

## Artigo Técnico

# Uso de cadeia causal na análise institucional da gestão de recursos hídricos em reservatório no semiárido da Paraíba

*Use of causal chain for an institutional analysis of water resources management in a semiarid reservoir in Paraíba*

Pedro Hugo Pereira da Silva<sup>1</sup>, Márcia Maria Rios Ribeiro<sup>2</sup>, Livia Izabel Bezerra de Miranda<sup>3</sup>

## RESUMO

O Reservatório Epitácio Pessoa constituiu-se na segunda maior reserva hídrica do Estado da Paraíba tendo sido utilizado para o abastecimento urbano, irrigação e atividades de pesca. Nos últimos 15 anos, o reservatório enfrentou dois episódios de grande depleção do seu volume armazenado devido à ocorrência de eventos de seca extrema e problemas na sua gestão. Nesse contexto, buscou-se avaliar o caso do Reservatório Epitácio Pessoa sob o aspecto institucional da gestão dos recursos hídricos em três períodos que representam a alta variabilidade climática da região (períodos secos e chuvosos) na qual se insere o reservatório. A definição da proposta metodológica da presente pesquisa descreve o diagnóstico da gestão dos recursos hídricos e a utilização do método de Análise da Cadeia Causal (ACC). Foram consideradas causas técnicas, político-gerenciais e socioeconômico-culturais. A pesquisa conclui que a falta de definição de estratégias capazes de minimizar eventuais riscos de colapso do manancial deu-se pela atuação frágil das entidades em exercer suas funções de forma coordenada, articulada e integrada. Os resultados da pesquisa mostram que há uma tendência de agravamento da problemática.

**Palavras-chave:** gestão de recursos hídricos; política hídrica; escassez de água.

## ABSTRACT

The Epitacio Pessoa Reservoir is the second largest water reserve in the State of Paraíba. It has been used for urban water supply, irrigation and fishing activities. In the last 15 years, this reservoir has faced two episodes of great depletion of its storage volume due to the occurrence of extreme drought events and problems in its management. An evaluation of Epitacio Pessoa Reservoir was performed under the institutional aspect of water resources management in three periods representing the high climatic variability in the region (dry and rainy periods) in which the reservoir is located. The definition of the proposed methodology of this study describes the diagnostic of water resources management and the use of the Causal Chain Analysis (ACC) methodology. The study considered technical, political-managerial and socio-economic-cultural causes. The research concludes that the lack of definition of strategies, which could be capable of minimizing eventual risks of reservoir be collapsed, occurred due to the weak performance of the entities on exercising their functions in a coordinated, articulated and integrated way. The results show there is a trend of the problem be worsened.

**Keywords:** water resources management; water policy; water shortage.

## INTRODUÇÃO

Garantir a gestão integrada dos recursos hídricos é um processo que envolve diversos atores em diferentes subsistemas projetados para resolver os problemas associados às questões ambientais, sociais e econômicas na bacia hidrográfica. Isso mostra a complexidade dos usos múltiplos da água e a necessidade de integrá-los, considerando os efeitos das decisões de gestão sobre esses usos.

A alocação justa e a proteção dos recursos hídricos devem encontrar equilíbrio em uma estrutura integrada de gestão e governança (BOGARDI *et al.*, 2012).

O *Global Water Partnership* – GWP (2004) identificou as necessidades de mudança no quadro geral de governança da água, agrupando-as em:

1. ambiente propício (políticas, quadro legislativo, de financiamento e estruturas de incentivo);

<sup>1</sup>Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) – Campina Grande (PB), Brasil. Engenheiro Ambiental pela UFCG – Pombal (PB), Brasil.

<sup>2</sup>Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre (RS), Brasil. Professora do Departamento de Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental na UFCG – Campina Grande (PB), Brasil.

<sup>3</sup>Doutora em Desenvolvimento Urbano pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife (PE), Brasil. Professora do Departamento de Engenharia Civil do Curso de Arquitetura e Urbanismo na UFCG – Campina Grande (PB), Brasil.

