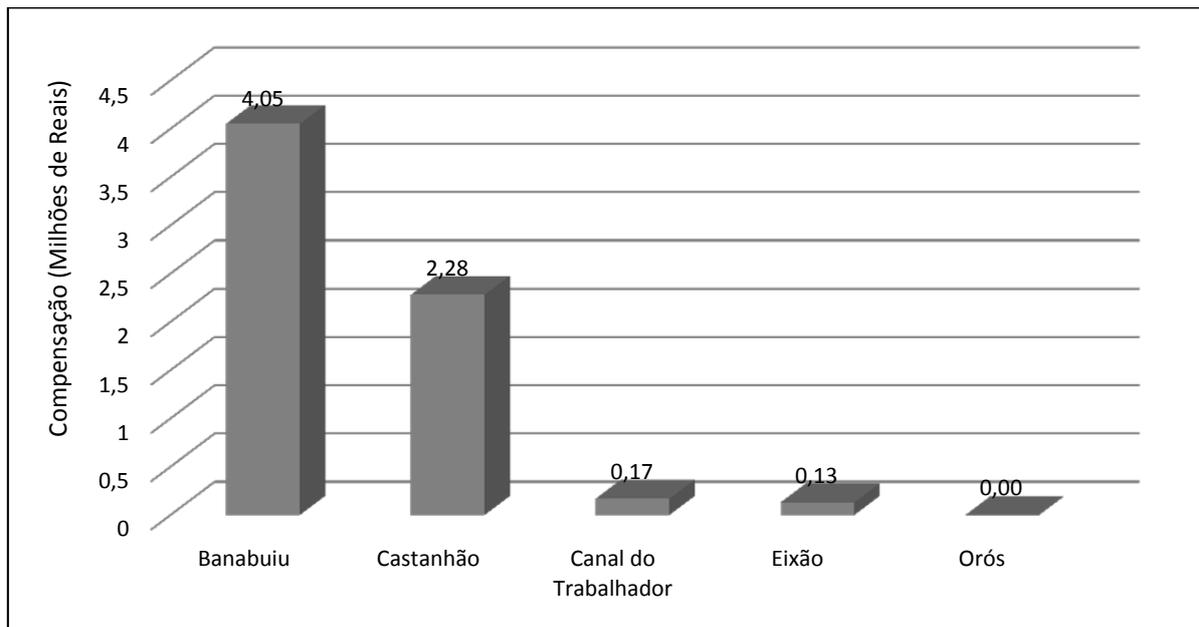
**Figura 3.15 - Déficit das demandas do sistema Jaguaribe-Metropolitano após a simulação do Cenário 1 (92% da demanda) com o volume inicial de 2015 e o período de 1930 a 1932.**



**Figura 3.16 - Déficit das demandas do sistema Jaguaribe-Metropolitano após a simulação do Cenário 2 (62% da demanda) com o volume inicial de 2015 e o período de 1930 a 1932.**



**Figura 3.17 - Déficit das demandas do sistema Jaguaribe-Metropolitano após a simulação do Cenário 3 (28% da demanda) com o volume inicial de 2015 e o período de 1930 a 1932.**



**Figura 3.18 - Compensação financeira considerando o biênio de 1930 a 1932.**

Nesta aplicação, o mecanismo financeiro foi acionado conforme o estado das águas superficiais do sistema hídricos, isto é, sempre que o reservatório apresentou estado de seca pagou-se a compensação para o usuário que perdeu garantia hídrica. Para isso, foi definido cinco estados: normal, seca moderada, seca severa, seca extrema e seca excepcional.

Os estados de seca foram delimitados por limiares. Esses limiares foram construídos conforme o nível de racionamento. Este indicador iniciou o disparo a compensação quando o volume disponível para alocação se igualou a 92% da retirada máxima, nesse modelo considerado como a vazão com noventa por cento de garantia.

Verifica-se a necessidade de implementação de medidas fiscalização e coerção na operacionalização do mecanismo financeiro uma vez que o gatilho pode sofrer algum nível de risco moral

Os volumes iniciais dos reservatórios (volumes registrados em julho de 1912, 1913, 1914 e maio de 1915) evidenciaram que o total precipitado sobre o sistema Jaguaribe-Metropolitano não foi suficiente para recuperar as recargas dos reservatórios fazendo com que a partir de 2014 já fosse detectado algum estado de seca neste sistema.

Contudo, as simulações apontaram que os reservatórios, apesar de estarem interligados, apresentam estados de seca diferenciados em mesmo cenário. Assim, neste modelo observou-se a ocorrência de secas locais.

Os reservatórios da RMF, especificamente, não apresentaram estado de seca em nenhuma condição estudada. Isso ocorreu devido a ordem de prioridade do volume meta adotada na pesquisa e comprovou a situação de transferência de risco observada no modelo agregado. Nesse caso, o risco de seca é transferido da RMF para a bacia do Jaguaribe.

Na bacia do Jaguaribe, o maior usuário em termos de volume de água demandado é a irrigação, assim, esse setor também é o mais impactado quando reduz-se os níveis dos reservatórios. Esse fato ressalta a importância da compensação financeira como mecanismo de gestão de risco na alocação de água.

O mecanismo de compensação financeira foi construído em função da quantidade de água demandada pela irrigação sem levar em consideração o tipo de cultura. Isso pode ocasionar um descontentamento para usuários que irrigam culturas de alto valor comercial admitindo que o preço da água para ele teria um valor mais elevado que para o usuário que cultiva uma espécie de baixo valor comercial.

Sabendo que o mecanismo de compensação foi construído para o setor de irrigação avalia-se também, com base nas simulações do modelo desagregado, que é

necessário discutir o desenvolvimento de medidas de gestão de risco para os outros grupos de usuários que também perdem suas garantias hídricas no período de escassez. Para a bacia do Banabuiú, por exemplo, as simulações expõem a necessidade de um plano de gestão de risco de seca que contenham medidas de mitigação para as cidades e toda a zona rural abastecida por esse reservatório.

Observou-se que o mecanismo financeiro pode ser operacionalizada por meio do instrumento de cobrança pelo uso da água sendo necessário um fundo de regularização dos recursos arrecadados.

Assim, conclui-se que a compensação financeira é uma opção viável tanto para os gestores de recursos hídricos que terão maior flexibilidade nas suas decisões quanto para os usuários menos prioritários do processo de alocação de água que poderão ter seus rendimentos elevados mesmo com a redução da garantia hídrica.

## **4 - FUNDO DE RESERVAS PARA EVENTOS EXTREMOS**

## 4 - FUNDO DE RESERVAS PARA EVENTOS EXTREMOS

### 4.1 - INTRODUÇÃO

O conhecimento e o estudo de mecanismos financeiros associados à alocação de água são relevantes dado o seu potencial papel na adaptação à variabilidade e mudanças climáticas. Extremos hidrológicos (secas e cheias) severos podem impor aumento significativo da vulnerabilidade das populações humanas e do desenvolvimento social.

As mudanças no clima podem ocorrer em diversas escalas de tempo e afetar a intensidade a frequência dos eventos hidrometeorológicos. Os modos de variação das séries temporais de vazões, precipitações e demais variáveis hidrológicas podem ser condicionadas pela atuação simultânea de diversos sistemas atmosféricos de várias escalas temporais e à dinâmica de suas interações.

Os principais efeitos oriundos dessas mudanças têm ganhado destaque devido à relevância para a vida humana e suas atividades. O sudeste da Amazônia, por exemplo, historicamente uma região tropical e úmida, tem apresentado condições climáticas fora dos padrões causado a diminuição dos níveis fluviais, deixando isoladas algumas comunidades mais afastadas devido à redução da capacidade de navegação segundo Marengo *et al.* (2009). Em alguns casos, incêndios nas florestas levam ao fechamento de aeroportos, afetando o modo de vida e trabalho dos moradores locais.

Diante desse quadro, a governança da água deve ser realizada de forma gradual e contínua sendo constantemente aprimorada em função do aumento das incertezas e riscos gerados pelo clima. Trata-se de construir uma gestão integrada dos recursos hídricos pautada no risco, a qual assenta-se sobre três fatores: incertezas, adaptação e risco de seca.

O sistema de gestão de risco de seca deve conter: (i) uma política de gestão de seca; (ii) um sistema de alerta precoce e monitoramento; (iii) planos de seca e de contingenciamento; (iv) fundos financeiros de contingenciamento; e (v) grupo de coordenação do planejamento da seca.

Dessa forma, esse relatório apresenta uma proposta de criação de um fundo de reserva para utilização na manutenção, operação e administração dos sistemas hídricos durante eventos extremos. Esse estudo analisa as possibilidades de

contingenciamento de recursos para utilização durante os períodos que o custo com o gerenciamento dos recursos hídricos não é coberto pela tarifa média. Ele apresenta uma descrição da estrutura do fundo, da proposta de contingenciamento e da estrutura administrativa e operação dos recursos.

#### 4.2 - FUNDO FINANCEIRO

Fundo financeiro visa acumular reservas financeiras para gerenciar um determinado risco. Sabendo da possibilidade de ocorrência de eventos hidrológicos e que seus impactos são de difícil mensuração, é sábio a adoção de medidas que visem mitigar esses impactos.

Em caráter genérico, fundo financeiro pode ser definido como o patrimônio de uma pessoa ou entidade afetado a uma finalidade específica, constituindo uma entidade contábil independente, sem personalidade jurídica própria, criada e mantida com um propósito particular e cujas transações sujeitam-se a restrições legais e administrativas especiais.

Os fundos sem personalidade jurídica dividem-se em três tipos:

- os fundos de reserva - de origem legal, estatutária ou voluntária, constituídos no âmbito das sociedades comerciais para compensar eventuais perdas, amortizações de obrigações ou depreciação de investimentos;
- os fundos de pensão - destinados aos subsídios de vantagens conferidas aos empregados de uma determinada entidade sem, entretanto, desvincularem-se juridicamente do restante do patrimônio da patrocinadora; tais entes, meras repartições administrativas, não devem ser confundidos com as entidades de previdência que possuem personalidade independente; e,
- os fundos especiais de gestão - sem autonomia jurídica, encontrados na Administração Pública.

Na esfera do Poder Público Federal brasileiro, podemos dizer que os fundos existem desde o final do século passado, originando-se seus recursos das mais variadas fontes: receitas próprias ou vinculadas, incentivos fiscais, dotações orçamentárias, créditos adicionais, empréstimos internos e externos, doações e outras. Possuem uma miríade de finalidades e abrangem todos os setores da Administração, tomando por

parâmetro principal de organização a estrutura criada pela classificação funcional-programática e tendo como legislação básica um vasto acervo de normas constitucionais, leis, decretos, resoluções e portarias.

A partir dos comandos normativos, pode-se enumerar as seguintes características básicas dos fundos especiais:

- vinculação de receitas especificadas, por lei, à realização de determinados objetivos ou serviços;
- possibilidade de adoção de normas peculiares de aplicação;
- utilização das receitas orçamentárias a eles vinculadas mediante dotação consignada no orçamento ou em créditos adicionais;
- regime de gestão especial, constituindo os saldos do exercício disponibilidades futuras; e,
- normas peculiares de controle, prestação e tomadas de contas, que poderão ser fixadas em sua lei de criação, ressalvada apenas a competência específica do Tribunal de Contas da União.

Em linhas gerais, pode-se adotar três critérios fundamentais de classificação dos fundos: a origem de seus recursos; a hierarquia de suas normas instituidoras; e a estrutura das funções da classificação programática. Assim, de acordo, com cada um destes critérios, podem aqueles entes ser constituídos de receitas orçamentárias ou extraordinárias, ter raízes predominantemente constitucionais ou legais, ou, ainda, serem relativos a funções como educação, previdência e outras.

Com base na explanação acima, fundos financeiros que visem mitigar as oscilações de preços em épocas de escassez são classificados como fundos especiais. Sendo assim, as regras para fundos financeiros relacionados aos recursos devem obedecer às regras elencadas acima.

A finalidade principal do fundo é viabilizar a recuperação pós-seca e durante a seca, promover políticas de mitigação na bacia hidrográfica, proteger a instituição. Ele deve possuir solvência, isto é, a capacidade de honrar os compromissos para os quais ele foi criado. A solvência é indicativa da saúde financeira do fundo sendo importante para avaliar sua sustentabilidade.

A decisão de implantação de um fundo de reserva depende do nível de risco e da vulnerabilidade do setor a eventos extremos.

Vulnerabilidade figura como um conceito multidimensional, utilizado em diferentes pesquisas de distintos campos do conhecimento científico, como nas áreas das ciências da saúde, sociais, biológicas e ambientais. Além de ser utilizado com frequência de forma coloquial. Segundo Adger (2006), a vulnerabilidade é o grau em que um sistema é suscetível e incapaz de lidar com os efeitos adversos.

Segundo Lavell et al. (2012), a *vulnerabilidade*, é o grau em que um sistema é suscetível e incapaz de lidar com os efeitos adversos da mudança e variabilidade climática (incluindo os extremos), sendo função do seu caráter, da sua magnitude e de seu ritmo (IPCC, 2007).

No Quarto Relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, o termo vulnerabilidade é visto como um conceito composto por três elementos: exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação.

No documento *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation - SREX* (2012) do IPCC, a vulnerabilidade passa a envolver apenas a sensibilidade e a capacidade de adaptação, enquanto que a exposição passa a estar incorporado no conceito de risco. Em termos gerais, não houve modificação da definição em si, apenas nos elementos constituintes da vulnerabilidade. Assim, no AR5 o conceito em questão é definido como a propensão ou disposição para ser afetado negativamente.

Gallopín (2003) não considera a exposição um elemento da vulnerabilidade. Para este autor, a vulnerabilidade é uma função da capacidade de resposta e da sensibilidade do sistema. Enquanto que a exposição é resultado da relação do sistema com seu ambiente. Esse autor também sinaliza a possibilidade de uma vulnerabilidade positiva quando a transformação sofrida é benéfica, como por exemplo, o colapso de um regime opressor ou quando um determinado grupo social consegue se sobressair de uma situação de pobreza crônica (Gallopín, 2006, p. 295).

O risco tem sido percebido pelo homem há muitos séculos e desde o aparecimento do seu conceito estudiosos tem procurado várias maneiras de mitigá-lo, seja por transferência de risco, seja por compartilhamento.

Devido à amplitude do conceito de risco, muitas vezes, risco e incerteza foram citados como sinônimos. No entanto, fazer a devida distinção é importante para uma gestão efetiva do risco. Segundo Knight (1921), risco é a aleatoriedade mensurável dos eventos futuros, ou seja, pode ser usada alguma função de distribuição de probabilidade capaz de descrever o valor dos eventos futuros. Já a incerteza, para o mesmo autor, é a aleatoriedade não mensurável dos eventos futuros. No limite sempre haverá alguma incerteza em todos os eventos práticos, pois seremos sempre incapazes de mensurar precisamente todos os efeitos que afetam os eventos futuros.

Conforme Damodaram (2009), a definição de risco deve incluir tanto a probabilidade de ocorrência quanto às consequências desse evento. Com isso, a probabilidade de um grande terremoto pode ser pequena, mas, os danos tão catastróficos que o evento poderia ser classificado como de alto risco. Segundo o mesmo autor, o risco se diferencia de ameaça por ser um evento de maior probabilidade, acerca do qual há informações suficientes para avaliar tanto a probabilidade quanto os danos.

A percepção do risco está relacionada com o comportamento dos agentes expostos a ele. A linha de estudo que relaciona comportamento (psicologia) e economia é recente e ganhou notoriedade, em 1979, com a publicação do artigo *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk* de Daniel Kahneman e Amos Tversky, também conhecida como Teoria do Prospecto. Nesse artigo, o comportamento foi visto sob uma ótica diferente da teoria neoclássica que obedece a teoria da utilidade esperada. Os autores concluíram no estudo que os indivíduos se comportam de maneira diferente diante de situações de ganhos e perdas.

Segundo Gitman (2004) são três os comportamentos básicos em relação ao risco: indiferença, propensão e aversão. No caso de indiferença, não haveria nenhuma variação de retorno exigida em razão de uma variação nos níveis de risco. Em uma situação de propensão a risco, o agente estaria disposto a assumir até mesmo um

retorno menor correlacionado a um risco maior. Em um comportamento de aversão ao risco, o agente exige um retorno mais alto em função da elevação do risco.

Devido ao fato de os conceitos de risco estarem intimamente ligados à ideia de probabilidade, a maneira de mensurá-lo, segundo o mesmo autor, evoluiu de acordo com os avanços no campo da Estatística e da Economia, bem como, da disponibilidade de dados. O Quadro 4.1 - expõe as principais evoluções da quantificação do risco ao longo do tempo.

**Quadro 4.1 - Evolução das medidas de risco**

Período	Principal evento	Medida do risco
Antes de 1494	Risco era definido como parte do destino e da Divina Providência.	A intuição ou nenhuma
1494	Proposta do jogo de dois apostadores e do arremesso da moeda de Luca Pacioli.	Probabilidades calculadas
1654	Pascal e Fermat resolvem o jogo de Luca Pacioli (Base para a teoria da probabilidade)	
1711	Bernoulli lança a “lei dos grandes números”.	Probabilidade baseada em amostras
1738	De Moivre deriva a distribuição Normal como aproximação da Distribuição Binomial que Gauss e Laplace aprimoram.	
Século XIX	Desenvolvimento dos seguros e das medidas atuariais do risco.	Perdas Esperadas
1900	Surgimento da teoria de que os preços têm caminhos aleatórios.	Variância do preço
1952	Markowitz lança as bases para a diversificação das carteiras.	Classificação dos riscos e das ações
1960	Surgimento dos modelos de risco e retorno e da distribuição da lei das potências.	Beta dos Mercados*
1986	Surgimento dos modelos multifatoriais. Variáveis macroeconômicas como fatores de risco.	Betas Macroeconômicos**
1992	Os índices são utilizados para avaliação dos riscos.	<i>Proxies</i>

Fonte: Adaptado de Damodaran (2009).

\*Este índice mede a variação de uma ação em relação a uma carteira de mercado, perfeitamente diversificada.

\*\* Medida da sensibilidade de um investimento a qualquer fator macroeconômico.

### 4.3 - TIPOS DE RISCO

O risco pode ser caracterizado sobre uma multiplicidade de enfoques, variando conforme sua causalidade, extensão de dano e técnica de abordagem. Rodrigues (2008, p.15-17) dispõe sobre três aspectos de caracterização do risco:

- Aspecto Econômico - O risco pode ser puro ou especulativo. Os puros são aqueles que envolvem a possibilidade de haver ou não uma perda e que podem ser seguráveis. Os especulativos são não seguráveis, pois, o segurado tem chances de perder ou ganhar;
- Aspecto comportamental – Divide-se em riscos ordinários e extraordinários. O primeiro caracteriza-se pela previsibilidade de seu comportamento estatístico. Os extraordinários não se submetem a nenhuma regra de distribuição de probabilidade e são excluídos pelo segurador;
- Responsabilidade – Com base nesse aspecto, os riscos podem ser particulares e fundamentais. Os particulares caracterizam-se pela definição do objeto, valor e agente afetado relativo ao dano ocorrido. Os riscos fundamentais originam-se de eventos que fogem à capacidade interventiva do homem, caracterizando por fatos decorrentes de mutações sociais, econômicas ou de origem naturais.

Conforme o mesmo autor, ainda pode-se identificar o risco legal e o risco moral. O risco legal é aquele em que os contratos não se realizem. Ele reflete a incerteza legal ou a incapacidade de uma contraparte adimplir um contrato devido à insolvência ou quebra estrutural. O risco moral está relacionado com a assimetria de informação e é consequência do comportamento oportunista dos agentes envolvidos no contrato de seguro após a execução dele.

Dentro desse contexto, Redja (2011, p. 6 -13) elucida cinco classes principais de riscos as quais estão descritas a seguir:

- Risco puro – é o risco encontrado na situação que existe uma única possibilidade de perda ou não existe perda. Exemplos dessas situações podem incluir as enchentes, os terremotos ou uma morte prematura.
- Risco especulativo – aquele inserido na situação em que existe uma possibilidade de ganho ou de perda. Quando se estoca uma grande quantidade de produtos, por

exemplo, pode-se ganhar se o preço desse produto aumentar ou perder se o preço declina.

- Risco Diversificado – é o risco que afeta somente indivíduos ou pequenos grupos de pessoas, mas, não a economia inteira. Este risco pode ser eliminado ou reduzido através da diversificação.
- Risco não diversificado – é o risco que atinge a economia inteira ou um grande número de pessoas.
- *Enterprise Risk* – é o termo usado para designar a situação em que todos os outros riscos citados acima podem ocorrer.

De acordo com Rodrigues (2008, p.8 - 9), a teoria do risco pode ser subdividida em três segmentos: a teoria do risco individual, a teoria do risco coletivo e a teoria da ruína. O modelo de risco individual está baseado no fato de que a apuração do valor total das indenizações é realizada de forma individual, fundamentada na distribuição do valor do sinistro e suas ocorrências.

Considerando  $X_i$  como sinistro da apólice,  $S$  como sinistro da carteira e  $P$  como prêmio, ou seja, valor provável das indenizações, esse modelo pode ser expresso como:

$$S = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

$$E[S] = E[X_1] + E[X_2] + E[X_3] + \dots + E[X_n] = \sum_{i=1}^n E[X_i]$$

$$P = E[S]$$

Esse modelo considera um portfólio de  $n$  apólices independentes. Deve-se assumir que os sinistros que chegam ao segurador para a  $i$ -ésima apólice têm probabilidades (RODRIGUES, 2008, p.325):

$$P [X = x] = \begin{cases} 1 - q_i, & \text{se } x = 0 \\ q_i, & \text{se } x = 1 \end{cases}$$

Para  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

O modelo de risco coletivo está baseado no fato de que a apuração da distribuição dos sinistros da carteira é observada como um todo, ou seja, de forma agregada. Nele deve-se conhecer não só a distribuição do valor de cada um dos sinistros como

também a distribuição do número total de sinistros característicos a uma dada Carteira (RODRIGUES, 2008, p.345). Deste modo, tem-se:

$$S = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N$$

$$E[S] = E[X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n] = E\left[\sum_{i=1}^N X_i\right]$$

A teoria da ruína investiga as condições de risco do segurador em relação ao capital investido, os créditos advindos dos prêmios ganhos, as perdas decorrentes dos sinistros pagos e o tempo em que tais eventos ocorrem (RODRIGUES, 2008, p. 405 - 411). Desta forma, o segurador poderá ser encontrado em duas situações:

- Ele possui recursos suficientes para continuar seu negócio por estar solvente;
- Ele estará em processo de ruína, incapaz de honrar compromissos financeiros com seus segurados por estar insolvente.

Assim, tem-se no modo discreto:

$$Ruína = U_n = \text{Min} (n: U_n < 0)$$

$$U_n = u + nc - S_n$$

No modo contínuo,

$$Ruína = U_t = \text{Min} (t: U(t) < 0)$$

$$U(t) = u + ct - S(t)$$

Em que u é o montante no tempo t=0, c é a taxa constante do prêmio por unidade de tempo (que não é uma variável aleatória), quando ocorre o sinistro agregado S no intervalo [0;t] e a ruína é o excedente do segurador no tempo t.

Desse modo, a criação e implantação de um mecanismo de gerenciamento de risco deve ser adequado ao tipo de risco que o agente está submetido.

#### 4.4 - PROPOSTA

O fundo de eventos extremos é a acumulação de recursos arrecadados a priori para realização de compromissos a posteriori. Ele terá como finalidade promover sustentabilidade financeira à instituição em períodos de seca e de cheia. Isto é

necessário pois, o atual sistema de cobrança do estado do Ceará cobra um preço médio anual que não varia em função da disponibilidade hídrica ocasionando aumento de custos da instituição em períodos de eventos extremos.

Os recursos financeiros necessários para compor o fundo de reservas serão oriundos do sistema de cobrança pela água bruta, isto é, mensalmente um percentual do valor arrecado com a cobrança pelo uso da água será guardado na conta denominada Fundo de Eventos Extremos.

Para isso, considera-se o seguinte modelo de cobrança:

$$\text{Cobrança} = (T(u) + T_L(u)) \times K_u \times K_{FDE} \quad (29)$$

Onde:

$T(u)$  - tarifa do usuário  $u$  em função do volume consumido;

$T_L(u)$  - Corresponde a tarifa de água imposta sobre a qualidade de água. Esta possui duas parcelas: a primeira referente ao lançamento de efluentes nos corpos hídricos e a segunda, referente à cobrança associada à qualidade da água recebida pelos diferentes setores usuários;

$K_u$  é o coeficiente que adapta o mecanismo de cobrança à eficiência de uso;

$K_{FDE}$  é o coeficiente do fator de disponibilidade efetiva.

Os recursos financeiros guardados no Fundo de Eventos Extremos deverão ser utilizados, apenas, em períodos de seca e de cheia e para executar as seguintes ações:

- Despesas do acréscimo de energia decorrentes da elevação do bombeamento;
- Despesas com fiscalização do uso da água;
- Despesas com execução de estratégias para minimizar conflitos devido à escassez hídrica.

A conta do Fundo de Eventos Extremos será gerenciada pelo Conselho Administrativo da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos - COGERH ficando este conselho com a atribuição de apresentar, periodicamente, o fluxo financeiro da conta ao Conselho de

Recursos Hídricos do Ceará – CONERH. Neste sistema, este conselho é denominado fiscalizador das reservas financeiras.

Para isso, faz-se necessário executar as seguintes alterações no estatuto da COGERH:

*Artº 12. Compete ao Conselho de Administração:*

*XVI – gerenciar o Fundo de Eventos Extremos;*

*XVII – definir o percentual da cobrança pelo uso da água bruta destinado ao Fundo de Eventos Extremos;*

*XVIII – aprovar a retirada de recursos financeiros do Fundo de Eventos Extremos.*

*O CONERH, como fiscalizador, terá o direito de impedir a utilização de recursos do Fundo de Eventos Extremos e de requerer ao Conselho Administrativo explicações sobre a utilização dos recursos.*

#### 4.5 - CONSIDERAÇÕES

Fundos financeiros de eventos extremos atuam para a redução da vulnerabilidade hídrica aumentando a capacidade do sistema se adaptar frente a secas severas. A longo prazo eles tem efeito na mitigação dos danos devido a investimentos em mecanismos de proteção ao risco como a compensação financeira. Eles também possuem a flexibilidade de serem operados conjuntamente com outros mecanismos de proteção ao risco como os seguros agrícolas.

Com isso, ele é estabelecido para: (i) melhorar a eficácia e a eficiência do risco de seca e de cheia dentro do sistema de gestão do Ceará; (ii) facilitar a construção de resiliência, preparação e resposta oportuna a seca durante em diferentes estádios, a fim de reduzir e minimizar os efeitos negativos das secas; (iii) receber recursos financeiros da cobrança.

## **5- PROPOSIÇÃO DE NOVAS CATEGORIAS TARIFÁRIAS**

## 5 - PROPOSIÇÃO DE NOVAS CATEGORIAS TARIFÁRIAS

### 5.1 - BASES CONCEITUAIS PARA A COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

Durante séculos a água foi considerada um bem livre, com características de ser renovável e estocável, sendo ofertada de forma abundante pela natureza, sem valor econômico.

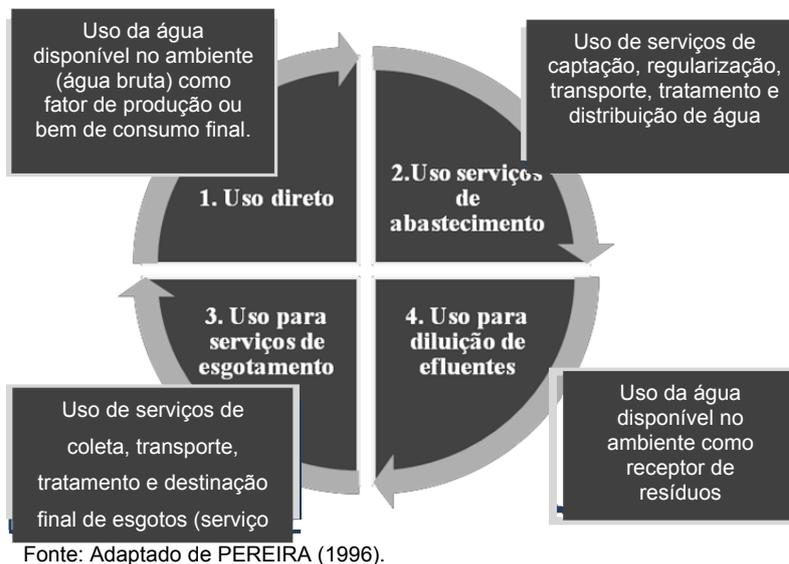
Entretanto, diante de sua constante renovação e possibilidade de estocagem, a água, por conta de seu uso indiscriminado, associado ao crescimento econômico e concentração da população humana, passou a ser um recurso relativamente escasso e, devido a essa escassez, um bem econômico com valor de uso. O valor de uso da água apresenta características variáveis em virtude da utilidade ou da satisfação que os diversos consumidores lhe atribuem e da múltipla capacidade de satisfazer suas necessidades. A principal característica da água é que ela possui diferentes valores de uso, que implicam, também, em diversos valores de trocas (FERRAZ, 2008).

Os mecanismos de mercado, em presença de custos de transação, não são capazes de contabilizar os custos sociais que as decisões individuais de cada usuário dos recursos hídricos impõem aos demais, como por exemplo, impactos de usuários agrícolas que optam pela utilização de agrotóxicos em plantações próximas a margens de rios e acabam aumentando os custos para tratamento de água em empresas de saneamento na mesma área.

A intervenção do poder público, por meio da cobrança pelo uso da água, como forma de racionalizar a utilização desses recursos como condição para satisfazer aos diversos usuários competidores, e garantindo assim uma maior eficiência produtiva, é elemento essencial para o desenvolvimento econômico (GARRIDO, 1996).

#### 5.1.1 - Usos e Preços da água

Segundo Pereira (1996), a água possui quatro usos que podem ser cobrados (**Figura 5.1**). Em geral, os usos 2 e 3 (abastecimento e esgotamento) são cobrados pelas companhias de saneamento, sendo que os serviços de captação são também cobrados pelas entidades que gerenciam projetos públicos de irrigação.



**Figura 5.1 - Tipos de usos da água**

A cobrança dos usos 1 e 4 tem sido mais recentemente utilizada nos processos de modernização dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos realizados no âmbito federal e de alguns estados brasileiros. Ainda segundo Pereira (1996), a cobrança pelos usos 1 e 4 já são objeto de cobrança em países que já possuem legislação "sólida" a respeito, como é o caso da França. A cobrança se estrutura no princípio do usuário pagador, cuja finalidade é "internalizar" as externalidades no processo do agente econômico em relação ao meio ambiente. Esses dois usos são caracterizados pela dificuldade de implementação, visto que o problema reside na escolha do instrumento econômico. O princípio do usuário pagador estabelece que aquele que utiliza o recurso ambiental deve arcar com seus custos, porém a cobrança não deve implicar na imposição de ônus excessivos (FERRAZ, 2008), nem induzir a poluir por parte do usuário, visto o mesmo possuir capacidade de pagamento.

### 5.1.2 - Fatores Determinantes da Cobrança

A literatura apresenta algumas das motivações para a cobrança, destacando-se Lanna (1995) e Nogueira *et al.* (2001), os quais consensualmente destacam quatro motivações, são elas:

1. Financeira:

- Recuperação de investimentos e pagamento de custos operacionais e de manutenção;
- Geração de recursos para a expansão dos serviços.

2. Econômica: estímulo ao uso racional do recurso.

3. Distribuição de renda: transferência de renda de camadas mais privilegiadas economicamente para as menos privilegiadas.

4. Equidade social: contribuição pela utilização de recurso ambiental para fins econômicos.

Com relação ao fator financeiro, este tem como objetivo compensar custos com investimentos, operação e manutenção, necessários para a prestação dos serviços, bem como a formação de capital para expansão do sistema. Assim, o custo financeiro a ser estabelecido pelo uso da água deve ser satisfatório para cobrir todos os custos recorrentes em termos financeiros. Apesar dos interesses político e social envolvidos no setor, o que geralmente torna esses custos subdimensionados, é indispensável que esses custos sejam avaliados corretamente. (Nogueira *et al.*, 2001).

O fator econômico tem como objetivo estimular o uso racional dos recursos hídricos, no qual a remuneração do serviço tem como base o princípio poluidor-usuário-pagador. A cobrança não levaria em conta apenas a quantidade, mas também à sua qualidade (Nogueira *et al.*, 2001).

A questão da distribuição de renda é voltada para transferir renda das classes mais privilegiadas economicamente para as menos privilegiadas, ou seja, funcionam como instrumento de redirecionamento da renda, notadamente pelo uso dos subsídios cruzados.

No que se refere à equidade social, a cobrança busca desempenhar o papel de agente redistribuidor de renda, de acordo com uma sistemática de onerar segmentos da sociedade que possuem maior capacidade de pagamento que outros, bem como de gerar fundos de investimento a serem idealmente empregados em projetos de interesse social.

### 5.1.3 - Referências para a Cobrança

A cobrança pelo uso da água quer seja efetuada por quantidade ou por qualidade deve ser implementada utilizando uma referência tarifária, segundo Nogueira *et al.* (2001) e Pereira (1996). As referências para a cobrança são geralmente constituídas por (Figura 5.2):



Fonte: Adaptado de PEREIRA (1996)

**Figura 5.2 - Referências para a cobrança pelo uso da água**

#### 1 - Capacidade de pagamento do usuário:

Trata-se da referência mais adotada, visto que condiciona a cobrança ao limite financeiro dos usuários. Do ponto de vista financeiro, trata-se de definir uma tarifa que permita ao usuário ter capacidade de pagamento. Nesse sistema, os usos com maior capacidade de pagamento, principalmente pela possibilidade de incorporação dos custos pelo uso da água em seus preços, pagam mais para possibilitar menores preços às categorias de usos com menor capacidade de pagamento.

#### 2 - Custo do serviço:

O custo do serviço visa à recuperação do capital investido na implementação do serviço, incluindo o valor principal e juros, bem como os custos de operação, manutenção e reposição. Nesse caso, quando ocorrem restrições de capacidade de pagamento, pode-se estabelecer um esquema de subsídios cruzados, no qual a cobrança incidirá de forma mais expressiva nos usuários com maior capacidade de pagamento, sendo atenuadas para os usuários com menor capacidade.

### **3 - Custo marginal ou incremental:**

O custo marginal é a mudança no custo total de produção advinda da variação em uma unidade da quantidade produzida. Trata-se do acréscimo do custo total pela produção de mais uma unidade, o que corresponde ao custo da última unidade produzida. Adotado como parâmetro para gerar recursos para os investimentos demandados para a expansão do serviço, a tarifa, com base no custo marginal de expansão, gera os recursos financeiros para promovê-los, e quando não for necessária, a cobrança será baixa, estimulando o uso do serviço.

### **4 - Custo de oportunidade:**

O custo de oportunidade é definido como o valor do recurso no seu melhor uso alternativo. O valor da água incremental ofertada ao sistema é o maior entre duas parcelas, respectivamente, o custo marginal de sua oferta, conforme estimado pela referência anterior, ou o benefício que poderia ser gerado para a sociedade dirigindo-se o capital de investimento para a melhor alternativa disponível. Trata-se de uma referência mais exigente, na medida em que sinaliza ao consumidor, via tarifa, o valor do maior benefício que poderá ser obtido para a sociedade com o uso do capital.

### **5 - Custo de mercado:**

Trata-se de um preço que pode ser fixado de forma automática pelas leis de mercado por meio de livre negociação. As partes interessadas negociam livremente, ou de acordo com determinado regulamento, entre si, ou com os provedores, sendo que a demanda é suprida para quem oferece o maior preço. Essas negociações via mercado poderiam não levar em consideração aspectos sociais e/ou ambientais, entre outros.

### **6 - Custo incremental médio:**

Trata-se do custo necessário para a próxima expansão do sistema, de acordo com um plano de investimentos adotado. O custo com a implantação do novo investimento é diluído de acordo com um período de tempo estimado de recuperação desse capital, a uma taxa de desconto, acrescido dos custos globais de operação, de manutenção e de reposição correntes ou futuros, em parcelas mensais de unidades monetárias. A divisão desse montante pelos  $m^3$  de incremento mensal de ofertas resulta no custo incremental médio de  $m^3$  de água (FERRAZ, 2008).

## 5.2 - MECANISMOS DE COBRANÇA EXISTENTES

A cobrança em geral apresenta uma estrutura básica de cobrança pelo uso da água existentes. Sendo descrito, a seguir, de forma detalhada seus componentes.

### 5.2.1 - Estrutura Básica

Os mecanismos de cobrança existentes possuem, em geral, a seguinte estrutura básica (Equação 1):

$$\text{Cobrança} = \text{Base de Cálculo} \times \text{Preço Unitário} \times [\text{Coeficientes}] \quad (1)$$

O valor da cobrança é o resultado da multiplicação da base de cálculo pelo preço unitário. A definição da base de cálculo é feita em função do uso da água e o preço é definido, em geral, em função dos objetivos da cobrança. Conforme Thomas (2002), algumas metodologias adaptam essa estrutura para atender suas especificidades (como diferenciar a cobrança em função do tipo de usuário, do tipo de uso, etc.). Essas adaptações são efetuadas com o uso dos coeficientes à estrutura básica. A seguir, são descritos em detalhes a base de cálculo, o preço unitário e os coeficientes.

### 5.2.2 - Base de Cálculo

A base de cálculo é o componente da estrutura dos mecanismos de cobrança que busca quantificar o uso da água. Geralmente, são considerados como usos da água: a captação, o consumo e a diluição.

- O uso de captação é definido como a retirada de água do corpo hídrico;
- O consumo é a parcela do uso de captação que não é devolvida ao corpo hídrico;
- A diluição é definida como a quantidade de água necessária para diluir uma carga poluente.

Considera-se que os usos da água podem ser caracterizados de forma direta ou indireta. Para caracterizá-los de forma direta é utilizada como parâmetro a vazão (medida em m<sup>3</sup> ou litro), enquanto de forma indireta pode-se utilizar outros parâmetros como a carga poluente lançada (Demanda Biológica de Oxigênio - DBO), a área irrigada (ha ou km<sup>2</sup>) ou a energia produzida (MW ou KW).

A vazão pode ser utilizada para caracterizar qualquer um dos três tipos de uso definidos (captação, consumo e diluição). Na maioria dos países, inclusive no Brasil, a

vazão é utilizada apenas para caracterizar os usos de captação e consumo, enquanto que para caracterizar a diluição utiliza-se geralmente como parâmetro a carga de poluentes lançada (THOMAS, 2002).

A carga poluente lançada pode ser definida como a massa de um poluente que é lançada por uma unidade de tempo. No Brasil a principal unidade de medida utilizada é a  $DBO_{5,20}$ <sup>10</sup>.

Segundo Thomas (2002), a desvantagem dessa base de cálculo é que ela é muito genérica e pode não caracterizar bem o uso da água. O uso da água na agricultura depende de uma série de fatores, tais como o tipo de solo, a eficiência da técnica de irrigação utilizada, entre outros.

No Brasil, a cobrança pelo uso da água do setor elétrico foi definida pelo art. 28 da lei 9.984, que estabelece uma parcela de 6,75% do total da energia produzida que deve ser paga como compensação. Nesse caso, a base de cálculo para a cobrança é um percentual da energia produzida. Segundo Labhid (2001), esse parâmetro não caracteriza perfeitamente o uso da água de uma usina hidrelétrica, visto que a energia gerada não depende apenas da vazão utilizada, mas também de outros fatores como a altura de queda, por exemplo. Assim, se duas usinas possuem a mesma vazão turbinada, mas se tiverem alturas de queda diferentes, elas podem gerar quantidades de energia diferentes. Dessa forma, essas duas usinas irão pagar o mesmo valor, mesmo que produzindo quantidades de energia diferentes. Na cobrança pelo uso da água das usinas hidrelétricas na França, é considerada a energia produzida e a altura de queda.

### 5.2.3 - Preço Unitário

De acordo com Thomas (2002), existem 4 metodologias que são utilizadas para a determinação do preço unitário, são elas: Preço médio; Preço público; Preço ótimo e; Custo efetividade. Essas metodologias foram agrupadas em função dos objetivos da cobrança definidos na Lei 9.433. As duas primeiras são metodologias com objetivo de obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções

---

<sup>10</sup>  $DBO_{5,20}$  Corresponde à quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica por processos biológicos, a uma temperatura média de 20°C durante 5 dias.

contemplados nos planos de recursos hídricos, enquanto as outras duas, são metodologias com objetivo de incentivar a racionalização do uso da água e reconhecer a água como bem econômico, dando ao usuário uma indicação de seu real valor.

Muito embora a teoria econômica seja empregada para a determinação desse preço, a mesma é utilizada apenas como base conceitual para a estimativa inicial dos preços unitários, pois a sua definição final é resultado de um processo político de negociação. Por essa razão é que a maioria dos países implantou o sistema de cobrança de forma gradativa, iniciando o processo com preços unitários baixos e aumentando-os ao longo do tempo, de maneira que não gerasse grandes impactos aos usuários (FORMIGA-JOHNSON *et al.*, 2002).

Para efeito de financiamento, a cobrança é definida como a cobertura dos custos da bacia, que são compostos pelos custos de gestão e custos de investimento. Os custos de gestão são os custos necessários para o funcionamento adequado do sistema de gestão de recursos hídricos. Esses custos compreendem as despesas com administração (aluguel de imóveis, salário de funcionários, etc.) e operação e manutenção do sistema (emissão de outorgas, monitoramento, fiscalização, etc.). Quanto aos custos de investimento, estes são definidos como os custos necessários para a realização das intervenções contidas nos planos da bacia. De acordo com Thomas (2002), incluem-se nesses custos as despesas relativas às intervenções estruturais (construção de ETEs, reservatórios, etc.) e não-estruturais (mobilização, capacitação, etc.).

A seguir, são apresentadas metodologias de determinação do preço unitário com objetivo de financiamento:

### **1. Preço Médio**

O preço médio é calculado pela divisão do montante total dos custos da bacia (custos de gestão e/ou custos de investimento) entre os usuários, ou seja, é feito um rateio de custos, como se fosse uma taxa de condomínio. Essa divisão é feita em função da base de cálculo adotada. Por exemplo, se a base de cálculo for a vazão consumida, divide-se o montante total dos custos pelo somatório das vazões consumidas, por todos os usuários da bacia. Com isso, tem-se o preço unitário do metro cúbico de água

consumida. Para obter o valor de cada usuário, basta multiplicar a sua vazão consumida por esse preço unitário.