**Endereço para correspondência:** Pedro Hugo Pereira da Silva – Rua Derlópidas Gomes Neves, 225 – Bancários – 58051-260 – João Pessoa (PB), Brasil – E-mail: pheng.ambiental@gmail.com

**Recebido:** 22/05/15 – **Aceito:** 21/07/16 – **Reg. ABES:** 149982

2. papéis institucionais definidos (estrutura organizacional, capacidade de construção de instrumentos); e
3. gestão institucional (avaliação e planejamento dos recursos hídricos, gerenciamento de demanda, instrumentos de mudança social, resolução de conflitos, instrumentos de regulação etc.).

Cada uma dessas áreas tem o potencial de contribuir para o uso mais justo, eficiente e sustentável da água.

No Brasil, a Lei nº 9.433/1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH). Baseada em princípios norteadores e considerada um mecanismo institucional moderno e inovador, a PNRH propõe, entre os seus princípios:

1. a água como bem de domínio público;
2. um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
3. em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação animal;
4. a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

5. a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do SINGREH; e
6. a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

A PNRH definiu seis instrumentos, considerados necessários à plena eficácia das ações de planejamento e gestão: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes; a outorga de direito de uso; a cobrança pelo uso da água bruta; e o sistema de informação sobre recursos hídricos, bem como a compensação a municípios, cujas disposições pertinentes foram vetadas.

Elabras-Veiga e Magrini (2013), analisando a implementação do modelo brasileiro de gestão de recursos hídricos ao longo dos últimos 15 anos, concluíram que maiores esforços são necessários para a plena implementação dos instrumentos, diretrizes e alcance dos objetivos da PNRH, além do fortalecimento do SINGREH.

A Figura 1 mostra as entidades componentes do SINGREH. Dentre os colegiados, estão o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH),