## 2. Preço Público

O preço público é similar ao preço médio porque também rateia os custos entre os usuários, mas difere na forma como esse rateio é feito. O preço médio é definido para que todos os usuários paguem o mesmo valor por unidade de água utilizada, enquanto o preço público os valores são diferenciados, geralmente baseados na elasticidade-preço da demanda de cada usuário, ou seja, sua sensibilidade de uso de água frente a alterações de preço. Segundo Seroa da Motta (1998), os usuários com demanda menos elástica pagam mais e usuários com demanda mais elástica pagam menos. Estudos sobre elasticidade nos setores usuários de água indicam que o setor mais elástico é a agricultura, seguido pela indústria e pelo abastecimento doméstico. Portanto, de acordo com este critério, os usuários que mais pagariam seriam as empresas de saneamento (RIBEIRO *et al.*, 1999).

A política de preços baseada no preço médio e/ou preço público pode também induzir, de certa forma, que usuários utilizem a água de forma mais racional, visto que esses preços indicam que ela possui um valor econômico (LABHID, 2001).

As metodologias de determinação do preço unitário têm como objetivo reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor e são baseadas no conceito de racionalização, que busca a alocação ótima do uso da água em termos de eficiência econômica, ou seja, a maximização dos benefícios econômicos para a bacia.

Dentre as principais metodologias que têm como objetivo principal a racionalização do uso da água, estão: o preço ótimo e o custo-efetividade.

### ▪ Preço Ótimo (Análise Custo-Benefício)

Em termos econômicos, o preço ótimo é aquele que induz à maximização da diferença entre os benefícios totais e os custos totais, que é representado pelo ponto onde os benefícios marginais se igualam aos custos marginais (FERGUSON, 1999).

## ▪ Custo-Efetividade

Segundo Cánepa *et al.* (1999), na metodologia do custo-efetividade, a quantidade ótima é definida pelo menor custo possível e a aplicação desta metodologia fornece o custo mínimo para atingir a quantidade ótima, atendendo ao objetivo da eficiência contábil.

O preço a ser cobrado é o valor do custo marginal de redução de uso, ou seja, qualquer investimento que resulte em redução do uso da água, como por exemplo, recirculação de água ou construção de estações de tratamento de esgoto, no ponto correspondente à quantidade de redução necessária para atingir o nível desejado de uso (THOMAS, 2002). Nesse caso, admitindo-se que uma bacia decidiu que o uso da água deveria ser reduzido em 4 m<sup>3</sup>/s, e para atingir esse objetivo, deveria cobrar R\$ 0,008/m<sup>3</sup>. Segundo o pressuposto dessa metodologia, os usuários com custo de redução de uso acima de R\$ 0,008/m<sup>3</sup> pagariam esse valor para continuar usando a água, enquanto que, usuários com custo de redução de uso abaixo desse valor, investem na redução do seu uso, deixando de pagar. Assim, muito embora alguns usuários possam utilizar uma quantidade de água acima do permitido, outros estarão usando menos e, na soma de todos os usuários, o uso da bacia será reduzido até o nível desejado (THOMAS, 2002).

As metodologias do preço ótimo e do custo-efetividade também atendem ao objetivo de financiamento, visto que os recursos arrecadados com a cobrança são aplicados na cobertura dos custos de gestão e/ou de investimento da bacia.

### 5.2.4 - Coeficientes

Os coeficientes são resultado da adaptação do mecanismo em função de objetivos específicos. Os coeficientes tendem a impactar o valor final da cobrança. De acordo com Labhid (2001), o valor final da cobrança na França, a partir de 1991, quase triplicou devido à essa manipulação. De acordo com Thomas (2002), os coeficientes são geralmente utilizados nos mecanismos de cobrança, sendo divididos em três tipos:

#### 1. Tipo de usuário

Os usuários são diferenciados em função do setor a que pertencem. Em geral, os setores de abastecimento industrial e doméstico pagam mais que a agricultura. Em

alguns casos, o abastecimento doméstico paga mais que a indústria e em outros, ocorre o contrário. Esse tipo de coeficiente é utilizado, em São Paulo, nas bacias PCJ e Paraíba do sul e ainda no Ceará.

## 2. Tipo de uso

Este tipo de coeficiente visa diferenciar a cobrança em função do uso, ou seja, captação, consumo e diluição, sendo, usual, que o uso da captação seja mais barato e diluição mais cara. Na bacia do rio Paraíba do Sul, por exemplo, o coeficiente que diferencia captação de consumo vale 0,4, isto é, o preço da água para o uso de captação corresponde a 40% do preço da água para uso de consumo (LABHID, 2001). Entretanto, na maioria dos casos, a diferenciação entre os tipos de uso é decorrente da manipulação dos preços unitários em lugar do uso de coeficientes, como na cobrança pelo uso da água no Estado do Ceará.

## 3. Local e Instante

De acordo com Thomas (2002), os coeficientes referentes ao local e instante são relativos ao manancial, à localização do usuário, à escassez e à sazonalidade.

- **Manancial:** a cobrança é diferenciada em função da fonte de onde é retirada a água ou onde é lançado o poluente (águas subterrâneas, rios e estuários).
- **Localização do usuário:** Esse coeficiente é utilizado para aumentar ou diminuir a cobrança em função de especificidades regionais ou interesses estratégicos da gestão, tais como: proteger zonas de mananciais ou de recarga de aquíferos; redirecionar o crescimento urbano-industrial, conforme as disponibilidades hídricas; diferenciar os rios, segundo o uso desejado para a sua água. Pode-se ainda se referir à distância em que o usuário lança seus efluentes. Para determinado ponto de lançamento considera-se as distâncias: pequena, média e grande. Portanto, pode-se definir que para pequenas distâncias pode-se pagar menos, visto que ao longo das grandes distâncias pode-se haver depurações dos efluentes lançados. (THOMAS, 2002).
- **Escassez:** Esse coeficiente é utilizado para aumentar a cobrança em regiões ou períodos onde há escassez de água ou no caso de abundância é feita a redução (LABHID, 2001).

- **Sazonalidade:** Esse coeficiente é também relacionado à escassez da água, porém, ao invés de ser estabelecido para a escassez espacial, é definido para a escassez temporal (Chuva e estiagem).

Segundo Thomas (2002), além dos coeficientes, outros mecanismos são utilizados para objetivos específicos, sendo que os mais utilizados são os descontos que visam incentivar usuários que investem na redução da poluição, como adotado na Alemanha, bem como aumentar a adesão de alguns setores ao sistema de gestão de recursos hídricos, como é o caso da agricultura.

A literatura sugere que os coeficientes são amplamente utilizados para adequar os mecanismos de cobrança, porém nem sempre são precisos, visto que os mesmos são determinados por negociações políticas. Essa negociação está relacionada em todo o processo de elaboração da cobrança e deve fazer parte da determinação do valor final dos coeficientes. Portanto, a determinação dos coeficientes deve ser feita com toda transparência para aumentar a credibilidade do sistema de gestão.

### 5.3 - IMPACTOS ECONÔMICOS DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

De acordo com Carrera-Fernandez e Garrido (2002), a condição necessária para assegurar o sucesso da cobrança pelo uso dos recursos hídricos é certificar-se que os preços cobrados pelo uso da água se situem efetivamente dentro da capacidade de pagamento de seus usuários. Além de satisfazer esta condição necessária, é extremamente importante estimar o impacto econômico da cobrança sobre os custos dos produtos e serviços, de modo que sejam assegurados impactos suportáveis sobre todos os seus múltiplos usuários.

Além da preocupação com a determinação do valor a ser cobrado, outras dificuldades podem causar impactos negativos e tornar a implementação da cobrança uma tarefa bastante difícil. De acordo com Carrera-Fernandez e Garrido (2002), para que a cobrança seja bem-sucedida e os seus objetivos sejam alcançados, alguns cuidados adicionais devem ser observados, tais como:

- Ampliação do conhecimento dos usuários da bacia e de suas respectivas demandas por água, através de um amplo e contínuo cadastramento de usuários e regularização das outorgas de direito de uso da água;

- Consolidação do quadro institucional de gestão de recursos hídricos e sedimentação da infraestrutura necessária para implementar a cobrança;
- Introdução de normas bem definidas de outorga de direito de uso da água na bacia, que garantam a compatibilização da oferta de água com as múltiplas demandas;
- Implementação de um sistema eficiente de medição e consumo de água, que registre, em cada ponto de consumo do sistema, as demandas reais exercidas pelos múltiplos usuários;
- Implementação de um sistema de medição das cargas de poluentes lançadas nos mananciais;
- Ampliação do conhecimento hidrológico e qualitativo da bacia, através da operação de estações de monitoramento hidrológico e de qualidade da água;

Democratização das ações e decisões de investimentos na bacia, com a participação de associações de usuários e representantes de toda a sociedade, objetivando conseguir o respaldo popular e a legitimidade social.

#### 5.4 - PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ESTABELECIMENTO DE NOVAS CATEGORIAS TARIFÁRIAS

Conforme discutido no capítulo anterior, as metodologias atualmente adotadas no país possuem diferenças significativas dependendo das categorias de usuários, que podem contribuir, ou não, para os objetivos da nova proposta de atualização da matriz tarifária para o Estado do Ceará.

No Relatório 3 - Revisão do Subsídio Cruzado foi apresentado um novo modelo, denominado Modelo Tarifário CPS-2, tendo como referência inicial o modelo CPS, conforme SRH (2002) e desenvolvimento realizado por RIBEIRO (2010).

Segundo consta no Relatório 4 - Consolidação da Fase I – Atualização da Matriz Tarifária, os fundamentos do Modelo CPS-2 do modelo proposto são:

- O modelo considera a capacidade de pagamento do setor usuário. Considera-se, portanto, a capacidade de pagamento do setor de uso na aferição da tarifa, possibilitando que setores com maior capacidade de pagamento paguem maior tarifa média e vice-versa;

- A tarifa média é uma fração da capacidade de pagamento do setor usuário. Há a garantia de que a tarifa média seja comportada pela capacidade de pagamento do setor;
- Em princípio, o montante a arrecadar é igual aos custos de administração, operação e manutenção (AOM) do sistema de gestão. Mas, neste estudo, adicionam-se, ao custo AOM, anuidades equivalentes a um fundo de recuperação de ativos (neste caso, estações de bombeamento). Procura-se, assim, evitar o viés arrecadatário da cobrança;
- Há subsídios cruzados entre diferentes faixas de consumo, com independência entre as faixas. Assemelha-se a um dos fundamentos do CPS, que prevê subsídios aos usuários com menor capacidade de pagamento e sobretarifa aos usuários com maior capacidade de pagamento; e
- Há equalização de tarifas diferenciadas por faixa de consumo de água. Diferentes tarifas incidem sobre diferentes faixas de consumo, formando o consumo total de um mesmo usuário, possibilitando maior equalização da matriz tarifária aos diversos usuários, em especial quando há grande assimetria entre estes.

A proposta do CPS-2 tem como premissa o conceito de equalização tarifária, que se constitui na prática de tarifas por faixa de consumo a todos os usuários, obedecendo ao limite de consumo de cada um. A equalização, entre os usuários, da discriminação de tarifas por faixa de consumo de água, garante ao sistema tarifário um maior senso de justiça entre os agentes consumidores dos recursos hídricos, possibilitando uma maior aceitação e aplicabilidade da política tarifária. Esse argumento é ainda mais válido em ambiente onde ocorre conflito pelo uso da água. Na proposta apresentada no Relatório Revisão do Subsídio Cruzado, consta que para os grandes consumidores de água seriam praticadas as diversas tarifas para cada faixa de consumo.

A cobrança ao usuário da água bruta, pelo modelo CPS-2, é feita em função da tarifa unitária calculada por faixa de consumo e da vazão consumida pelo usuário, dentro de cada faixa de consumo considerada, conforme a Equação 19.

$$K = \sum_{j=1}^{n-1} [(Q_j - Q_{j-1}) \cdot Tf_j] + (Q_u - Q_{n-1}) \cdot Tf_n \quad (19)$$

Onde:

K é o valor da cobrança ao usuário, em R\$/ano;

$Q_j$  é a vazão máxima da j-ésima faixa de consumo, em m<sup>3</sup>/ano;

$Q_{j-1}$  é a vazão máxima da (j-1)-ésima faixa de consumo, em m<sup>3</sup>/ano;

T<sub>fj</sub> é a tarifa unitária da j-ésima faixa de consumo, em R\$/m<sup>3</sup>;

Q<sub>u</sub> é a vazão consumida pelo usuário, em m<sup>3</sup>/ano;

$Q_{n-1}$  é a vazão máxima da (n-1)-ésima faixa de vazão máxima consumida em m<sup>3</sup>/ano;

e

T<sub>fn</sub> é a tarifa unitária da n-ésima faixa de vazão máxima consumida, em R\$/m<sup>3</sup>.

Segundo consta na proposta metodológica, a equação acima é válida somente para cálculo de cobrança de usuários que se inserem em mais de uma faixa de consumo de água, de modo que se possam associar as várias tarifas às diversas faixas de consumo correspondentes do usuário. Para aquele usuário que tem vazão inserida em apenas uma faixa de consumo (notadamente a faixa inicial), não existe a faixa de consumo inferior à sua própria faixa, de tal forma que:  $Q_j = Q_{j-1} = 0 \rightarrow \sum [.] = 0$ . Ou seja, a vazão máxima de qualquer faixa de consumo inferior à faixa do usuário é zero, tendo em vista não se admitir uma vazão negativa. Assim, a cobrança dá-se anulando a parte referente ao somatório da Equação 19, considerando apenas a segunda parte da referida equação para efeito de cobrança de usuários com apenas uma faixa de consumo hídrico. Com efeito, a cobrança seria o resultado do produto entre a vazão consumida e uma tarifa.

O modelo CPS-2, nem as metodologias apresentadas no Relatório 3 - Revisão do Subsídio Cruzado, ainda não possuem mecanismos que sugiram a adoção de algumas categorias tarifárias novas e intermediárias para alguns usuários: terraplanagem, turismo e lazer, agroindústria, diluição de efluentes, indústrias de transformação e incorporação, indústrias isoladas e integradas, irrigação pública e privada, agricultura de subsistência, produtores agrícolas, entre outras.

Neste sentido, este estudo descreve uma proposta metodológica de cobrança que permita a inclusão de novas categorias tarifárias, levando em conta outras classificações de usos de água.

#### 5.4.1 - Usos da água

Lanna (1999, p. 7), aponta para a existência de três tipos de classificações de usos, definidos conforme a sua natureza:

*Uso Consuntivo: refere-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural, diminuindo suas disponibilidades quantitativas, espacial e temporalmente. Uso Não-consuntivo: refere-se aos usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade quantitativa. Uso Local: refere-se aos usos que aproveitam a disponibilidade de água em sua fonte sem qualquer modificação relevante, temporal ou espacial, de disponibilidade quantitativa.*

Lanna (1999, p. 8), também aponta para a ocorrência de outros usos dos recursos hídricos além daqueles relacionados anteriormente, os quais estão agrupados em três categorias de consumo. (i) **infraestrutura social** - refere-se às demandas gerais da sociedade nas quais a água é um bem de consumo final; (ii) **agricultura e aquicultura** - referem-se às demandas de água como bem de consumo intermediário visando a criação de condições ambientais adequadas para o desenvolvimento de espécies animais ou vegetais de interesse para a sociedade; e (iii) **industrial** - demandas para atividades de processamento industrial e energético nas quais a água entra como bem de consumo intermediário-. As categorias acima referidas são detalhadas no **Quadro 5.1**, a seguir.

Dos usos de água listados acima, os usos domésticos, abastecimento industrial, agricultura e dessedentação de animais implicam na retirada mais significativa de água das fontes onde se encontram (uso consuntivo), enquanto os demais usos são considerados não consuntivos, em função da não retirada do recurso do meio original. Do ponto de vista da qualidade, apenas os usos para abastecimento doméstico e abastecimento industrial estão frequentemente associados a um tratamento prévio da água, diante dos seus requisitos de uso mais exigentes. Contrariamente, o uso menos nobre é o da simples diluição de despejos, o qual não possui nenhum requisito especial em termos de qualidade. No entanto, é importante salientar que diversos corpos d'água têm usos múltiplos previstos para os mesmos, decorrendo daí a necessidade da satisfação simultânea de diversos critérios de qualidade, como é o caso, por exemplo, de represas construídas com finalidade de abastecimento de água, geração de energia, recreação, irrigação e outros.

**Quadro 5.1 - Principais categorias de demandas de água (\*)**

<b>Categorias</b>	<b>Demandas</b>	<b>Natureza</b>
<b>Infraestrutura Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dessedentação</li> <li>- navegação</li> <li>- usos domésticos</li> <li>- recreação e lazer</li> <li>- usos públicos</li> <li>- amenidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- consuntivo</li> <li>- não-consuntivo</li> <li>- consuntivo</li> <li>- não-consuntivo</li> <li>- ambos</li> <li>- não-consuntivo</li> </ul>
<b>Agricultura e Aquicultura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- agricultura</li> <li>- irrigação</li> <li>- piscicultura</li> <li>- pecuária</li> <li>-uso de estuário e banhados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-consuntivo</li> <li>-não-consuntivo</li> <li>-consuntivo</li> <li>-não-consuntivo e local</li> <li>-local</li> </ul>
<b>Industrial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- arrefecimento</li> <li>- mineração</li> <li>- hidroeletricidade</li> <li>- termoeletricidade</li> <li>- processamento industrial</li> <li>- transporte hidráulico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-consuntivo</li> <li>-não-consuntivo</li> <li>-não-consuntivo</li> <li>-consuntivo</li> <li>-consuntivo</li> <li>-consuntivo</li> </ul>
<b>Em todas as categorias acima</b>	-transporte, diluição e depuração de efluentes.	-não-consuntivo
<b>Proteção (preservação, recuperação) e conservação</b>	-consideração de valores de opção de uso, de existência ou intrínseco.	-não-consuntivo e local

Fonte: Lanna (1999, p.08)

(\*) adaptado de Nações Unidas, 1976.

A eficiência na alocação dos recursos hídricos requer o conhecimento de instrumentos de análise para solucionar problemas relacionados aos seus usos potencialmente competitivos. A água destinada à agricultura irrigada pode representar situação de competitividade com a geração de hidroeletricidade, no caso de a captação de água para irrigação for a montante das turbinas de geração hidrelétrica. Existem usos, também, que são complementares, como a produção de energia, controle de cheias e recreação. Em alguns casos os usos são vinculados e competitivos, como abastecimento humano e diluição de esgotos. Existem usos que são, ao mesmo tempo, complementares, dependentes e competitivos, tais como a irrigação e geração de energia hidrelétrica que fornecem a possibilidade de uso das bombas e sistemas de irrigação.

#### **5.4.2 - Bases Teóricas para Estabelecimento de Novas Categorias Tarifárias**

O sistema de preços estabelecido no decreto nº 32422, de 14 de novembro de 2017, é fundamentado no custo marginal do gerenciamento dos recursos hídricos e na

capacidade de pagamento da demanda de água nas várias modalidades de uso, cujo modelo apresenta a forma binomial envolvendo um componente referente ao consumo (tarifa de consumo) e outro equivalente à demanda outorgada (tarifa de demanda), mas em decorrência da necessidade de estruturação do órgão de gerenciamento, da universalização da outorga, assim como uma maior compreensão e aceitação dos usuários, a cobrança deverá ser implementada de forma monomial, admitindo tarifas apenas definidas com base na água consumida (tarifa de consumo).

Segundo o artigo 3º da Resolução nº 03/2017, de 22 de fevereiro de 2017 do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará - CONERH, as tarifas pelo uso de água bruta de domínio do Estado, variarão dependendo das seguintes categorias de usuários, para captação superficial e subterrânea:

#### **I - Abastecimento Público:**

- Captação de água em mananciais da Região Metropolitana de Fortaleza (açudes, rios ou lagoas) ou Fornecimento através de estruturas de adução gravitária (canais ou adutoras sem bombeamento)  $T = R\$ 158,79/1.000 \text{ m}^3$ ;
- Fornecimento de água nas demais regiões do Estado (captações em açudes, rios, lagoas e aquíferos sem adução da COGERH):  $T = R\$ 52,43/1.000 \text{ m}^3$ ;
- Fornecimento de água com captação e adução por parte da COGERH, através de tubulação de múltiplos usos, pressurizada por bombeamento:  $T=R\$ 480,05/1.000 \text{ m}^3$ .

#### **II - Indústria:**

- Fornecimento de água com captação e adução completa por parte da COGERH:  $T = R\$ 2.383,24/1.000\text{m}^3$ ;
- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de mananciais, tipo açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais:  $T = R\$ 692,78/1.000 \text{ m}^3$ .

#### **III - Piscicultura:**

- em Tanques Escavados:

- Com captação em mananciais (açudes, rios, lagos e aquíferos) sem adução da COGERH: T = R\$ 4,82/1.000m<sup>3</sup>;
- Com captação em estrutura hídrica com adução da COGERH: T= R\$ 20,13/1.000m<sup>3</sup>.
- em Tanques Rede: T = R\$ 57,44/1.000 m<sup>3</sup>;

#### **IV - Carcinicultura:**

- Com captação em mananciais (açudes, rios, lagoas e aquíferos) sem adução da COGERH: T = R\$ 7,23/1.000 m<sup>3</sup>;
- Com captação em estrutura hídrica com adução da COGERH: T = R\$ 150,13/1.000 m<sup>3</sup>.

#### **V - Água mineral e Potável de mesa: T= R\$ 692,78/1.000m<sup>3</sup>;**

#### **VI - Irrigação:**

- Irrigação em Perímetros Públicos ou Irrigação Privada com captações em mananciais (açudes, rios, lagoas e aquíferos) sem adução da COGERH:
  - Consumo de 1.440 a 18.999 m<sup>3</sup>/mês T = R\$ 1,56/1.000 m<sup>3</sup>;
  - Consumo a partir de 19.000 m<sup>3</sup>/mês T =R\$ 4,68/1.000 m<sup>3</sup>.
- Irrigação em Perímetros Públicos ou Irrigação Privada com captações em estrutura hídrica com adução da COGERH:
  - Consumo de 1.440 a 46.999 m<sup>3</sup>/mês T =R\$ 13,47/1.000 m<sup>3</sup>;
  - Consumo a partir de 47.000 m<sup>3</sup>/mês T =R\$ 23,05/1.000 m<sup>3</sup>.

#### **VII - Serviço e Comércio:**

- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de manancial tipo: açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais: T = R\$ 277,11/1.000 m<sup>3</sup> (duzentos e setenta e sete reais e onze centavos, por mil metros cúbicos);
- Fornecimento de água com captação e adução por parte da COGERH, através de tubulação de múltiplos usos, pressurizada por bombeamento: T=R\$ 554,22/1.000 m<sup>3</sup>

(quinhentos e cinquenta e quatro reais e vinte e dois centavos, por mil metros cúbicos).

#### **VIII - Demais categorias de uso:**

- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de manancial tipo: açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais:  $T = R\$ 159,30/1.000 \text{ m}^3$ ;
- Fornecimento de água com captação e adução por parte da COGERH, através de tubulação de múltiplos usos, pressurizada por bombeamento:  $T=R\$ 481,59/1.000 \text{ m}^3$ .

Em relação ao sistema de preços estabelecido no decreto nº 32422, é importante analisar algumas questões relacionadas principalmente às categorias indústria e comércio e serviços, visto que este diploma legal já definiu parâmetros para a cobrança da água interveniente no processo.

Entretanto, nas categorias de serviços e comércios, bem como na indústria, o consumo de água apresenta variações expressivas a depender da atividade envolvida. Portanto, para uma melhor categorização desses usuários e definição da tarifa, o ideal seria um melhor cálculo da demanda hídrica em cada etapa da cadeia produtiva desses usuários para que possa segmentar melhor os valores de cobrança.

No caso da indústria, por exemplo, o uso da água pode ser dividido em dois setores, o da matéria-prima incorporada ao produto final, podendo a água manter ou não a sua identidade química, dependendo do produto fabricado, bem como no uso auxiliar na produção, podendo ser utilizada como veículo, fluido térmico e lavagem. Os fatores que influenciam na quantidade de água consumida no setor industrial dependem das variações relacionadas à tecnologia, as técnicas utilizadas, do ramo de atividade, da capacidade de produção, das condições climáticas da região, da disponibilidade e do nível de depreciação das instalações (MIERZWA E HESPANHOL, 2005).

A quantidade de água consumida no setor industrial varia de acordo com a localização da empresa, da sua capacidade produtiva, do mercado da atuação, do clima predominante na região, bem como das técnicas e tecnologias utilizadas no processo industrial. (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

O ideal dentro de um sistema tarifário é uma categorização melhor distribuída, a partir de dados mais precisos do consumo da água, bem como da capacidade de pagamento de cada atividade. Em relação às variações de consumo, Tundisi et al. (2006), apresenta a descrição de alguns setores industriais com o consumo significativo de água que serão elencados a seguir.

- Têxtil: Segundo Tundisi *et al* (2006), esse ramo de atividade consome 15% de toda a água industrial do mundo, somando um total de aproximadamente de 30 milhões de m<sup>3</sup> ao ano. No processo têxtil, as etapas de maior consumo de água são a tinturaria, com cerca de metade de toda a água do setor, e o pré-tratamento onde são consumidos 41% de total de água.
- Frigorífico: No processo de abate a água é utilizada na lavagem de pisos pelo gotejamento de sangue, na fervura e cozimento de ossos, chifres e cascos que servem como matéria-prima para a fabricação de farinhas. O consumo de água por cabeça varia de 2.500 litros no caso de bovinos, 1.200 litros para suínos e 25 litros para aves. No caso de frangos, as indústrias brasileiras procuram atingir a meta de 14 litros de água por frango (TUNDISI et al, 2006).
- Curtumes: A atividade de curtumes é uma das atividades de maior consumo de água. O processo de fabricação do couro é um dos maiores consumidores de água, pois as peças passam por várias lavagens.
- Bebidas: Para o setor de bebidas a água representa um recurso natural fundamental para as operações e desempenho produtivo. A partir de dados do setor no Brasil, tem-se que o índice de consumo de água numa cervejaria varia entre 4 e 10 litros de água/litro de bebida. Na produção de refrigerantes, devido à predominância da utilização de embalagens descartáveis, é comum encontrar unidades industriais operando com índices de consumo de 2,5 a 3,5 litros de água/litro de bebida. Verificam-se os maiores consumos de água nas áreas de utilidades e de lavagem de garrafas, que representam até 45% do consumo total de uma cervejaria. Grandes companhias que atendem o varejo e demandam grande quantidade de água estão repensando os gastos desse recurso hídrico.
- Laticínios: O leite e seus derivados adquirem importância cada vez maior na dieta dos brasileiros, conseqüentemente aumenta a produtividade e com isso um maior

consumo de água no processo industrial. A água é utilizada nas operações principais de lavagem, geração de vapor e, é liberada como resíduo da fabricação de diversos derivados do leite e na lavagem dos equipamentos e instalações. (TUNDISI et al, 2006).

- Detergentes: Uma das principais vantagens da utilização da água nos produtos de limpeza é o autofator de biodegradação. Para que os detergentes atuem no processo de limpeza e desinfecção eles precisam estar dissolvidos em água. A característica mais importante quando se fala nos detergentes e sua relação com a água e o meio ambiente é sua biodegradabilidade, geralmente ligada ao maior comprimento de sua cadeia carbônica.

Diante desses aspectos, é importante observar que cada setor industrial tem diferentes consumos de acordo com suas necessidades, além do que possuem diferenciados níveis de capacidade de pagamento, o que no caso deve ser levado em consideração para um adequado sistema de cobrança. Entretanto, dificuldades operacionais para executar a cobrança de tarifas com valores e modelos diferentes podem restringir a aplicação de novas categorias tarifárias no setor industrial, com base no sistema de preços estabelecido no decreto nº 32422.

Essas dificuldades podem ser atribuídas às especificidades do papel da água no setor industrial e à dificuldade para obtenção dos dados necessários para se estimar os valores de consumo e de capacidade de pagamento. Em primeiro lugar, a água pode ser destinada a diversos fins nos estabelecimentos industriais, participando diretamente como matéria-prima nos processos produtivos ou sendo utilizada para propósitos puramente sanitários, dentre outros. Em segundo lugar, os usuários industriais em muitos casos captam água por conta própria, dificultando a obtenção de informações sobre preços e quantidades, custos totais das firmas, e por consequência, dos valores da capacidade de pagamento.

Uma proposta de categorização do setor industrial, para efeito de cobrança, levando-se em conta níveis de consumo e capacidade de pagamento, poderia ser assim distribuída:

- Categoria 01 – Indústria têxtil;

- Categoria 02 – Indústria de bebidas;
- Categoria 03 - Beneficiamento de madeiras: serrarias, laminadoras, mobiliárias;
- Categoria 04 - Construção para fins industriais;
- Categoria 05 - Indústrias e fábricas: eletrônicas, mecânicas, metalúrgicas, produtos minerais, cimento;
- Categoria 06 - Frigorífico, abatedouros/matadouros;
- Categoria 07 - Indústria química, farmacêuticas, sabões, velas, materiais plásticos, papéis, beneficiamento de couro;
- Categoria 08 - Demais atividades industriais.

Algumas agroindústrias como laticínios, sucos, etc. Indústrias de transformação, incorporação e atividades produtivas poderão enquadrar-se pelo mesmo modelo apresentado no estudo da capacidade de pagamento segundo um parâmetro da renda bruta.

Algumas indústrias específicas a exemplo de cerâmica, terraplenagem e outras similares, poderão utilizar as metodologias já preconizadas para o setor conforme índices sobre a renda bruta ou buscar a participação do fator água na composição dos produtos para servir de referência na cobrança.

Com relação às atividades de turismo e lazer, essas estão enquadradas nas demais categorias de uso, e nesse caso, é possível adotar alternativas de tratamento:

- A primeira é enquadrá-la na categoria comércio e serviço e aplicar o novo índice.
- A segunda, como é uma atividade não consuntiva, que utiliza o espelho do lago, a exemplo de lagoa e açude, esta atividade poderá ter como referência as seguintes hipóteses:
  - Hipótese 01 - O importante no uso da água para esportes aquáticos é o espelho do corpo d'água. O volume não tarifado de qualquer corpo d'água é aquele submetido ao espelho do lago, pois todo aquele liberado na galeria ou captado na superfície flutuante é seguramente objeto de cobrança. Assim, o volume do espelho médio anual evaporado, nunca será cobrado, porém sua área molhada é o ponto de contato dos equipamentos esportivos até certa profundidade. Neste caso, é possível utilizar o volume evaporado no espelho médio anual do corpo

d'água como referência para outorga e parâmetro de cobrança. Raciocínio idêntico já foi utilizado para definir a vazão ou volume de transferência de água entre dois corpos d'água. A adutora de transferência da água é dimensionada como sendo a vazão necessária para repor a evaporação do corpo d'água receptor. Esta medida já foi utilizada no Ceará para dimensionar a vazão de referência da adutora Quixeramobim/Pirabibu/Cedro. Assim, será possível definir uma lamina anual de evaporação média de dois (metros), que é uma profundidade de cobertura de influencia dos equipamentos de navegação e esportes.

- Hipótese 02 - Esta proposta anterior não exclui o modelo auxiliar do MAC (Método de Avaliação Contingente). Isto porque, sendo a água um bem público, toda ação de estado deve ser democrática e para tanto uma pesquisa DAP (Disposição a Pagar) significa consultar os usuários. O resultado da pesquisa deve ser considerado, inclusive quando a resposta for negativa, pois neste caso o estado se sente mais legitimado para definir sua tarifa de referência.

Os resultados a serem obtidos pelo MAC devem ser considerados, inclusive quando a resposta for negativa, pois neste caso a política de cobrança deverá ser legitimada para definir sua tarifa de referência.

Para as demais categorias consuntivas verificar índices de procedimentos análogos aos utilizados no relatório 02 (capacidade de pagamento), como coeficiente da renda bruta ou dimensionar a participação da água na composição desses produtos.

A preocupação com a capacidade de pagamento dos usuários dos serviços de abastecimento de água está presente na legislação que regula a prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil. A Lei 11.445/2007 determina em seu Art. 2º que um dos princípios fundamentais da prestação de serviços públicos de saneamento básico é a utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas.

A lei em referência ainda menciona em seu Art. 29 que os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços e, para tanto, poderão

ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços.

Adicionalmente, em seu Art. 30, a mencionada lei determina que a estrutura de remuneração e cobrança dos serviços públicos de saneamento básico poderá levar em consideração os seguintes fatores:

- I. categorias de usuários, distribuídas por faixas ou quantidades crescentes de utilização ou de consumo;
- II. padrões de uso ou de qualidade requeridos;
- III. quantidade mínima de consumo ou de utilização do serviço, visando à garantia de objetivos sociais, como a preservação da saúde pública, o adequado atendimento dos usuários de menor renda e a proteção do meio ambiente;
- IV. custo mínimo necessário para disponibilidade do serviço em quantidade e qualidade adequadas;
- V. ciclos significativos de aumento da demanda dos serviços, em períodos distintos; e
- VI. capacidade de pagamento dos consumidores.

No que diz respeito à legislação do estado de Ceará, no decreto nº 32422 fica evidente que a capacidade de pagamento dos usuários deve ser um valor fundamental na determinação das tarifas que remuneram a prestação dos serviços de abastecimento de água, as quais devem garantir o equilíbrio econômico-financeiro do prestador respeitando, também, a modicidade tarifária. Diante da necessidade de se levar em conta de maneira objetiva a capacidade de pagamento dos usuários, no Relatório 02 – Revisão da Capacidade de Pagamento foi desenvolvida uma metodologia de avaliação da capacidade de pagamento que pode ser aplicada aos setores usuários: indústria, irrigação, água mineral, piscicultura, carcinicultura e abastecimento humano. Para os demais usos, na estimação da capacidade de pagamento, deverá ser aplicada uma média ponderada a partir dos resultados aferidos para os setores estudados.

O modelo econômico conceitual utilizado é baseado no método ad hoc, utilizando-se de dados secundários coletados de órgãos governamentais, obtidos em sites de órgãos

governamentais e não-governamentais, em documentos oficiais e em trabalhos científicos especializados. Com base em tais fontes, obtém-se o valor da Renda Bruta (RB) de cada setor usuário. Será definida uma fração do valor de RB, fundamentado no método ad hoc, como parâmetro para se calcular uma medida indicativa da capacidade de pagamento dos setores usuários.

No Relatório 02 - Revisão da Capacidade de Pagamento é também utilizada a proposta baseada no método residual para qualquer tipo de dado, desde que se consiga definir as variáveis básicas. Ambos os métodos foram utilizados no Relatório 02, onde são apresentados de forma detalhada os cálculos para obtenção da capacidade de pagamento.

#### **5.4.3 - Bases Teóricas para Estabelecimento de Novas Categorias Tarifárias de usos não consuntivos**

Na construção de uma nova matriz tarifária para o Estado do Ceará deve se levar em consideração a satisfação de diferentes demandas de uso consuntivos e não-consuntivos, baseando-se em diversos critérios (ambientais, sociais, políticos, econômicos e financeiros). Entretanto, a adoção desses critérios não é trivial.

A proposição de novas categorias tarifárias para usuários não consuntivos é um dos mais complexos no contexto do gerenciamento dos recursos hídricos. As diversas metodologias utilizadas no corpo do Relatório 03 - Revisão do Subsídio Cruzado demonstram a complexidade do tema da cobrança, mesmo para os usos consuntivos.

Na verdade, visto a inexistência de um mercado de águas, no Brasil, faz com que não se disponham de dados estatísticos que possibilitem estimar diretamente o valor que os seus usuários estariam dispostos a pagar por cada metro cúbico de água utilizado, seja pelo uso consuntivo e/ou não consuntivo.

Os avanços desenvolvidos na área da economia, em geral, da economia do meio ambiente, em particular, permitem estimar benefícios e custos econômicos de bens e serviços ambientais, incluindo os diferentes usos e aproveitamentos da água, fornecendo, dessa forma, insumos à tomada de decisão para uma melhor gestão dos recursos naturais. Muito embora sua aplicação seja incipiente no Brasil, os métodos de valoração econômica de bens e serviços ambientais têm sido utilizados em todo

mundo, aportando resultados úteis aos gestores públicos e privados para o manejo de recursos naturais, incluindo a valoração da água.

Por se tratar de um bem econômico, a água tem um valor de uso e um valor de troca, sendo que o valor de uso da água é caracteristicamente variável, pois depende fundamentalmente da utilidade ou satisfação que os diversos usuários atribuem à água, pela múltipla capacidade desta em satisfazer às necessidades dos usuários.

O valor de troca, por outro lado, depende das condições de oferta e demanda. Trata-se de uma característica mais marcante da água, visto que ela tem diferentes valores de uso e, portanto, admite diferentes valores de troca ou preços.

A complexidade para se estabelecer novas categorias tarifárias para os usuários não consuntivos, bem como a inexistência de um mercado de águas, permitiu a análise econômica, com base em elementos subjetivos, como, por exemplo, o grau de preferência que os usuários têm pela água, bem assim o custo de oportunidade em cada situação, a estimar a sua demanda.

A oferta hídrica de água é tratada como bem público impuro no Brasil, visto que esse recurso apresenta as características de não rivalidade, custo marginal próximo de zero e a possibilidade de exclusão. Ressalte-se que se uma fonte hídrica está disponível o acesso de um novo usuário tem custo praticamente nulo. Na prática, o que normalmente se observa é que quando não há escassez de água a possibilidade de suprimento de água não é rival, bem como esses usos são complementares ou não competitivos, tais como a produção de energia, controle de cheias e recreação.

Vale lembrar que o caráter de não rivalidade do bem público acaba por fazer com que os seus usuários não revelem suas reais intenções de consumo por esse bem. Nesse caso específico, do abastecimento de água, o usuário tenderia não somente a declarar que contribuiria com o mínimo necessário para garantir o abastecimento de água, como tacitamente poderia chegar ao extremo de recusar-se a contribuir, adotando assim um comportamento estratégico por considerar que seu uso não causa nenhum custo. Contudo, o abastecimento de água é não rival somente quando há água, o que não é o caso do Estado do Ceará que vem sofrendo com uma crônica falta de água. Diante de tais condições adversas, é logicamente coerente admitir que o

comportamento desses mesmos usuários seja diferenciado ao observar a rivalidade no suprimento. Mesmo assim, não é possível afirmar que os usuários do Ceará tenderão a declarar as suas verdadeiras preferências em relação ao abastecimento de água a dado nível de preço, permanecendo a impossibilidade de este ser um sinalizador da escassez do serviço.

Observa-se, então, que o serviço de abastecimento de água é um bem público impuro cuja principal (se não única) função é prover um bem ambiental (água) ao seu usuário. Em outras palavras, este serviço possibilita o indivíduo a tornar-se usuário de um bem ambiental. Por essa razão, é possível afirmar que, na verdade, trata-se de um bem público ambiental o qual, em certa medida, pode ter as suas características de rivalidade e de exclusividade discutidas.

Uma das técnicas mais utilizadas para estimar a demanda é por meio do método de avaliação contingente, cuja técnica busca obter dos próprios agentes econômicos, por meio da pesquisa direta junto aos usuários da água, o valor que estes atribuem ou estão dispostos a pagar pelo uso da água.

O principal objetivo da valoração contingente é obter uma estimativa do valor que os usuários estariam dispostos a pagar pelo uso da água bruta. É por meio dessa estimativa que o poder público pode avaliar a probabilidade dos consumidores aceitarem pagar um preço para obterem mananciais limpos, que garantam a qualidade de fornecimento de água de boa qualidade e quantidade e proporcionem a continuidade do fornecimento do produto.

Em geral, o MVC utiliza-se da construção de um mercado hipotético para capturar o valor monetário, uma proxy do valor econômico, que os consumidores de determinado bem e/ou serviço atribuem ao mesmo. E por esta mesma razão o método recebe tal nome, pois se refere ao fato de que os valores revelados pelos entrevistados são contingentes sobre o mercado (construído ou simulado) apresentado na pesquisa. Em outras palavras, a partir de entrevistas pessoais busca-se revelar as preferências dos indivíduos sobre determinado bem/serviço. E, em última instância, tal preferência pode ser expressa em uma medida monetária, a qual pode ser a disposição a pagar (DAP) que surge quando o entrevistado é inquirido quanto ele estaria disposto a pagar para

assegurar que um benefício proveniente do bem/serviço em análise fosse disponibilizado ou, analogamente, a disposição a receber (DAR) quando o entrevistado é instigado a vender tal benefício (MITCHEL e CARSON, 1989).

A avaliação contingente, uma das recomendações a serem feitas para esta proposta de cobrança, é implementada por meio de um conjunto de questões elaboradas buscando a revelação das preferências dos usuários e, assim, determinarem-se os preços que devem ser cobrados pelo uso dos recursos hídricos.

As técnicas de pesquisa da Avaliação Contingente são fundamentadas em avaliações pessoais acerca da importância que viria a ser paga pelo aumento ou decréscimo da qualidade ou quantidade ofertada de um bem ou serviço, em uma situação hipotética (Mattos, 1998). A grande vantagem desse tipo de abordagem é que ela permite estimar valores que não poderiam ser estimados de outra forma. Neste contexto, o objetivo da valoração contingente é o de estimar valores bastante semelhantes àqueles que seriam calculados caso não ocorressem falhas de mercado. Por esta razão, os questionários a serem aplicados para obter informações básicas sobre o bem ou serviço a ser valorado devem descrevê-lo claramente, a fim de que os entrevistados tenham um perfeito conhecimento do que se está valorando, já que se referem a situações hipotéticas (Mattos, 1998).