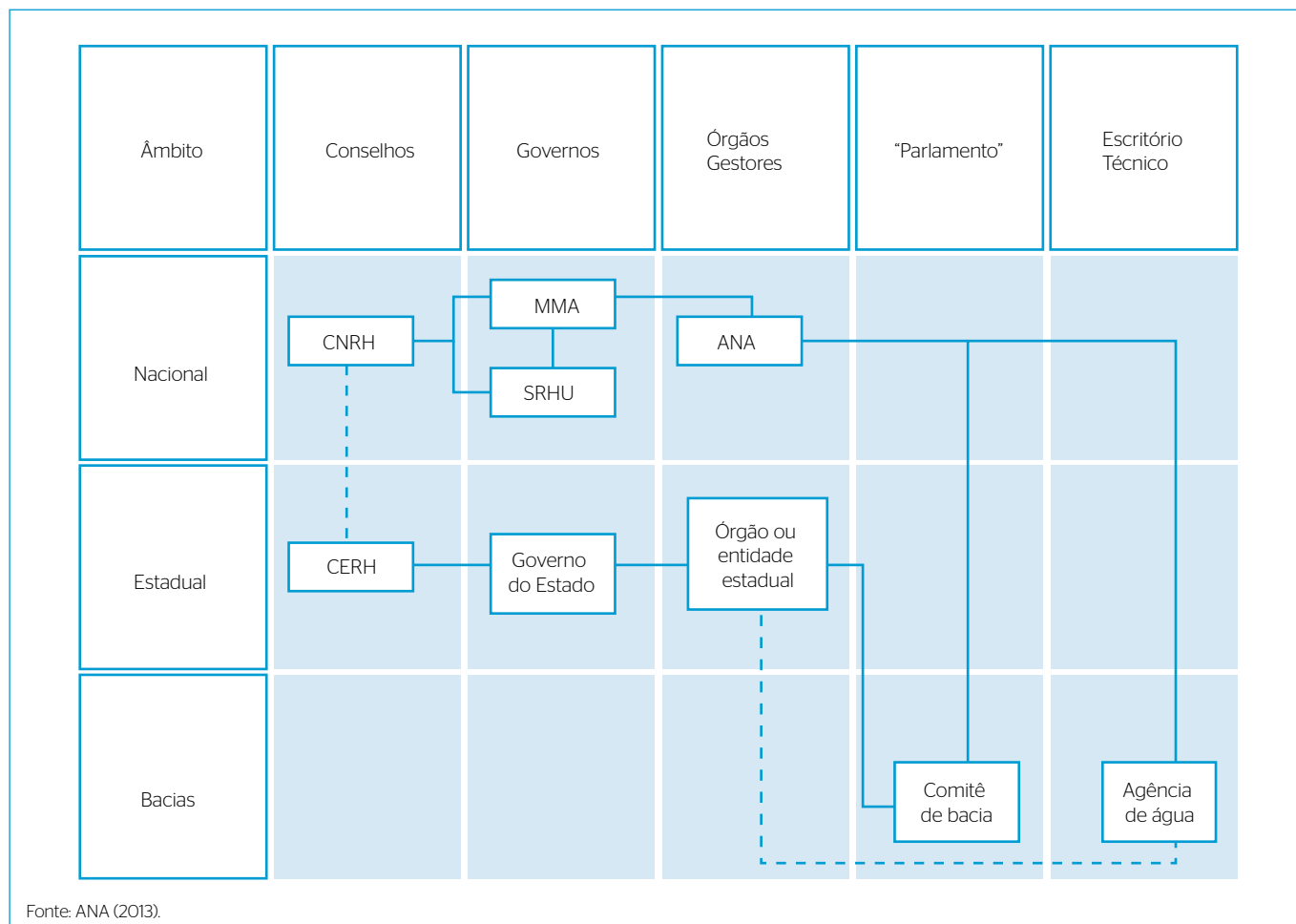


Figura 1- Matriz institucional do SINGREH.

o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-PB) e os comitês de bacia (podendo ser de rio de domínio da União — quando o rio atravessa mais de um estado da Federação ou de rio de domínio do estado — quando o rio se insere totalmente em um estado). No SINGREH são previstas “agências de água” (também chamadas de “agências de bacia”) que são secretarias executivas dos comitês. Os órgãos gestores de recursos hídricos são a Agência Nacional de Águas (ANA) e as respectivas agências estaduais. Na esfera governamental, o SINGREH está vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), no qual se insere a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU).

Na presente pesquisa analisou-se a gestão dos recursos hídricos de um reservatório situado na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Norte (no Estado da Paraíba), o Reservatório Público Epitácio Pessoa (conhecido por “Açude Boqueirão”). Apesar de localizarem-se em uma bacia estadual, as águas do reservatório são de domínio da União por ele ter sido construído com recursos federais. A pesquisa tem ênfase na análise do desempenho institucional dos órgãos do SINGREH envolvidos na questão, utilizando como ferramenta a Análise da Cadeia Causal (ACC). Dois aspectos principais foram considerados para direcionar o estudo:

1. os períodos de escassez hídrica e a contribuição para diminuição acelerada do volume de água acumulado; e
2. a atuação dos órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos do açude Boqueirão.

## Explorando cadeias causais

É fundamental que os planejadores envolvidos na gestão dos recursos hídricos procurem entender a complexidade dos processos de mudança em seu sistema (objeto de estudo), incluindo a forma como estes são influenciados por medidas políticas ou fatores externos autônomos (TUJCHNEIDER *et al.*, 2013). Entre as relações de causa-efeito, que impulsionam os problemas de gestão de recursos ambientais, tem-se como um dos principais desafios a instituição de medidas adequadas para remediação ou mitigação de impactos.

O modelo conceitual da ACC (*Causal Chain Analysis*) originalmente proposto para o projeto *Global International Waters Assessment* (GIWA) do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), financiado pelo *Global Environmental Facility* (GEF), tem como objetivo geral desenvolver um arcabouço conceitual e estratégico, a fim de identificar as prioridades de ações corretivas e mitigadoras em águas internacionais (GIWA, 2002).

A cadeia causal é construída a partir do conhecimento dos problemas ambientais prioritários (*concerns*) e seus respectivos aspectos associados (*issues*), conforme ilustrado na Tabela 1. Além disso, tem sido utilizada de forma sistemática e prática para identificar e compreender a complexidade de fatores causais que conduzem os problemas hídricos e da degradação dos recursos naturais, sendo constituída de sucessivas

respostas à questão “Por quê?” ou “Qual é a causa?” (MARQUES, 2002; CHAMAS & SCHEIBE, 2009).