Em segundo lugar, saliente-se a preocupação com a seleção das variáveis que devem dar suporte a identificação da disponibilidade a pagar (DAP) pelos diferentes tipos de uso de água. Em geral, admite-se a hipótese de que todos têm capacidade de pagamento. As variáveis independentes da disposição a pagar são agrupadas em categorias de acordo com os efeitos exercidos sobre a disposição a pagar: atributos pessoais dos usuários; capacidade de pagamento; aumento da necessidade de abastecimento de água; quantidade de água demandada no domicílio; fonte de abastecimento de água, etc. Em modelos econométricos onde a variável dependente é dicotômica, indicando a ocorrência ou não de um evento ou a presença ou ausência de uma condição, costuma-se atribuir à ocorrência do evento ou presença da condição um valor igual a 1, enquanto à não ocorrência ou ausência é dado um valor igual a 0. A decisão de um usuário em optar ou não a pagar se enquadra nesse contexto de análise

de respostas binárias. Seja  $y_i$  a variável binária que representa a decisão do  $i$ -ésimo usuário de optar pelo reuso de água especificada por:

$$y_i = \begin{cases} 0, & \text{se o usuário está disposto a pagar} \\ 1, & \text{se o usuário não está disposto a pagar} \end{cases}$$

Com a especificação da variável dependente limitada com característica binária, pode-se fazer uso do seguinte modelo econométrico, com base na seguinte forma geral:

$$y_i = x_i \beta + u_i$$

onde,

$y_i$  = variável dependente;

$x_i$  = vetor de variáveis explicativas;

$\beta$  = vetor de parâmetros;

$u_i$  = vetor dos termos de resíduo.

As formas funcionais mais comuns em aplicações de modelos dessa natureza são: modelo de probabilidade linear, modelo Probit e modelo Logit.

As diferenças que ocorrem nos tipos do método de Valoração Contingente, segundo Green et al. (1998), podem ser tanto em relação ao formato da resposta requerida – direto ou indireto - quanto à forma de implementação, isto é, quanto à probabilidade subjetiva de que a política seja ou não implementada.

Em relação à primeira diferença, segundo Faria e Nogueira (1998), os métodos diretos são caracterizados por captar diretamente a Disposição Máxima a Pagar (DAP) ou a Disposição Mínima a Aceitar (DAA) pelo bem em questão, diferente dos métodos indiretos, que requerem um tratamento adicional dos dados. Dentre os métodos diretos, o mais comum é o *Open-ended*, que consiste em perguntar diretamente quanto a pessoa está disposta a pagar por um determinado bem ou serviço ambiental. Por outro lado, o método de *Bidding-game*, cuja técnica é criar um conjunto inicial de valores e negociá-los com os indivíduos, buscando obter a verdadeira DAP.

Dentre os métodos indiretos, o mais comum é o Referendo, cuja técnica de pergunta busca captar se a pessoa aceita ou rejeita pagar um valor escolhido aleatoriamente dentro de um conjunto de valores pré-determinados. Ainda no método Referendo,

foram criadas alternativas, dentre as quais tem-se o método Referendo Sequencial (normalmente dobra-se o valor inicial se a pessoa diz sim ou divide-se pela metade se a pessoa diz não) e o Referendo com *follow-up* (após a pergunta se a pessoa estaria disposta a pagar um determinado valor, segue-se uma pergunta do tipo *Open-ended*, isto é, quanto ela está disposta a pagar). Ainda dentre os métodos indiretos, existe o método do *Contingent Ranking*, o qual solicita ao indivíduo colocar em ordem de preferência um conjunto de alternativas a ele apresentado, entre outros.

O método de Valoração Contingente do tipo Referendo, de acordo com Green et al. (1998), consiste em um protocolo de elicitación da DAP. Os assuntos são apresentados na forma de um plebiscito hipotético que especifica um bem ou um serviço a ser ofertado e um pagamento associado ao mesmo, de forma que pede-se às pessoas entrevistadas que votem nesse plebiscito. O valor do pagamento (ou lance) varia experimentalmente dentro de um conjunto de valores pré-selecionados para fornecer um perfil da função de distribuição acumulada da disponibilidade de pagamento.

Esse tipo de questionário pergunta ao entrevistado se ele está disposto a pagar um dos valores pré-determinados “X” pelo bem ou serviço, apresentando respostas binárias as quais normalmente associa-se o número 1 para respostas do tipo “sim” e o número 0 para respostas do tipo “não”. A interpretação dos resultados, de acordo com Faria e Nogueira (1998), parte do princípio que 1 ou sim indica que a DAP máxima do indivíduo é maior ou igual ao valor apresentado na entrevista, e que 0 ou não mostra que o valor da DAP máximo é inferior ao valor que consta no questionário.

Este protocolo tem sido utilizado em diversas aplicações relacionadas aos recursos naturais, e, de acordo com Green et al. (1998), tem tomado o lugar de protocolos mais antigos, como o *Open-ended*. Randall (1974 apud GREEN et al. 1998) propõe argumentos para o uso do método do Referendo como preferencial ao método *Open-ended*, embora ele tenha utilizado o tipo de Referendo Seqüencial. Anteriormente, o método do Referendo utilizava esse tipo seqüencial de valores. Quando o método foi reintroduzido na literatura, em meados da década de 80, é que se passou a utilizar o design de um único lance (ou valor) variando entre os entrevistados. A reintrodução do método, de acordo com Green et al. (1998), foi feita por Bishop e Heberlein (1979) e por Hanemann (1984). De acordo com esses autores citados e com Motta (1998), o

método do Referendo deve ser preferível porque: i) É um método mais simples e menos subjetivo a interpretações errôneas do que o *Open-ended*, reduzindo as oportunidades de comportamento estratégico oportunista, uma vez que é mais difícil que um indivíduo consiga não dizer o verdadeiro valor que está disposto a pagar. Embora esse valor possa não ser o valor exato que ele esteja disposto a pagar (a não exatidão vem do fato de que o valor em questão do questionário dificilmente será exatamente o mesmo valor que o indivíduo está disposto a pagar, é mais provável que seja um valor aproximado do mesmo); ii) Não possui ambigüidade tanto a respeito ao valor do pagamento a ser feito, quanto a respeito do bem ou serviço a ser obtido caso o Referendo seja aprovado; iii) O formato do Referendo aproxima-se do mercado real na medida em que pré-definido um preço para o bem em questão. Contudo, em relação ao primeiro item, cabe frisar que embora a probabilidade de existir comportamento estratégico oportunista no método do Referendo seja menor, existe uma grande probabilidade de ocorrência do viés psicométrico (*Anchoring Effect*), isto é, os resultados são bastante sensíveis ao valor abordado pelo método.

Segundo Green et al. (1998), o formato de Referendo (*Referendum*) é estatisticamente menos eficiente do que o formato de *Open-ended*, requerendo amostras maiores para atingir o mesmo nível de precisão. Mas, por outro lado, o método apresenta algumas vantagens em relação ao *Open-ended*, segundo esses autores: i) evita respostas nulas ou em branco, as quais no método *Open-ended* estão geralmente associadas a protestos relativos ao pagamento; ii) é um mecanismo aceitável de escolha social, embora o voto no Referendo apresente falhas por requerer análise contínua e refinamentos por cientistas sociais; iii) se o método não apresentar viés em relação ao valor inicial em questão, então a resposta sim/não pode ser seguida por uma pergunta no formato *Open-ended*. De acordo com os autores, isso iria fornecer mais informação do que um formato de duplo Referendo, isto é, caso a resposta sim/não fosse seguida por outra pergunta do mesmo tipo apenas alterando o valor.

A pré-definição de valores que mudam sistematicamente ao longo da pesquisa gera, segundo Motta (1998), um indicador discreto de lances, sendo necessário estimar os valores de DAP ou DAA, ou seja, esses valores não são obtidos diretamente da pesquisa. Isso caracteriza uma variável dependente do tipo latente, que pode assumir

diferentes resultados (tais resultados serão os valores propostos nas perguntas da pesquisa). Para a escolha do intervalo de valores deve ser feita de forma que, para o valor máximo, todos os entrevistados rejeitariam pagar e, para o valor mínimo, todos aceitariam pagar. Assim, esses seriam os limites da curva de demanda, tais que os valores a serem utilizados na pesquisa estariam entre o máximo e o mínimo.

É interessante observar que a variável latente DAP tem sua origem em variáveis binárias (que podem assumir o valor de 0 ou 1, rejeitando-se ou aceitando-se o valor proposto no pagamento). Dessa forma, as variáveis latentes podem ser formadas a partir de variáveis binárias de duas formas distintas (Cameron; Trivedi, 2005). A primeira forma seria por meio da formação de um índice de propensões não-observadas de que o evento de interesse ocorra, enquanto na segunda forma, a variável latente é a diferença de utilidade que existe caso o evento de interesse ocorra, partindo da premissa que o resultado do processo de escolha binário é uma escolha individual.

A formalização do método do Referendo proposta para uma pesquisa futura da DAP para usuários de água no Estado do Ceará segue de acordo com Motta (1998). A aleatoriedade é tratada de forma diferente no método de Valoração Contingente, de maneira que existem fatores não-observáveis e estocásticos que podem representar, por exemplo, variações nas estruturas de preferências. A hipótese do método do Referendo consiste no fato de os indivíduos conhecerem sua função de utilidade, mas existirem termos não-observáveis que são desconhecidos pelo entrevistador.

Segundo Green et al. (1998), existem dois tipos principais de vieses associados ao MVC:

- Viés Estratégico: está relacionado com a percepção do indivíduo acerca do pagamento do bem ou serviço a ser provido, de forma que se o indivíduo percebe que existem pessoas que pagariam pelo bem um valor suficiente para garantir a provisão do mesmo, ele, provavelmente, anunciaria uma DAP menor do que o valor real, exemplificando o clássico problema do free-rider. Da mesma forma, esse tipo de viés também pode ocorrer se o indivíduo perceber que, de fato, pagará o valor por ele respondido na pesquisa, respondendo um valor inferior ao que ele realmente está disposto a pagar caso ele desconfie que outras pessoas podem agir como free-riders, caso haja dificuldade de excluir outras pessoas do uso do bem. Outra forma

ainda existente de viés estratégico, de acordo com Motta (1998), pode ocorrer quando o indivíduo acredita que a sua resposta terá influências sobre a provisão do bem, respondendo um valor maior do que o real caso não existam custos associados a sua resposta.

- Viés do Ponto Inicial (ou ancoramento): isso ocorre diante do contexto de uma determinada pergunta alterar as percepções psicológicas do entrevistado, denominado na literatura de Anchoring Effect. Seria, por exemplo, um estímulo numérico que altera as respostas dos indivíduos, muito comum nos métodos que envolvem a determinação de um valor por parte do pesquisador e o entrevistado deve apenas aceitar ou recusar o mesmo, de forma que quanto menor (maior) o valor proposto, menor (maior) tende a ser a média da DAP caso haja esse tipo de viés. Nos casos onde se utilize uma sequência de lances, é possível que uma pessoa considere que o primeiro valor proposto é o correto, induzindo, de acordo com Motta (1998), a rejeitar todos os valores subsequentes.

#### 5.4.3.1 - Metodologia para a Pesquisa de Valoração Contingente para Determinação da DAP

A aplicação do método *referendum* contempla duas grandes fases: realização da pesquisa-piloto e da pesquisa de campo. Como sugestão para um estudo futuro para definição da DAP pelo uso não consuntivo dos recursos hídricos, com vistas à sinalização para um valor a ser cobrado para esses usuários, os métodos adotados em cada uma dessas duas fases são descritos a seguir.

##### 5.4.3.1.1 - Procedimentos para a realização da pesquisa-piloto: método dos lances livres

O objetivo da pesquisa-piloto (*focus-group*) é de validar o questionário e determinar um intervalo de valores a partir do qual serão selecionados aleatoriamente valores de referência aplicados no método referendum, quando da pesquisa definitiva. Para tanto, devem ser adotadas as seguintes instruções:

- Realizar uma pesquisa-piloto junto aos usuários não consuntivos de água nas diferentes bacias do Estado, caracterizados como turismo e lazer e demais usos.

- Eleger domicílios cujos chefes de família tenham familiaridade com as intervenções previstas, ou seja, pessoas que conheçam as vantagens proporcionadas pela existência de um parque urbano.
- Deve-se escolher o dia e hora da semana com maior chance de encontrar o chefe de domicílio em casa.
- Aplicar no mínimo 20 (vinte) questionários, com vistas a:
  - Verificar a adequabilidade e a compreensão das perguntas. Observada alguma dificuldade nesse sentido, deve-se ajustar a pergunta no próprio questionário.
  - Determinar por lances livres do questionário da pesquisa piloto - um intervalo de valores que sirva de referência para o questionário definitivo da pesquisa. O limite superior corresponde ao maior valor que for rejeitado por todos os entrevistados, ou seja, o valor ligeiramente acima do maior lance. Enquanto o limite inferior corresponde ao valor que for aceito por todos, isto é, o menor lance. Ambos os valores equivalem, hipoteticamente, a uma quota mensal, em R\$/1.000 m<sup>3</sup>, por volume outorgado, a ser cobrada aos usuários.
- Confrontar o limite superior e a mediana, obtidos no passo (3) acima, com valores estimados em estudos similares sobre a disposição a pagar (DAP), como o valor da DAP mediana.

#### 5.4.3.1.2 - Pesquisa de Campo - Método Referendum

Considerando-se que a literatura sobre a metodologia de valoração contingente reconhece o método referendum como o mais apropriado para lidar com os potenciais vieses presentes nessa metodologia, as etapas do desenho amostral devem ser estabelecidas da seguinte forma:

- A pesquisa será baseada em uma amostra aleatória de 206 usuários de turismo e laser e outros usuários com outorga concedida. Este número decorre de uma amostra de tamanho 188, acrescida de um percentual de 10% para suprir eventuais questionários inválidos. Na determinação dessa amostra, foi adotado o modelo casual proporcional, dado pela seguinte fórmula:

$$n = \frac{N.Z^2.p.(1-p)}{Z^2.p.(1-p) + e^2.(N-1)}$$

Onde:

n - amostra calculada = 206

N – população = 793

Z - variável normal padronizada associada ao nível de confiança, 5%

p - verdadeira probabilidade do evento =20%

e - erro amostral = 10%

O número de usuários com outorga em cada bacia deve ser proporcional a seu respectivo número de usuários, conforme dados da COGERH. Dessa forma, o **Quadro 5.2** ilustra na primeira coluna do seu corpo o número de questionários por bacia. Na segunda coluna consta o número definitivo de questionários a ser aplicado em cada bacia, considerando-se uma margem adicional de 10% de questionários inválidos.

**Quadro 5.2 - Número de Usuários a ser pesquisados por Bacia**

Bacia	Número de questionários/Bacia	Questionários a aplicar
Metropolitana	520	136
Curu	11	3
Litoral	22	6
Acaraú	29	8
Coreaú	32	8
Ibiapaba	15	4
Sertões de Crateús	-	-
Banabuiú	5	1
Salgado	117	30
Alto Jaguaribe	19	5
Médio Jaguaribe	-	-
Baixo Jaguaribe	23	<u>6</u>
Total	<u>793</u>	<u>206</u>

Para atender à técnica de *referendum* da metodologia de valoração contingente, devem ser gerados vários tipos de questionários, com distintos valores aleatórios para a suposta disposição a pagar (DAP).

A partir da estimativa da média (ou mediana) da DAP, o valor econômico total do ativo ambiental é estimado multiplicando esta média pela disponibilidade do bem, no caso deste estudo, pelo volume outorgado, em 1.000 m<sup>3</sup>.

#### **5.4.4 - Viabilidade de Criação de Novas Categorias Tarifárias**

Conforme o termo de referência, o Relatório 15 deve apresentar uma proposta de criação de algumas categorias tarifárias novas e intermediárias que deverão ter valor de tarifa correspondente a sua capacidade de pagamento.

Dentre o conjunto de elementos exigidos à construção de novas categorias tarifárias, a proposta de estrutura ora apresentada pode ser considerada um primeiro passo: um aperfeiçoamento necessário. A análise da estrutura vigente, no caso os valores definidos na Resolução nº 03/2017, de 22 de fevereiro de 2017 do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará - CONERH e seus pontos críticos revelaram a necessidade imediata de se aprimorar o modelo a fim de incluir novas categorias.

Segundo o artigo 3º da citada Resolução nº 03/2017, de 22 de fevereiro de 2017 do CONERH, as tarifas pelo uso de água bruta de domínio do Estado, variam dependendo das categorias de usuários, para captação superficial e subterrânea.

Na referida resolução não estão incluídas a cobrança específica para algumas categorias, tais como a terraplenagem, o turismo e lazer, a agroindústria, a diluição de efluentes, as indústrias de transformação e incorporação e determinadas indústrias isoladas e integradas.

A cobrança é instrumento polêmico, pois o Brasil possui cargas tributárias elevadas, onde mais custos podem gerar insegurança aos usuários. Indústrias de pequeno porte podem comprometer boa parte da sua receita com o pagamento da cobrança pelo uso da água. Dessa forma, a indústria em regra geral busca defender seus interesses por meio da participação organizada nos órgãos colegiados, sendo a cobrança pauta controversa e discutida expressivamente pelo setor.

No caso dos valores atribuídos à indústria, é importante observar que cada setor industrial tem diferentes consumos de acordo com suas necessidades, além do que possuem diferenciados níveis de capacidade de pagamento, o que no caso deve ser levado em consideração para um adequado sistema de cobrança. Entretanto, dificuldades operacionais para executar a cobrança de tarifas com valores e modelos diferentes podem restringir a aplicação de novas categorias tarifárias no setor industrial, com base no sistema de preços estabelecido no decreto nº 32422.

Alguns setores da indústria, como as agroindústrias, são grandes usuários de água em diferentes etapas do processo, como: lavagem; condensadores, caldeiras; lavagens, resfriamento, etc. É reconhecido que no processo produtivo de bebidas o uso da água é elevado, não apenas como a principal matéria-prima em volume, mas também em operações auxiliares ao processo produtivo, como geração de vapor, pasteurização, resfriamento e limpeza de equipamentos.

Em outras palavras, a cobrança tem uma dimensão financeira e econômica, respectivamente, focada na obtenção de recursos para investimentos na gestão hídrica e na racionalização do uso da água. Assim, espera-se que com a implantação da cobrança seja possível uma maior racionalização do uso da água. Entretanto, a efetividade dessa cobrança depende do preço atribuído à água, do tipo de usuário e das tecnologias disponíveis. Em geral, se o preço cobrado for muito baixo, é pouco provável que os usuários invistam em melhorias para aumentar a eficiência dos sistemas industriais. Por outro lado, o preço não pode ser alto de tal maneira que inviabilize o seu uso, especialmente quando a água for utilizada como um insumo no processo produtivo. Nesse caso, o critério de aceitação por parte dos pagadores também não seria respeitado. Cabe destacar que os setores industriais têm elasticidades de demanda por água distintas entre si (FÉRES et al., 2005; RIBEIRO et al., 1999). Portanto, o preço vai afetar de forma distinta os vários tipos de indústria.

No caso da indústria, é importante assinalar que a elasticidade-preço da demanda industrial por água é geralmente menor do que 1 (um). Como o setor industrial, em geral, pode implementar medidas de reciclagem, reuso de efluentes, etc, ele é menos inelástico que o setor residencial, visto que a água é um bem de consumo final.

Segundo Ribeiro et al. (1999), para o setor industrial paulista, as estimativas indicam demandas elásticas para as indústrias metalúrgica e alimentícias, e demanda inelástica para a indústria manufatureira. Para esses autores, quando a indústria depende do serviço público de abastecimento, em geral ela tem preço mais elástico do que quando dispõe de abastecimento próprio.

Há uma grande variação nos padrões e na intensidade de uso entre diferentes setores industriais. Na indústria do cimento, por exemplo, a água é utilizada apenas para resfriamento nas torres de arrefecimento. Toda água utilizada nos processos é liberada em forma de vapor, sem lançamento de efluentes líquidos. Já a água usada para resfriamento é geralmente reutilizada (CASADO et al., 2007).

A água no setor de bebidas é utilizada, além da própria preparação da bebida, para resfriamento e produção de vapor. No caso das bebidas alcoólicas, há ainda o fator de limpeza e desinfecção das garrafas, visto que estas usam, normalmente, embalagens não descartáveis, fazendo com que essa etapa do processo produtivo seja responsável por grande parte do uso da água (ABCP, 2012).

Um trabalho realizado pelo Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável da Fundação Getúlio Vargas (CIDS/FGV, 2003), investigou a influência da cobrança da água nos setores econômicos da bacia do Paraíba do Sul. Os autores concluíram que a cobrança não apresentou influências consideráveis no aumento do custo operacional e na rentabilidade da atividade econômica da região.

Entretanto, apesar de pouco impacto no custo de produção, as empresas têm uma má impressão em relação à cobrança. Portanto, é preciso que o Comitê de Bacia torne as informações mais claras para os usuários. É evidente que a boa aceitação dos usuários é um dos principais requisitos para o sucesso da cobrança.

Assim, diante das considerações anteriores, é viável que se estabeleça uma categorização do setor industrial, para efeito de cobrança, levando-se em conta níveis de consumo e capacidade de pagamento. Para efeito de atribuição dos valores para cada categoria industrial, foram considerados, a título de sugestão, os acréscimos em termos percentuais, respectivamente, de 15%, 10% e 5%, para as indústrias de bebidas, têxtil e construção civil, em relação aos valores estabelecidos para a indústria

no artigo 3º da Resolução nº 03/2017, de 22 de fevereiro de 2017, os quais foram mantidos para a categoria de demais atividades industriais:

– Categoria 01 – Indústria de bebidas

- Fornecimento de água com captação e adução completa por parte da COGERH:  
T = R\$ 2.740,73 /1.000m<sup>3</sup>;
- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de mananciais, tipo açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais: T = R\$ 796,70 /1.000 m<sup>3</sup>.

– Categoria 02 – Indústria têxtil

- Fornecimento de água com captação e adução completa por parte da COGERH:  
T = R\$ 2.621,56 /1.000m<sup>3</sup>;
- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de mananciais, tipo açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais: T = R\$ 762,06 /1.000 m<sup>3</sup>.

– Categoria 03 – Indústria da Construção Civil

- Fornecimento de água com captação e adução completa por parte da COGERH:  
T = R\$ 2.502,40 /1.000m<sup>3</sup>;
- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de mananciais, tipo açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais: T = R\$ 727,42 /1.000 m<sup>3</sup>.

– Categoria 04 – Agroindústria.<sup>11</sup>

- Hipótese I - Fornecimento de água com captação e adução completa por parte da COGERH: T = R\$ 2.383,24/1.000m<sup>3</sup>;
- Hipótese II - Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de mananciais, tipo açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais: T = R\$ 692,78/1.000 m<sup>3</sup>.

---

<sup>11</sup> Tarifa correspondente ao valor das Demais Atividades Industriais – Categoria 06.

- Categoria 05 – Irrigação.
  - Subcategoria A – Pequena produção irrigada de subsistência.<sup>12</sup>
  - Subcategoria B – Destino da produção: exportação ou consumo interno.<sup>13</sup>
  - Subcategoria C – Destino do produto final direta para o consumo humano ou produção de ração animal (silagem e/ou pasto in natura).<sup>14</sup>
- Categoria 06 – Demais atividades industriais.
  - Fornecimento de água com captação e adução completa por parte da COGERH:  
T = R\$ 2.383,24/1.000m<sup>3</sup>;
  - Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de mananciais, tipo açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais: T = R\$ 692,78/1.000 m<sup>3</sup>.

No que se refere à cobrança pela diluição de efluentes, poder-se-ia aplicar o mesmo princípio proposto para a bacia do rio Paraíba do Sul. Segundo a proposta, deve-se iniciar a cobrança pelo uso da água desconsiderando a concentração do efluente lançado no rio, e apenas cobrando pelo lançamento. No caso da referida bacia, na medida em que o trecho encontrava-se em qualidade inferior ao determinado no enquadramento não se poderia conceder outorga a todos os usuários, pois a outorga de lançamento de efluentes, de acordo com a Resolução nº 16 do CNRH, será concedida de acordo com a quantidade necessária para a diluição da carga poluente, com base nos padrões de qualidade correspondentes à classe de enquadramento do corpo receptor ou em critérios específicos definidos no plano de recursos hídricos da bacia ou pelos órgãos competentes.

---

<sup>12</sup> 85% da Tarifa da Irrigação.

<sup>13</sup> 95% da Tarifa da Irrigação.

<sup>14</sup> 90% da Tarifa da Irrigação.

A Tarifa de Irrigação segue duas hipóteses conforme as faixas de consumo:

Hipótese I - Irrigação em Perímetros Públicos ou Irrigação Privada com captações em mananciais (açudes, rios, lagoas e aquíferos) sem adução da COGERH:

• Consumo de 1.440 a 18.999 m<sup>3</sup>: T = R\$ 1,56/1.000 m<sup>3</sup>.

• Consumo a partir de 19.000 m<sup>3</sup>: T = R\$ 4,68/1.000 m<sup>3</sup>.

Hipótese II - Irrigação em Perímetros Públicos ou Irrigação Privada com captações em estrutura hídrica com adução da COGERH:

• Consumo de 1.440 a 46.999 m<sup>3</sup>: T = R\$ 13,47/1.000 m<sup>3</sup>.

• Consumo a partir de 47.000 m<sup>3</sup>: T = R\$ 23,05/1.000 m<sup>3</sup>.

A autoridade outorgante, do ponto de vista legal, só poderá outorgar certo número de usuários que comprometam a qualidade da água até o limite de cada parâmetro de qualidade, como determina o enquadramento. Portanto, para dar início à cobrança para essa categoria, torna-se necessário estabelecer uma regra de flexibilização da concentração limite do parâmetro em questão. Esse procedimento é feito considerando a concentração real do rio como a concentração limite, fixando metas intermediárias e final.

Diante dessas considerações, para a criação de uma categoria de cobrança para diluição de efluentes no Estado do Ceará, são sugeridos os seguintes encaminhamentos:

- Em primeiro lugar, devem-se estabelecer as condições atuais de poluição dos mananciais e com isso estabelecer metas progressivas, intermediárias e final de redução, conforme prevê a Resolução CONAMA 357/2005. Para tanto, a concentração máxima permitida pelo enquadramento deve ser rebaixada oficialmente para a concentração atual, por prazo determinado, retornando, progressiva e oficialmente, ao nível original do enquadramento. Esse procedimento deve ser feito de forma oficial, com o aval da(s) autoridade(s) outorgante(s) e ambiental(ais), do respectivo Comitê de Bacia e Conselho de Recursos Hídricos, bem como o conhecimento e participação do Ministério Público.
- Em seguida, deve-se conceder a outorga aos usos existentes e fixar metas para cada usuário (ou setor). Logo após ser estabelecida a concentração natural de determinado parâmetro e adota-la como sendo a concentração máxima permitida, a autoridade outorgante poderá outorgar a todos os usuários sem ferir o artigo 13 da Lei nº 9.433/97. Os usuários que possuem outorga para diluição de efluentes devem registrar as respectivas vazões indisponíveis e estas devem ser recalculadas para estar dentro das metas de redução das concentrações máximas permitidas.
- Por fim, deve-se estabelecer cronologicamente uma meta de redução progressiva de carga poluidora com cada usuário, ou cada setor, devendo os mesmos adotarem, progressivamente, medidas de controle que possibilitem a redução do seu impacto sobre o manancial. O usuário que não cumprir a meta de redução de concentração não receberá renovação da outorga. Assim, no final do prazo, quando o rio estiver

com concentrações dentro da sua classe de enquadramento, é iniciada a cobrança pela diluição de efluente.

Trata-se de uma proposta aceitável por parte dos comitês, visto que atualmente é inviável a cobrança pela diluição em rios poluídos. Portanto, iniciando-se com a cobrança pelo lançamento deve-se, em seguida, viabilizar a cobrança pela diluição de efluentes, integrando a outorga e enquadramento, instrumentos fundamentais para a sua efetivação.

Para a cobrança pelo lançamento, é necessário o estabelecimento de metas progressivas de enquadramento para realizar a outorga dos usuários. É importante salientar que a proposta apresenta outra vantagem, pois os usuários serão estimulados a participar da despoluição. Assim, desde que o manancial atingir o nível de enquadramento desejado pelo comitê, deve-se aplicar a cobrança pela diluição de efluentes.

Um das limitações para a aplicação de uma cobrança baseada no conceito de diluição de efluentes, é a exigência do conhecimento da qualidade dos corpos hídricos no ponto de captação de um determinado uso. Trata-se de uma informação que ainda é muito limitada e exige maiores gastos em monitoramento e disponibilidade de informações relativas à qualidade de água.

Finalmente, com relação às atividades de turismo e lazer, essas estão atualmente enquadradas nas demais categorias de uso, e nesse caso, é possível adotar alternativas de tratamento, conforme inicialmente proposta descrita na seção 5.4.2 deste relatório.

A primeira proposta é criar uma nova categoria de usuário, no caso os estabelecimentos de turismo e lazer, tais como hotéis, pousadas, resorts, etc, os quais apresentam uso consultivo, diferenciando da demanda não consuntiva de água para o lazer, recreação e turismo e que não depende especificamente de uma determinada quantidade de água. Essa demanda se refere a algumas atividades que dependem da manutenção das condições naturais do recurso hídrico, tais como: esportes náuticos (esqui-aquático, natação, pólo-aquático, mergulho, caiaque), navegação (iatismo), pescas recreativas (pesca amadora); e lazer contemplativo (aqueles onde predominam

a beleza plástica, ou seja, tudo aquilo considerado bonito e agradável de ser visto, e que além disso, gera agradáveis sensações de repouso mental, de bem estar, de relaxamento), que utilizam da água como cachoeiras, praias, lagos, lagoas, balneários, clubes, córregos, corredeiras, ribeirões e rios. O requisito fundamental para o desenvolvimento dessas atividades é a qualidade da água, a qual deve ser assegurada pela proteção ambiental dos corpos de água, por meio do combate às fontes poluidoras.

No caso dos usuários com uso consultivo, isto é, hotéis, pousadas, resorts, com características similares de consumo, sugere-se a criação de um sistema de cobrança, cujos valores representam 10% a mais dos valores atribuídos ao comércio e serviços:

– Categoria 07 – Turismo

- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de manancial tipo: açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais:  $T = R\$ 304,82/1.000 \text{ m}^3$ ;
- Fornecimento de água com captação e adução por parte da COGERH, através de tubulação de múltiplos usos, pressurizada por bombeamento:  $T=R\$ 609,64/1.000 \text{ m}^3$ .

Com relação aos usos não consultivos, que utilizam o espelho do lago, a exemplo de lagoa e açude, nesses casos a cobrança deve ser estudada de forma mais aprofundada, com base na referência das hipóteses levantadas no Item 5.4.3 - Bases Teóricas para Estabelecimento de Novas Categorias Tarifárias de Usos Não Consuntivos deste relatório.

#### **5.4.5 - Proposta de uma nova categorização tarifária incorporando usuários não consuntivos com base no volume outorgado**

Como mencionado anteriormente, o aperfeiçoamento do sistema de cobrança pelos recursos hídricos no Estado do Ceará, com a inclusão de novas categorias tarifárias, a ser proposto neste trabalho, implicaria em mudanças na metodologia em vigor.

Diante da ausência de metodologias que incorporem novas categorias tarifárias, não encontrado na revisão de literatura, sugere-se a aplicação de um critério consistente

com a teoria econômica da escolha ótima. No caso do presente estudo, a partir do método de avaliação contingente, o usuário de água bruta é induzido a revelar o quanto estaria disposto a pagar pelo uso da água bruta. Assim, para se estabelecer um sistema de cobrança para novos usuários é muito importante que se confira algum indicativo de disposição a pagar (expresso em valor monetário). Esse indicador monetário é bastante difícil de mensurar, pois se reconhece expressivamente que existe uma enorme dificuldade em os usuários revelarem suas reais disposições ao pagamento de bens ou serviços. No caso da cobrança para novas categorias tarifárias, percebe-se um processo de caráter conflituoso, que torna imprescindível uma discussão ampla no âmbito da sociedade (governo, usuários, sociedade civil).

Como tratado no item anterior, o método da avaliação contingente busca estimar uma função de demanda, o que lhe garante sua consistência com a teoria econômica da escolha ótima. Não se trata de um método de valoração definido de forma *ad hoc* ou de estimação indireta com base no custo de oportunidade, tais como: os métodos de valoração com base em custos de viagem para projetos recreativos; gastos defensivos ou preventivos para reduzir o risco de um bem público (poluição, acidentes naturais, pragas, etc.); custos de saúde (água potável, esgotamento sanitário, drenagem, etc.); produtividade marginal, que mede o impacto de um projeto no aumento ou diminuição da produção, dentre outros. Esses métodos de valoração de bens públicos e quase públicos, frequentemente, são utilizados, mas carecem de robustez teórica, para avaliar a eficiência econômica e social de alocação, especialmente, de recursos públicos.

Fundamentada na teoria econômica, a avaliação contingente extrai dos próprios agentes econômicos, por meio de pesquisas diretas entre consumidores e/ou usuários, o valor que eles atribuem ou estão dispostos a pagar por bens públicos ou quase públicos. Dessa forma, o Método da Avaliação Contingente (MAC) supre a falta de mercado desses bens, criando e apresentando mercados hipotéticos para os agentes econômicos, os quais têm a oportunidade de optar por tais bens. É por meio desse método que o valor dos bens públicos é revelado.

A avaliação contingente apresenta, aos agentes econômicos, um conjunto de questões referentes a bens públicos de modo a fazer com que eles revelem suas preferências por tais bens para assim poder determinar o valor que eles estariam dispostos a pagar

para usufruírem uma determinada melhoria na oferta dos mesmos. Ao valorar um bem, o MAC elege o consumidor como o centro das atenções (princípio da soberania do consumidor), dispensando a necessidade de recorrer a juízos de valor, implícitos em uma função de utilidade igualitária. Além disso, o MAC toma por base um conjunto de pressupostos, tais como, dotação de recursos (renda ou riqueza), características e atributos pessoais, entre outros. Todos esses elementos são importantes na mensuração acurada do valor de bens públicos e fazem com que o MAC seja o único método não viesado, pelo menos quanto à forma de lidar com as informações distributivas.

O principal objetivo da avaliação contingente é, portanto, obter uma estimativa acurada do valor que os usuários estariam dispostos a pagar por bens públicos, sejam esses usuários efetivos ou simplesmente, usuários em potencial. A importância dessa avaliação deve-se ao fato que, por meio da estimativa da disponibilidade a pagar, é que o poder público pode avaliar os valores a serem cobrados para usuários não categorizados na estrutura tarifária.

Ressalte-se, de início, que não foram encontrados na literatura especializada aplicações do método de avaliação contingente para usuários da água bruta. Geralmente, este tipo de pesquisa é feito para usuários finais das companhias de saneamento básico, ou seja, usuários de água tratada (das companhias de água e esgoto) e não usuários de água bruta (as próprias companhias de água e esgoto).

Em pesquisas desta natureza, é possível que os usuários tenham tendência a estabelecer uma disposição a pagar abaixo de suas reais disponibilidades ao pagamento, como uma estratégia de defesa, sobretudo considerando o processo de mudança de uma situação de água bruta a preço zero para uma situação de água bruta a preço positivo.

Os valores cobrados pelo uso de água bruta de domínio do Estado do Ceará, deliberados no decreto nº 32.160, de 24 de fevereiro de 2017, no artigo 3º, variam dependendo das categorias de usuários, para captação superficial e subterrânea:

## **I – Abastecimento Público:**

- Captação de água em mananciais da Região Metropolitana de Fortaleza (açudes, rios ou lagoas) ou fornecimento através de estruturas de adução gravitatoria (canais ou adutoras sem bombeamento) T = R\$ 158,79/1.000 m<sup>3</sup>;
- Fornecimento de água nas demais regiões do Estado (captações em açudes, rios ou lagoas e aquíferos sem adução da COGERH): T = R\$ 52,43/1.000 m<sup>3</sup>;
- Fornecimento de água com captação e adução por parte da COGERH, através de tubulação de múltiplos usos, pressurizada por bombeamento: T = R\$ 480,05/1.000 m<sup>3</sup>.

## **II – Indústria**

- Fornecimento de água com captação e adução completa por parte da COGERH: T = R\$ 2.383,24/1.000 m<sup>3</sup>.
- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de mananciais, tipo açudes, rios, lagoas, aquíferos ou canais: T = R\$ 692,78/1.000 m<sup>3</sup>.

## **III – Piscicultura**

- Em tanques escavados:
  - a.1. Com captação em mananciais (açudes, rios, lagoas e aquíferos) sem adução da COGERH: T = R\$ 4,82/1.000 m<sup>3</sup>.
  - a.2. Com captação em estrutura básica com adução da COGERH: T = R\$ 20,13/1.000 m<sup>3</sup>.
- Em tanques Rede: T = R\$ 57,44/1.000 m<sup>3</sup>;

## **IV – Carcinicultura:**

- Com captação em mananciais (açudes, rios, lagoas e aquíferos) sem adução da COGERH: T = R\$ 7,23/1.000 m<sup>3</sup>.
- Com captação em estrutura básica com adução da COGERH: T = R\$ 150,13/1.000 m<sup>3</sup>.

## **V – Água mineral: T = R\$ 692,78/1.000 m<sup>3</sup>**

## **VI – Água Potável de Mesa: T = R\$ 692,78/1.000 m<sup>3</sup>**

### **VII – Irrigação:**

- Irrigação em Perímetros Públicos ou Irrigação Privada com captações em mananciais (açudes, rios, lagoas e aquíferos) sem adução da COGERH:
  - Consumo de 1.440 a 18.999 m<sup>3</sup>: T = R\$ 1,56/1.000 m<sup>3</sup>.
  - Consumo a partir de 19.000 m<sup>3</sup>: T = R\$ 4,68/1.000 m<sup>3</sup>.
- Irrigação em Perímetros Públicos ou Irrigação Privada com captações em estrutura hídrica com adução da COGERH:
  - Consumo de 1.440 a 46.999 m<sup>3</sup>: T = R\$ 13,47/1.000 m<sup>3</sup>.
  - Consumo a partir de 47.000 m<sup>3</sup>: T = R\$ 23,05/1.000 m<sup>3</sup>.

### **VIII – Demais categorias de uso:**

- Fornecimento de água com captação e adução completa ou parcial, por parte do usuário a partir de manancial tipo: açudes, rios, lagoas e aquíferos ou canais: T = R\$ 159,30/1.000 m<sup>3</sup>.
- Fornecimento de água com captação e adução por parte da COGERH, através de tubulação de múltiplos usos, pressurizada por bombeamento: T = R\$ 481,59/1.000 m<sup>3</sup>.

Entende-se que a proposição de novas categorias tarifárias pelo uso de água bruta no estado do Ceará envolve impreterivelmente uma ampla discussão entre o ente governamental, os setores usuários e a sociedade civil. Obviamente esse processo pode ser realizado tendo como ponto de partida os valores já estabelecidos para o Estado. Como se pode verificar, os valores cobrados pelo uso da água bruta para demais categorias de uso correspondem, respectivamente, a R\$ 159,30/1.000 m<sup>3</sup> e R\$ 481,59/1.000 m<sup>3</sup>.

Esses valores podem servir de referência para o questionário da pesquisa, com base na técnica de lances livres, cujo limite superior corresponde ao maior valor que for rejeitado por todos os entrevistados, ou seja, o valor ligeiramente acima do maior lance, enquanto o limite inferior corresponde ao valor que for aceito por todos, isto é, o menor lance.

Para atender à técnica de *referendum* da metodologia de valoração contingente, com base nos valores com limite superior e inferior, podem ser gerados 10 tipos de questionários, com distintos valores para a suposta disposição a pagar (DAP). Esses valores serão obtidos aleatoriamente, através da função “aleatória()\*(b-a)+a” da planilha Excel, mas pertencentes ao intervalo [159,30; 481,59]. Como estratégia de pesquisa, não devem ser utilizados os valores em 1.000 m<sup>3</sup>. Portanto, os valores devem ser transformados em m<sup>3</sup>, assim distribuídos: R\$0,159; R\$0,239; R\$0,270; R\$0,300; R\$0,330; R\$0,360; R\$0,391; R\$0,421; R\$0,451 e R\$0,481.

De posse dos valores da DAP mediana, o valor da cobrança pelo uso da água bruta no Estado do Ceará pode ser determinado a partir de uma base de cálculo estabelecida pelas quantidades de água outorgada, multiplicados pelo preço unitário (P), definido pela DAP mediana. Esses valores podem ser alterados por um coeficiente multiplicador (K), conforme descrição matemática a seguir:

$$VT_{ij} = K_i \times DAP_i \times Q_{ij}$$

Onde:

$VT_{ij}$  = valor total anual a ser cobrado (R\$) por uso  $i$  e usuário  $j$ ;

$K_i$  = é o conjunto de coeficientes de características específicas (adimensional) por uso  $i$ ;

$DAP_i$  = é a DAP – Disposição a Pagar por tipo de uso  $i$  (R\$/m<sup>3</sup>)

$Q_{ij}$  = é o volume anual outorgado (m<sup>3</sup>) para cada tipo de uso  $i$  por usuário  $j$ .

No caso do  $K_i$  será adotado o valor 1 quando as águas de abastecimento forem destinadas ao turismo e lazer e de outorgas concedidas para a bacia metropolitana. Este valor sofrerá decréscimos conforme as águas piorem em termos de disponibilidade, que terá o menor valor do coeficiente.

Sugere-se que o coeficiente indicativo do grau de implementação da cobrança variará de 0,1, no início da implementação, a 1, quando a cobrança estiver totalmente implementada, em 05 (cinco) anos a partir da data de publicação do decreto.

O coeficiente que indica o setor usuário poderá ser utilizado na contabilização do valor da cobrança para subsidiar um setor em relação ao outro.

Essa metodologia não leva em consideração a disponibilidade hídrica local, entre outros aspectos. Observa-se ainda, que não são consideradas as diferenças entre os volumes captados outorgados e medidos.

#### **5.4.6 - Conclusões e Recomendações**

A valorização econômica da água e a implementação do instrumento de cobrança pelo uso em sistemas de bacias hidrográficas são temas bastante complexos que, além das questões econômicas, envolvem também questões legais, institucionais, técnicas e sociais. A escolha da metodologia mais apropriada para estabelecer um valor para a água é uma das tarefas mais difíceis, pois além de exigir um amplo conhecimento das várias teorias e modelos econômicos disponíveis, é necessário também conhecer as vantagens e desvantagens das mesmas.

Diante da falta de um consenso a respeito do referencial metodológico a ser utilizado para incluir novos usuários no sistema de cobrança pelo uso da água, este trabalho analisou vários estudos de formação de preços pelo uso dos recursos hídricos no Brasil e discutiu os procedimentos metodológicos utilizados nesses estudos. Objetivando subsidiar a criação de novas classes de usuários a serem cobrados, espera-se que este trabalho possa contribuir para a formação de um consenso a respeito da metodologia a ser adotada para implementar esse importante instrumento de gestão, melhorando assim a alocação dos recursos hídricos na economia.

Este estudo partiu, portanto, do pressuposto de que a atual metodologia de cobrança pode incorporar elementos sinalizadores da racionalização do uso da água junto a outros setores que não são cobrados, sobretudo onde a escassez crítica de água já é realidade. É importante notar que a pesquisa a ser aplicada, considera no seu desenvolvimento a ampliação de novas categorias tarifárias e conceitos da economia de recursos hídricos, objeto de inúmeros trabalhos nacionais e sobretudo internacionais.

A pesquisa realizada para a cobrança desses tipos de usuários indicou, em primeiro lugar, a falta de experiências internacionais e nacionais no estabelecimento de critérios de cobrança para usuários não consuntivos, bem como os limites de aplicação do

instrumento da cobrança sob a ótica da racionalização do uso da água no Estado do Ceará.

Deve-se ressaltar que mesmo que a cobrança para usuários não consuntivos fosse ampliada de forma significativa, dificilmente os recursos arrecadados alcançariam um montante capaz de alavancar investimentos de porte na infraestrutura hídrica do Estado. Concluiu-se, assim, que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos é um instrumento com potencial de induzir os usuários de recursos hídricos à racionalização do uso da água, como demonstraram diversos estudos nacionais e internacionais.

Ressalte-se, ainda, que tal proposição pode suscitar controvérsias nos setores especializados de recursos hídricos, sobretudo pela “interferência” que o sistema de recursos hídricos teria sobre o “processo produtivo” da prestação do serviço. Alguns argumentam que não se deve imputar aos setores produtivos, principalmente no setor de turismo e lazer, uma ação que impactaria a sua performance financeira e iria de encontro à essência de sua atividade. Já outros sustentam que tais medidas são perfeitamente justificáveis em situações de escassez extrema de água, bem como pela capacidade de pagamento desses setores.

Por fim, algumas recomendações devem ser igualmente feitas ao Sistema de Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Ceará:

- A proposta desenvolvida é particularmente adequada para regiões caracterizadas por escassez hídrica, onde a gestão de recursos hídricos deve se preocupar com o uso “irracional” dos serviços públicos de abastecimento. Sua aplicação é recomendada, portanto, à Região Metropolitana de Fortaleza, que já sofre as consequências de conflitos em função de escassez.
- Com o intuito de averiguar a relação entre a disposição a pagar e as variáveis socioeconômicas dos usuários com outorga, classificados como não consuntivos, sugere-se aplicar o método de valoração contingente, por meio do qual serão identificados o perfil socioeconômico, o comportamento/atitude e a consciência desses usuários em relação ao usufruto da água bruta;
- Para contornar a principal dificuldade encontrada em pesquisas de valoração ambiental que se utilizam de entrevistas pessoais e de mercados hipotéticos, a

possibilidade de ocorrência de vieses, deve-se seguir as recomendações da literatura especializada, por meio da criação de uma situação hipotética próxima da realidade dos entrevistados. Portanto, na definição dos valores para a DAP devem ser estabelecidos intervalos dentro dos valores cobrados pelo uso da água bruta para as demais categorias de uso que correspondem, respectivamente, a R\$ 159,30/1.000 m<sup>3</sup> e R\$ 481,59/1.000 m<sup>3</sup>;

- A metodologia sugerida permite a identificação das preferências e expectativas da população e proporciona um maior envolvimento da população ao longo do processo de elaboração da proposta definitiva de criação de novas categorias tarifárias.
- A metodologia vem reforçar também a fundamentação teórica que aponta a valoração econômica como um importante instrumento de auxílio ao processo de tomada de decisões quando da definição de políticas públicas ambientais e de desenvolvimento sustentável.

O estudo apresentou várias metodologias de formação do valor ou preço pelo uso da água utilizadas no Brasil. Muito embora essas metodologias estejam fundamentadas em diferentes teorias econômicas, elas priorizam, de alguma forma, um dos três princípios econômicos básicos, ou seja, eficiência econômica, eficiência distributiva (ou equidade) e recuperação dos custos. No entanto, segundo sugere o presente estudo, apenas a metodologia de valoração contingente faz com que os múltiplos usuários percebam o verdadeiro custo de oportunidade da água em cada uso. Nesse sentido, para a implantação de novas categorias tarifárias essa técnica é a que mais vantagens apresenta entre todas as metodologias analisadas.

Finalmente, algumas recomendações gerais guardam algum sentido nessa questão referente a novas categorias tarifárias:

- Enquadrar o maior número possível de atividades de comércio/serviços e indústrias especiais nos termos do último Decreto nº 32.422, de 14 de novembro de 2017.
- Para as demais categorias consuntivas verificar índices de procedimentos análogos aos utilizados no relatório 02 (capacidade de pagamento) como coeficiente da renda bruta coerente com a participação do fator água na composição desses produtos.



- A respeito das atividades não consuntivas ponderar sobre as ideias aqui relatadas e considerar a MAC (Metodologia de Avaliação Contingente) como uma ferramenta auxiliar de outros métodos e do princípio democrático da água.



## 6 - CONCLUSÃO

## 6 - CONCLUSÃO

O relatório apresentou e discutiu sobre a adoção de instrumentos técnicos e financeiros associados a cobrança pelo uso da água bruta, são eles: sistema de cobrança em função da garantia de uso, seguro agrícola, compensação financeira, fundo de reservas e novas categorias tarifárias. A viabilidade e implementação dos quatro primeiros instrumentos está associado a definição do sistema de recursos de referência. Dessa forma, verificou-se que este sistema pode ser de três tipos:

- Sistemas locais: constituído de um reservatório e de demandas urbanas e irrigação;
- Vales perenizados: constituído de múltiplos reservatórios abastecendo grandes demandas urbanas e irrigação;
- Grandes Sistemas Integrados através de Transposição de Bacia, caso atualmente do sistema Jaguaribe-Metropolitano.

A implantação do sistema de cobrança em função da garantia requer a adoção de uma política de operação de reservatórios baseada no zoneamento, no qual a alocação de água já estaria previamente estabelecida. Nesse sistema existiria garantias diferenciadas associadas à prioridades em anos secos. Os usuários pagariam preços diferentes e crescentes com o acréscimo das prioridades. Assim, um volume alocável de longo prazo teria que ser definido para cada bacia e subsistema. Os usuários revelariam, ao escolherem a prioridade e o preço que desejam, a sua disposição a pagar pela água, sendo esta uma inferência do preço de escassez em períodos secos.

Propôs-se um seguro agrícola associado a índices de seca. No modelo, esses índices acionariam o estado do sistema hídrica e, conseqüentemente o momento de pagar a indenização. Nesse caso, a escolha do índice de seca e a existência de uma plataforma de monitoramento de seca é de primordial importância.

O mecanismo de compensação foi proposto no intuito de indenizar os usuários que tiverem suas garantias efetivamente reduzidas. Desse modo, apenas os usuários outorgados poderão receber a compensação financeira. Estabeleceu-se que esse mecanismo seria ativado quando o usuário tivesse recebido água com garantia menor que a garantia outorgada. Devido a variabilidade climática sugere-se que a alocação de água esteja previamente.

O fundo de eventos tem o propósito de promover sustentabilidade financeira à instituição em períodos de seca e de cheia. Discutiu-se que os recursos financeiros necessários para compor esse mecanismo seriam oriundos do sistema de cobrança pela água bruta, isto é, mensalmente um percentual do valor arrecado com a cobrança pelo uso da água será guardado na conta denominada Fundo de Eventos Extremos. Esses recursos deverão ser utilizados, apenas, em períodos de seca e de cheia e para executar as seguintes ações:

- Despesas do acréscimo de energia decorrentes da elevação do bombeamento;
- Despesas com fiscalização do uso da água;
- Despesas com execução de estratégias para minimizar conflitos devido à escassez hídrica.

Propôs-se, também, que a conta do Fundo de Eventos Extremos seja gerenciada pelo Conselho Administrativo da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos - COGERH ficando este conselho com a atribuição de apresentar, periodicamente, o fluxo financeiro da conta ao Conselho de Recursos Hídricos do Ceará – CONERH.

No relatório de proposição de novas categorias tarifárias discutiu-se sobre a complexidade do estabelecimento dessas categorias para usuários não consuntivos bem como, sobre as diversas metodologias existentes para incluir novos usuários no sistema de cobrança pelo uso da água. Com isso, sugeriu-se a metodologia de avaliação continente como a mais adequada para estipular novas categorias tarifárias.

O estudo considerou viável o estabelecimento de uma categorização do setor industrial, para efeito de cobrança, levando-se em conta níveis de consumo e capacidade de pagamento. Para efeito de atribuição dos valores para cada categoria industrial, sugeriu-se os acréscimos em termos percentuais, respectivamente, de 15%, 10% e 5%, para as indústrias de bebidas, têxtil e construção civil, em relação aos valores estabelecidos para a indústria no artigo 3º da Resolução nº 03/2017, de 22 de fevereiro de 2017, os quais foram mantidos para a categoria de demais atividades industriais:

- Categoria 01 – Indústria de bebidas
- Categoria 02 – Indústria têxtil
- Categoria 03 – Indústria da Construção Civil

- Categoria 04 – Agroindústria
- Categoria 05 – Irrigação.
- Categoria 06 – Demais atividades industriais.

Para a categoria Turismo (hotéis, pousadas, resorts) sugere-se a criação de um sistema de cobrança, cujos valores representam 10% a mais dos valores atribuídos ao comércio e serviços.

No que se refere à cobrança pela diluição de efluentes, sugere-se a aplicação do mesmo princípio proposto para a bacia do rio Paraíba do Sul. Nesse modelo, deve-se iniciar a cobrança pelo uso da água desconsiderando a concentração do efluente lançado no rio, e apenas cobrando pelo lançamento. No caso da referida bacia, na medida em que o trecho encontrava-se em qualidade inferior ao determinado no enquadramento não se poderia conceder outorga a todos os usuários, pois a outorga de lançamento de efluentes, de acordo com a Resolução nº 16 do CNRH, será concedida de acordo com a quantidade necessária para a diluição da carga poluente, com base nos padrões de qualidade correspondentes à classe de enquadramento do corpo receptor ou em critérios específicos definidos no plano de recursos hídricos da bacia ou pelos órgãos competentes.

Para a criação de uma categoria de cobrança para diluição de efluentes no Estado do Ceará, são sugeridos os seguintes encaminhamentos:

- Em primeiro lugar, devem-se estabelecer as condições atuais de poluição dos mananciais e com isso estabelecer metas progressivas, intermediárias e final de redução, conforme prevê a Resolução CONAMA 357/2005. Para tanto, a concentração máxima permitida pelo enquadramento deve ser rebaixada oficialmente para a concentração atual, por prazo determinado, retornando, progressiva e oficialmente, ao nível original do enquadramento. Esse procedimento deve ser feito de forma oficial, com o aval da(s) autoridade(s) outorgante(s) e ambiental(ais), do respectivo Comitê de Bacia e Conselho de Recursos Hídricos, bem como o conhecimento e participação do Ministério Público.
- Em seguida, deve-se conceder a outorga aos usos existentes e fixar metas para cada usuário (ou setor). Logo após ser estabelecida a concentração natural de

determinado parâmetro e adota-la como sendo a concentração máxima permitida, a autoridade outorgante poderá outorgar a todos os usuários sem ferir o artigo 13 da Lei nº 9.433/97. Os usuários que possuem outorga para diluição de efluentes devem registrar as respectivas vazões indisponíveis e estas devem ser recalculadas para estar dentro das metas de redução das concentrações máximas permitidas.

- Por fim, deve-se estabelecer cronologicamente uma meta de redução progressiva de carga poluidora com cada usuário, ou cada setor, devendo os mesmos adotarem, progressivamente, medidas de controle que possibilitem a redução do seu impacto sobre o manancial. O usuário que não cumprir a meta de redução de concentração não receberá renovação da outorga. Assim, no final do prazo, quando o rio estiver com concentrações dentro da sua classe de enquadramento, é iniciada a cobrança pela diluição de efluente.



## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **ABNT NBR ISSO/IEC 31010** – Gestão de Riscos: Técnicas para o processo de Avaliação de Riscos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012, 96 p.

AGÜERO, P. H. **Avaliação econômica dos recursos naturais**. 1996. 224f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ALVES, B. C. C. **Avaliação dos padrões de variabilidade e mudança climática no setor hidrelétrico brasileiro**. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado), Pós - Graduação em Engenharia Civil, Universidade federal do Ceará, 2012.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Tocantins Araguaia**: Sumário Executivo e Temas Estratégicos. Brasília, DF, 2009

AQUINO, S. H. S.; SILVA, S. M. O.; SILVA, D. C.; SOUZA FILHO, F. A. **Alocação de longo prazo no estado do Ceará**. In: Gerenciamento de Recursos Hídricos no Semiárido. Org. Souza Filho, F. A.; Campos, J. N. B.; Aquino, S. H. S., FINEP/UFC/FCPC, ed. Edição Gráfica e Editora, Fortaleza – CE, pp. 257 – 275. 2013.

ARAÚJO, J. C. **Modelo de tarifação de água utilizando subsídios cruzados**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória. *Anais...* Vitória: ABRH, 1997.

BARTH, A.; BENTH, F. E.; POTTHOFF, J. **Hedging of spatial temperature risk with market-traded futures**. 2008. Disponível em: <://www.duo.uio.no/sok/work.html?WORKID=96753&lang=em> Acesso em: 14. Mai. 2013.

BATE, R.N.; DUBOURG, W.R. A net-back analysis of irrigation water demand in east Anglia. **Journal of Environmental Management**, London, v. 49, p. 311-322, 1997.

BENJAMIN, A. H. de V. **O Princípio Poluidor-Pagador e a Reparação do Dano Ambiental**. In: Encontro Nacional da Associação Brasileira de Entidades de Meio Ambiente (ABEMA). 1992.

BESSADA, O.; BARBEDO, C.; ARAUJO, G. **Mercado de Derivativos no Brasil: Conceitos, Operações e Estratégias**. 3. ed. Rio de Janeiro: Record, 2009.

Bishop, R. C., and T. A. Heberlein. **Travel Cost and sweeping conclusions based on a single exper- Hypothetical Valuation of Outdoor Recreation Comparisons with an Artificial Market**.: University of Wisconsin, 1979

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei

n° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, 09 jan. 1997.

BREUSTEDT, G.; BOKUSHEVA, R.; HEIDELBACH, O. Evaluating the Potential of Index Insurance Schemes to Reduce Crop Yield Risk in an Arid Region. **Journal of Agricultural Economics**, v. 59, p. 312–328. doi: 10.1111/j.1477-9552.2007.00152.x. 2008.

BROWN, C.; CARRIQUIRY, M. Managing hydroclimatological risk to water supply with option contracts and reservoir index insurance. **Water Resources Research**, v. 43, W11423, doi: 10.1029/2007WR006093, 2007.

BUAINAIN, A. M.; VIEIRA, P. A. Seguro Agrícola no Brasil: Desafios e Potencialidades. **R. Bras. Risco e Seg.**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 13, p. 39-68, abr./set. 2011.

BUCKLAND, J., ZABEL, T. **Economic and Financial Aspects of Water Management Policies**. In: F. N. Correa (Ed) Selected Issues in Water Resources Management in Europe 2.A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 261 - 352.1988.

CALIJURI, M. S. S. **Avaliação da gestão tributária a partir de uma perspectiva multidisciplinar**. 2009. 248 f. Tese (Doutorado), Pós - Graduação em Contabilidade e Controladoria, Universidade de São Paulo, 2009.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: Methods and applications**. Cambridge University Press, 2005.

CAMPBELL, S. D.; DIEBOLD, F. X. Weather forecasting for weather derivatives. **Journal of the American Statistical Association**, v. 100, n. 469 p. 6-16, 2005.

CAMPOS, R. T. **Análise da capacidade de pagamento para água bruta dos produtores da irrigação pública na bacia do Jaguaribe, Ceará, Brasil**. In: ENCONTRO ECONOMIA DO CEARÁ EM DEBATE, 4., 2008, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: IPECE, 2008.

CAMPOS, R. T. **Avaliação Sob Risco da Capacidade de Pagamento por Água Bruta de Produtores da Bacia do Jaguaribe (CE)**. RESR, Piracicaba, SP, vol. 48, nº 02, p. 357-380. 2010.

CÁNEPA, E. M.; PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. L. **A Política de Recursos Hídricos e o Princípio Usuário-Pagador**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.4, n. 1(Jan/Mar), p.103-117. 1999.

CARRERA-FERNANDEZ, J. **A gestão e o planejamento integrado dos recursos hídricos: o caso da barragem de Cristalândia, na Bahia**. *Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão*. Fortaleza, v. 3, n. 1, p. 7-23, jan-jun, 2005.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R. S. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2002.

CARRIQUIRY, M. A.; OSGOOD, D. E. **Index Insurance, Probabilistic Climate Forecasts and Production**. The Journal of risk and insurance, v. 0, n.0, pp. 1 -13, doi: 10.1111/j.1539-6975.2011.01422.x. 2011.

CARVALHO, M. A. de.; MÉLLO JÚNIOR, A. V.; SCHARDONG, A.; Porto, R. L. L. Sistema de suporte à decisão para a alocação de água em projetos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 10 – 17, 2009.

CASTELLO, J. P. Gestão sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível?. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 2 (1), p.47-52, 2002.

CEARÁ. **Decreto nº 32.032**, de 02 de setembro de 2016. Dispõe sobre a cobrança pelo uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos de domínio do Estado do Ceará ou da União por delegação de competência, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Fortaleza, 02 set. 2016.

CHARACKLIS, G. W.; KIRSCH, B. R.; RAMSEY, J.; DILLARD, K. E. M.; KELLEY, C. T. Developing portfolios of water supply transfers. **Water Res. Research**, v. 42, W05403, doi: 10.1029/2005WR004424, 2006.

CNSP. **Resolução CNSP 46/2001** – Dispõe sobre o Seguro Rural e o Fundo de Estabilidade do Seguro Rural - FESR, de sua administração e controle por seu Gestor, e dá outras providências. Brasil: Conselho Nacional de Seguro Privado, 2001.

COGERH – COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Cadastro de outorga vigente por uso**. Fortaleza, 2017.

CONSIDINE, G. **Introduction to weather derivatives**. Aquila Energy: Weather Derivatives Group. 2006. Disponível em: <<http://www.cme.com/weatherintroweather.pdf>> Acesso em: 15. Fev. 2013.

CORDEIRO FILHO, A. **Cálculo atuarial aplicado: teoria e aplicações**. São Paulo: atlas, 2009, 270p.

CORREIA, F. N. **Algumas reflexões sobre os mecanismos de gestão dos recursos hídricos e a experiência da União Europeia**. *Revista de Gestão de Água da América Latina*. Santiago, v. 2, n. 2, p. 5-16, jul-dez, 2005.

COURBAGE, C.; STAHEL, R. W. Insurance and extreme events. In: The Geneva Reports – Risk and Insurance Research nº5. **Extreme events and insurance horribilis**, The Geneva Association, 2012, 147p.

COURBAGE, C.; STAHEL, R. W. Insurance and extreme events. In: The Geneva Reports – Risk and Insurance Research nº5. **Extreme events and insurance horribilis**, The Geneva Association, 2012, 147p.

CYSNE, A. P. **Modelo de governança adaptativa para os recursos hídricos utilizando cenários climáticos**. 2012. 159 f. Tese (Doutorado). Pós – Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, 2012.

DAMODARAM, A. **Gestão estratégica do risco**: uma referência para a tomada de riscos empresariais. Porto Alegre: Bookman, 1ª ed., 2009, 394p.

DINAR, A., ROSEGRANT, M. W, MEIZEN-DICK, R. **Water Allocation: Mechanisms, principles and examples**. World Bank: Policy Research Working Paper #1779, Washington, DC. 1997.

DWYER, A.; ZOPPOU, C.; NIELSEN, O.; DAY, S.; ROBERT, S. Quantifying social vulnerability: A methodology for identifying at risk to natural hazards. **Geoscience Australia Record**, v. 14, 2004.

ESTRELA, T.; FIDALGO, A.; PÉREZ, M. A. Droughts and the European water framework directive: Implications on Spanish river basin districts. In: **Drought Management and Planning for Water Resources**, Andreu J. et al. (edt.), ISBN 1-56670-672-6, CRC Press (Taylor & Francis), Boca Raton, Chapter six, 169-191, 2006.

**Estudo comparativo de quatro metodologias para a cobrança pelo uso da água**. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2003.

FAO. **Economics of water allocation**. In: Economic Valuation of water resources in agriculture, FAO Water Report 27, Org. Turner, K.; Georgiou, S.; Clark, R.; Brouwer, R., Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2004.

FERGUSON, C. E. **Teoria Microeconômica**. 14º ed., Rio de Janeiro, Editora Forense Universitária. 1999.

FERNANDEZ, J., C.; GARRIDO, R. S. **O Instrumento de Cobrança pelo Uso da Água em Bacias Hidrográficas: uma Análise dos Estudos no Brasil**. *Revista Econômica do Nordeste*. Fortaleza, v.31, nº especial, p.604-628, 2000.

FERRAZ, C. A. L. **A Cobrança Pelo Uso e Poluição da Água: O Caso da Sub-Bacia do Rio de Ondas no Oeste da Bahia**. Brasília . UNB. 114p. Programa de Mestrado em Economia - Gestão do Meio Ambiente. 2008.

FERREIRA, A. L. C. J.; FERREIRA, L. R. Experiências internacionais de seguro rural: as novas perspectivas de política agrícola para o Brasil. *Revista Econômica*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 131-156, 2009.

FOLKE, C., HAHN, T., OLSSON, P., NORBERG, J. **Adaptive governance of socialecological systems**. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30: 441–73, 2005.

FOLKE, C.; CARPENTER, S.; ELMQVIST, T.; GUNDERSON, L.; HOLLING, C. S.; WALKER, B. Resilience and sustainable development: Building adaptive capacity in a world of transformations. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 31, n.5, p. 437-440, 2002.

FORMIGA-JOHNSON, R. M.; SCATASTA, M. **One Brazil? The Impact of Regional Differences on Brazil's New Water Management System: an Analysis**

**Implementation in the Paraíba do Sul and CuruRiver Basins.** In: Alaerts, G. (Org.), River Basin Management, Washington, Resources for Future.2002.

GALLOPÍN, G.C.A systemic synthesis of the relations between vulnerability, hazard, exposure and impact, aimed at policy identification. *In Economic Commission for Latin American and the Caribbean (ECLAC).Handbook for Estimating the Socio-Economic and Environmental Effects of Disasters.*ECLAC, LC/MEX/G.S., Box 1Mexico, D.F, 2003.

GARCIA, F. **Manual de economia política.** São Paulo: Nova Cultural, 1996.

GARRIDO, R. J. S. **A importância da cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão.** In: Notas para debate no seminário nacional de gerenciamento de recursos hídricos - Seção Ceará. Fortaleza: ABES. 1996.

GITMAN, L. **Princípios de administração financeira.** 10 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

GLASENAPP, B. **O contrato de swap e seus aspectos jurídicos e operacionais.** 2007. 75 f. Monografia (Magistratura), Escola Superior de Magistratura do rio grande do Sul, 2007.

GODET, M. **A caixa de ferramentas da prospectiva estratégica.** Lisboa: CEPES, n.1, 97p, 2000.

GONZÁLEZ, F. C.; MORCILLO, J. C. **Guía para la elaboración de planes de emergencia por sequía em sistemas de abastecimiento urbano.** Ministerio de Medio Ambiente: Asociación Española de abastecimientos de agua y saneamento. 83p. 2007.

GREEN, D. JACOWITZ, K.E., KAHNEMAN, D. and MCFADDEN, D. (1998). **Referendum contingent valuation, anchoring, and willingness to pay for public goods,** Resource and Energy Economics 20, 85-116.

GRIGG, N. S. **Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases.** New York: McGraw-Hill. 540p. 1996

GUIMARÃES, M. F.; NOGUEIRA. J. M. A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil? **RESR**, vol. 47, nº 01, p. 27-58, jan/mar 2009.

HALL, R. E.; LIEBERMAN, M. **Microeconomia: princípios e aplicações.** São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 603p. 2003.

HANEMANN, M.W. **Welfare evaluation contingent valuation experiments with discrete responses.** American Journal of Agricultural Economics, v. 66, n. 3, p. 332-341, aug. 1984.

HASHIMOTO, T., STEDINGER, J., LOUCKS, D. P. Reliability, resilience and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. **Water Resources Research**, 18 (1), pp.14-26. 1982.

HELLMUTH, M. E.; OSGOOD, D. E.; HESS, U.; MOORHEAD, A.; BHOJWANI, H; (eds). Index Insurance, development and disaster management: Prospects for development and disaster management. Climate and Society no. 2. **International Research Institute for Climate and Society (IRI)**, Columbia University, New York, USA. 2009.

HOLLING, C.S. Surprise for science, resilience for ecosystems and incentives for people. **Ecological Applications**, v. 6, n. 3, p. 733-735, 1996.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros de opções**. São Paulo: BM&F/Cultura, 1996.

**Implementation in the Paraíba do Sul and CuruRiver Basins**. In: Alaerts, G. (Org.), River Basin Management, Washington, Resources for Future.2002.

IPCC. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp. 2007.

JEWSON, S.; PENZER, J. **Weather derivative pricing and the normal distribution: comparing three fitting schemes using the out-of-sample log-likelihood scoring system**. 2006. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=944007> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.944007> >. Acesso em: 16. Fev. 2013.

JHA, A.; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century**. Washington: The World Bank. 2012.

JOHANSSON, R. C; TSUR, Y; ROE, T. L; DOUKKALI, R; DINAR, A. Pricing irrigation water: a review of theory and practice. **Journal of Water Policy**, n. 4. 2002.

JOST, J. T.; KAY, A. C. **Social justice: History, theory, and research**. In: Handbook of social psychology, 5ed., v.2. Fiske, S. T.; Gilbert, D. and Lindzey, G. (Eds), pp. 1122-1165. Hoboken, NJ: Wiley. 2010.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. **Econometrica**, v. 47, n. 2, pp. 263-292, 1979.

KELMAN, J. **Outorga e Cobrança de Recursos Hídricos**. In: Thame, A. C. de M.(org.), A Cobrança pelo Uso da Água, Cap. 5.2, São Paulo, IQUAL - Instituto de Qualificação e Editoração Ltda. 2000.

KELMAN, J.; RAMOS, M. **Custo, valor e preço da água utilizada na agricultura.** *Revista de Gestão de Água da América Latina*. Santiago, v. 2, n. 2, p. 39-48, jul-dez, 2005.

KHAN, A. S.; CRUZ, J. A. N.; SILVA, L. M. R.; LIMA, P. V. P. S. Efeito da Seca sobre a Produção, a Renda e o Emprego Agrícola na Microrregião Geográfica de Brejo Santo e no Estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza**, v. 36, nº 2, abr-jun. 2005.

KIMURA, H. **Comparação de modelos de precificação de derivativos climáticos: Análise histórica e simulação de Monte Carlo.** 2010. 57f. Monografia (Especialização), Pós - Graduação em Agronegócio, Universidade Federal do Paraná, 2010.

KNIGHT, F. H. **Risk, Uncertainty and Profit.** New York: Hart, Schaffner and Marx, 1921.

KOCHER, M.; SUTTER M. Individual versus group behavior and the role of the decision-making procedure in gift-exchange experiments. **Empirica**, v. 34, n. 1, p. 63-88, 2007.

\_\_\_\_\_. The decision maker matters: Individual versus team behavior in experimental beauty-contest games. **Economic Journal**, v. 115, n. 500, p. 200-223, 2005.

KRAEMER, A., JÄGER, F. "Country reports: Germany". In: **F. N. Correa (Ed) Selected Issues in Water Resources Management in Europe** 1.183-325p. A. A. Balkema, Rotterdam. 1998.

LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), **Cobrança pelo Uso da Água Bruta: Experiências Europeias e Propostas Brasileiras-** Relatório GPS-RE-011-RO. In: Projeto PROAGUA – Fortalecimento. 2001.

LABSID. **Modelo de Rede de Fluxo - Acquanet.** 2002. Universidade de São Paulo: Laboratório de Sistema de Suporte a Decisão. Disponível:<<http://www.labsid.eng.br/Programas.aspx>>Acesso em: 09. jan. 2013.

LANNA, A. E. Cobrança pelo uso da água. In: **de uma proposta de gerenciamento dos recursos hídricos da bacia do rio dos Sinos**, RS: Relatório interno. 36p. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.1995.

LAVELL, A., M. OPPENHEIMER, C. DIOP, J. HESS, R. LEMPERT, J. LI, MUIR-WOOD, R. E MYEONG, S. **Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience.** In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K.Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, andP.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I

and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 25-64, 2012.

LAYRARGUES, P. P. Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento sustentável: Evolução de um conceito?. **Proposta**, v.25, n.71, p.5-10, 1997.

LE QUESNE, T.; PEGRAM, G.; HEYDEN, C. V. D. Allocating scarce water: A primer on water allocation, water rights and water markets. **Water Security Series**, 44p. 2007.

LEBEL, L; ANDERIES, J.M.; CAMPBELL, B.; FOLKE, C.; HATFIELD-DODDS, S.;

LEIVA, A. J.; SKESS, J. R. Managing Irrigation Risk with Inflow-Based Derivatives: The Case of Rio Mayo Irrigation District in Sonora, Mexico. *American Agricultural Economics Association Annual Meeting*, Providence, Rhode Island, p. 24–27, 2005.

LEME, H. F. **Teoria de derivativos aplicada ao mercado brasileiro de energia elétrica: Avaliação e gestão de risco de contratos**. 2008. 367 f. Dissertação (Mestrado), Pós – Graduação em Estatística, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

LOPES, A. B.; LIMA, I. R. **Contabilidade e controle de operações com derivativos**. São Paulo: Thompson, 2003.

MA, Q. E. *et al.* Australia floods and their impacts on insurance. In: The Geneva Reports – Risk and Insurance Research n°5. **Extreme events and insurance horribilis**, The Geneva Association, 2012, 147p.

MACHADO, C. J. S. **A cobrança pelo uso da água: contribuição para a sua implementação no Estado do Rio de Janeiro**. Revista Rio de Janeiro, n. 9, p. 55-75, jan./abr. 2003.

MAGALHÃES, P. C. de, MARANHÃO, N., THOMAS, P., THOMAZ, F., CAMPOS, J. D. **Estudo comparativo de quatro metodologias para a cobrança pelo uso da água**. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2003.

MARTINEZ JÚNIOR, F. **Aplicação de instrumentos econômicos à gestão ambiental: introdução da cobrança pela utilização dos recursos hídricos no Estado de São Paulo**. 1997. 253 f. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MARTINEZ, A. P. Análise de custo-benefício na adoção de políticas públicas e desafios impostos ao seu formulador. **Revista de Direito Administrativo**, v.251, p. 29-58, 2009.

MAY, P. H. **Economia Ecológica, Aplicações no Brasil**. Rio de Janeiro. Ed. Campus, 1995.

McKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple time scales. In: 9th Conference on Applied Climatology. **American Meteorological Society**, Boston, p. 233-236, 1995.

McKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: 8th Conference on Applied Climatology. **American Meteorological Society**, Boston, p. 179-184, 1993.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Plano Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH): **Águas para o Futuro, Cenários de Recursos Hídricos para o Brasil 2020**. Brasília, MMA/SRH, v.3, 2005.

MONTANO, P. F. **O uso de contratos derivativos como instrumento de gestão de risco na indústria de energia elétrica**. 2004. 51f. Monografia (Graduação), Bacharelado em Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

MORAES, F. S. B. A regulação do mercado brasileiro de derivativos. **Revista da SIRJ**, n. 26, p. 247 – 259, 2009.

MOREIRA, R. M. **Alocação de recursos hídricos em regiões semi-áridas**. 2001. 119f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2001.

MOTTA, R. S.. **Manual de valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: MMA, 1998.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, v. 26, n. 74, p. 51 – 74, 2012.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Managing Information Security Risks**. United States: NIST Special Publication 800-39, 2011, 88p.

NOGUEIRA, J.,M.;PIZAIA,M.;SANTOS, D.**O Preço da Água: Contribuições para a Análise da Economia Ambiental**. In: anais do Workshop Internacional de dinâmicas Territoriais. Brasília, DF. 2001.

OLIVEIRA, M. C. **Modelos de Alocação e Realocação de Água: um estudo de caso do programa “águas do vale” nos rios Jaguaribe e Banabuiú**. Especialização em Gestão dos Recursos Hídricos e Infraestrutura Hidráulica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

OSGOOD, D. E.; MCLAURIN, M.; CARRIQUIRY, M.; MISHRA, A.; FIONDELLA, A, *et al.* **Designing Weather Insurance Contracts for Farmers in Malawi, Tanzania and Kenya**. New York: International Research Institute for Climate and Society Earth Institute (IRI), Columbia University, Final Report to the Commodity Risk Management Group, ARD and World Bank, 2007.

PATT, A.; PETERSON, N.; CARTER, M.; VELEZ, M. HESS, U. Making Index Insurance Attractive to Farmers. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.14, n.8, p. 737 – 753, 2009.

PATT, A.; SUAREZ, P.; HESS, U. How do Smallholder Farmers Understand Insurance and How much do they want it? Evidence from Africa. **Global Environmental Change**, v. 20, n. 1, p. 153 – 161, 2010.

PENTEADO, F. **Apostila de gestão de riscos jurídicos e financeiros**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 160 p. 2011.

PEREIRA, J. S. **Análise de critérios de outorga e cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio Sinos, RS**. Porto Alegre: UFRGS - Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. 110p. Diss. de Mestrado em Engenharia Civil.1996.

PESSOA, C. A. P.; FONTES, A. T.; SOUZA, M. P. **A cobrança sobre os usos da água: instrumento econômico ou fonte de arrecadação?** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., 2001, Aracaju. *Anais...* Aracaju: ABRH, 2001.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. Ed. Prentice-Hall Brasil, 6ª ed., 672p. 2005.

PINHEIRO, J. C. V; SHIROTA, R. **Determinação do preço eficiente da água para irrigação no projeto Curu-Paraipaba**. *Revista Econômica do Nordeste*. Fortaleza, v. 31, n. 1, p. 36-47, jan-mar, 2000.

PLATEN, E.; WEST, J.A fair pricing approach to weather derivatives. **Asia-Pacific Financial Markets**, v. 11, p. 23–53, 2005.

POMPEU, I. G. Direito e economia, estudo interdisciplinar. In: XXIII Congresso Nacional do CONPEDI/UNINOVE, **Anais...**, São Paulo, 2005.

RAMOS, M. **Gestão de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água**. Fundação Getulio Vargas - EBAP, Escola Brasileira de Administração Pública. 61p.Rio de Janeiro - RJ. 2007.

REDE DE CONECIMENTO DO CLIMA E DESENVOLVIMENTO. **Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe**: Lições do relatório SREX. CDKN, 2012, 24p.

REIS, F. C. dos. **Estudo de uma proposta de vazão de referência  $Q_{90}$  para o rio Formoso na Bacia do Araguaia**. UFT - Universidade Federal do Tocantins, monografia de graduação em Engenharia Ambiental. 53p. Palmas - TO. 2010.

RIBEIRO, F. W. **Proposta de modelo tarifário de água bruta para estados do Nordeste brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. **Instrumentos regulatórios e econômicos: aplicabilidade à gestão das águas e à bacia do rio Pirapama - PE**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 41-70, out-dez, 2001.

RIBEIRO, M.M. R.; LANNA, A.E. L.; PEREIRA, J. S. **Elasticidade-Preço da Demanda e Cobrança pelo Uso da Água**. In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, ABRH. 1999.

ROA-GÁRCIA, M. C. Equity, efficiency and sustainability in water allocation in the Andes: Trade-offs in a full world. **Water Alternatives**, v. 7, n.2, p. 298-319, 2014.

ROBERTSON, A. W. et al. Climate risk management for water in semi-arid regions. **Earth Perspectives**, p. 1-12, 2014.

ROCHA, M. D.; CASTRO, B. J. D. Avaliação de projetos de investimento em sistemas de abastecimento de água: o caso de Anápolis, Goiás. In: VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, **Anais...**, Cuiabá, p. 2-13, 2009.

RODRIGUES, J. A. **Gestão de Risco Atuarial**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2008, 442p.

ROSA, G. F. C. Jeremy Bentham e a constituição do conceito de direito no pensamento jurídico moderno. **Revista Estudos Jurídicos UNESP**, v. 14 n.20, p. 1-34, 2010.

RUS, I.; BIFFL, S.; HALLING, M. **Systematically Combining Process Simulation and Empirical Data in Support of Decision Analysis in Software Development**. In: *Proceeding of the SEKE'02*, pp. 827-833, Itália, 2002.

SALAS, J. D; HALL, W. A.; SMITH, R. A. **Disaggregation and aggregation of water system**. In: Operation of complex water systems, Erice, Italy, 399p. 1981.

SANTOS, A. B. RABELO, R. R. **Cultivo do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins**.

SANVICENTE, A. Z. **Derivativos**. São Paulo: Publifolha, Coleção Biblioteca Valor, 2003.

SCHAEFER, J. T. The Critical Success Index as an indicator of warning skill. **Weather and Forecasting**, n. 5, p. 570-575, 1990.

SEINF, Secretaria de Recursos da Infra Estrutura. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do Tocantins**. Palmas, Tocantins, 2009, 251p.

SEROA DA MOTTA, R. **Utilização de Critérios Econômicos para a Valorização da Água no Brasil**. In: Projeto PLANAGUA-SEMA/GTZ, Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Rio de Janeiro. 1998.

SHUKLA, S.; WOOD, A. W. Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought. **Geophysical Research Letters**, 35, L02405, 2008. doi:10.1029/2007GL032487

SKEES, J. R.; BARNETT, B.J. Conceptual and practical considerations for sharing catastrophic risks. **Review of Agricultural Economics**, v.21, n.2, p.424-441, 1999.

SKEES, J. R.; COLLIER, B. **The Potential of Weather Index Insurance for Spurring a Green Revolution in Africa**. Lexington: Global Ag Risk Inc, 2008. Disponível em: <[http://globalagrisk.com/Pubs/2008\\_Skees%20and%20Collier\\_AGRA%20Paper%20on%20Weather%20Insurance.pdf](http://globalagrisk.com/Pubs/2008_Skees%20and%20Collier_AGRA%20Paper%20on%20Weather%20Insurance.pdf)>. Acesso em: 14 fev. 2013.

SKESS, J. R. Innovations in Index Insurance for the Poor in Lower Income Countries. **Agricultural and Resource Economics Review**, v. 37, n.1, p. 1-15, 2008.

SKESS, J. R.; LEIVA, A. J. **Analysis of risk instruments in an irrigation sub-sector in México**. Lexington: Global Ag Risk Inc. 72p. 2005.

SOARES, I. M. **Gestão de recursos hídricos e ação coletiva: uma análise da efetivação da cobrança pelo uso da água**. 2009. 157 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciência Política, Universidade Federal de Minas Gerais. 2009.

SOUZA FILHO, F. A. **Alocação de Água Sazonal e Anual: Modelos Matemáticos, Experimentação Comportamental e Justiça Alocativa**. 2005. 439 f. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2005.

SRH – SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ. **Proposta de modelo tarifário nos vales perenizados dos rios Jaguaribe e Banabuiú**. Relatório Técnico 7. Fortaleza: SRH/COGERH, 2002.

SRH. **Estudos para a definição e implementação da política tarifária de água bruta no estado do Ceará: 5º Relatório**. PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH. 2002a.

THOMAS, P.T., **Proposta de uma Metodologia de Cobrança pelo Uso da Água Vinculada à Escassez**. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Brasil**. Global Water Partnership. 2004.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Risco de Desastres Naturais**. 2012. Disponível em :<<http://rhama.net/wordpress/?p=184>>. Acesso em: 30. Nov. 2014.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. The framing of decisions and the psychology of choice. **Science**, v.211, n. 4481, p. 453 – 458, 1981.

UFC/COGERH. **Relatório dos Estudos de regionalização de parâmetros de modelo hidrológico chuva-vazão, para as bacias totais e incrementais dos reservatórios monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos**. Convênio UFC/COGERH/FCPC, Fortaleza, 2013, 24p.

USAID. **Adapting to climate variability and change: A guidance manual for development planning**. Washington, DC: United States Agency for International Development (USAID), WALPOLE, R., 2007.

VAN DER LEEUW, S.; ASCHAN-LEYGONIE, C. **A long-term perspective on resilience in socio-natural systems**. Workshop: System shocks - system resilience. Sweden, 2002.

VIEIRA JUNIOR, *et al.* Um Modelo Integrado de Gestão do Risco Agrícola para o Brasil. **Rev. Bras. de Risco e Seguro**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 1 - 40, 2009.

VIEIRA, V. P. P. B. **Análise de risco em recursos hídricos**: Fundamentos e aplicações. Porto Alegre: Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 10, 372p. 2005.

WALKER, B.; HOLLING, C.S., CARPENTER, S.R. e KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. **Ecology and Society**, v. 9, n. 2, 2004.

WALKER, B.; HOLLING, C.S., CARPENTER, S.R. e KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. **Ecology and Society**, v. 9, n. 2, 2004.

WILHITE, D. A.; Hayes M. J.; Knutson, C.; Smith K. H. Planning for drought: moving from crisis to risk management. **Journal of the American Water Resources Association**, 36(4), p. 697–710, 2000.

WORLD BANK. **Water Resources Management**. In: A World Bank Policy Paper. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Washington, D.C., 141p. 1993.

ZAMBONETI, M. **Tomada de decisão em grupo e individual: uma análise da existência do efeito da disposição**. 2009. 74 f. Monografia (Graduação), Bacharelado em ciências Econômicas, universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

ZAVAGLIA, A. R.; MASTELLA, M.; KLOECKNER, G. O. Rentabilidade dos contratos futuros e de opções das commodities agrícolas soja e milho frente o mercado à vista. In: VIII Congresso Virtual Brasileiro de Administração, **Anais...**, p. 2 - 18, 2008



Rua Silva Jatahy, Nº 15, Ed. Atlantic Center, 7º Andar  
Meireles - Fortaleza/CE  
CEP.: 60.165-070  
Fone / Fax: (85) 3198.5000  
[ibi@ibiengenharia.com.br](mailto:ibi@ibiengenharia.com.br)