Segundo a metodologia exposta em GIWA (2002), os componentes da ACC se constituem nos problemas e aspectos ambientais, nas causas imediatas, setoriais e raízes, nos impactos ambientais e socioeconômicos associados.

O método da ACC pode oferecer subsídios para melhor identificar e compreender os problemas que afetam os ambientes aquáticos, a fim de apoiar os tomadores de decisão na formulação de opções políticas socialmente justas e ambientalmente equilibradas (BELAUSTEGUIGOITIA, 2004). Trata-se de uma abordagem orientada para as questões políticas e que poderá sofrer adaptações para se adequar às características locais.

Constituindo-se em uma ferramenta importante para delinear a formulação de políticas, a ACC tem sido aplicada em situações complexas envolvendo diferentes sistemas. Em estudo sobre enchentes, por exemplo, Wang *et al.* (2011) analisaram o problema das inundações sob condições de natureza transfronteiriça no Lago Taihu, localizado em uma região desenvolvida na costa leste da China. Nesse exemplo, a cadeia causal e a Análise do Diagnóstico

**Tabela 1 - Problemas ambientais e seus respectivos aspectos, segundo a metodologia do projeto GIWA PNUMA/GEF.**

Problemas ambientais	Aspectos ambientais
I. Escassez de água doce	1. Modificação de vazão 2. Poluição das fontes de abastecimento existentes 3. Mudanças no nível freático
II. Poluição	1. Microbiológica 2. Eutrofização 3. Química 4. Sólidos em suspensão 5. Resíduos sólidos 6. Térmica 7. Radionuclídeos 8. Vazamentos
III. Modificação de <i>habitat</i> e comunidades	1. Perda de ecossistemas 2. Modificação de ecossistemas, incluindo estruturas de comunidades e/ou composição de espécies
IV. Exploração não sustentável de recursos pesqueiros e outros recursos vivos	1. Sobrepesca 2. Captura incidental e descarte excessivos 3. Práticas de pesca destrutiva 4. Redução da viabilidade dos estoques devido a poluição e doenças 5. Impacto na diversidade biológica/genética
V. Mudanças globais	1. Mudanças no ciclo hidrológico 2. Mudanças no nível do mar 3. Aumento da radiação UV-b devido à destruição da camada de ozônio 4. Mudanças na função do oceano como fonte e sumidouro de CO <sub>2</sub>

Fonte: Adaptado de GIWA (2002).

Transfronteiriço (ATD) apresentaram-se como instrumentos eficazes por possibilitarem encontrar respostas sociais sobre os problemas relacionados à água.

Em outro caso, na Ilha do Campeche, Brasil, Chamas e Scheibe (2009) avaliaram a degradação ambiental sob a análise das práticas de gestão do patrimônio arqueológico e paisagístico, identificando problemas de escassez de água, poluição e outros. A aplicação da ACC proporcionou uma base sólida para análise das opções políticas que podem ser tomadas para implementar uma gestão sustentável e autônoma de um bem público, além de identificar tendências e, portanto, interromper os processos destrutivos. Já na Bacia Hidrográfica do rio Doce, Brasil (UNEP, 2004), foram identificados como principais problemas na ACC: a poluição e a modificação das comunidades de *habitats*. A multiplicidade de entidades e setores que atuam na bacia resultou nas dificuldades encontradas para promover o equilíbrio e a harmonização de interesses, caracterizando a falta de articulação institucional.

Apesar das aplicações distintas, os estudos realizados apontaram os mecanismos decisórios como uma fórmula de conduzir novas práticas de uso sustentável dos recursos naturais direcionados à melhoria da qualidade ambiental. Nessa perspectiva, buscou-se avaliar o caso do Reservatório Epitácio Pessoa (PB) sob o aspecto institucional da gestão dos recursos hídricos usando a Análise da Cadeia Causal.

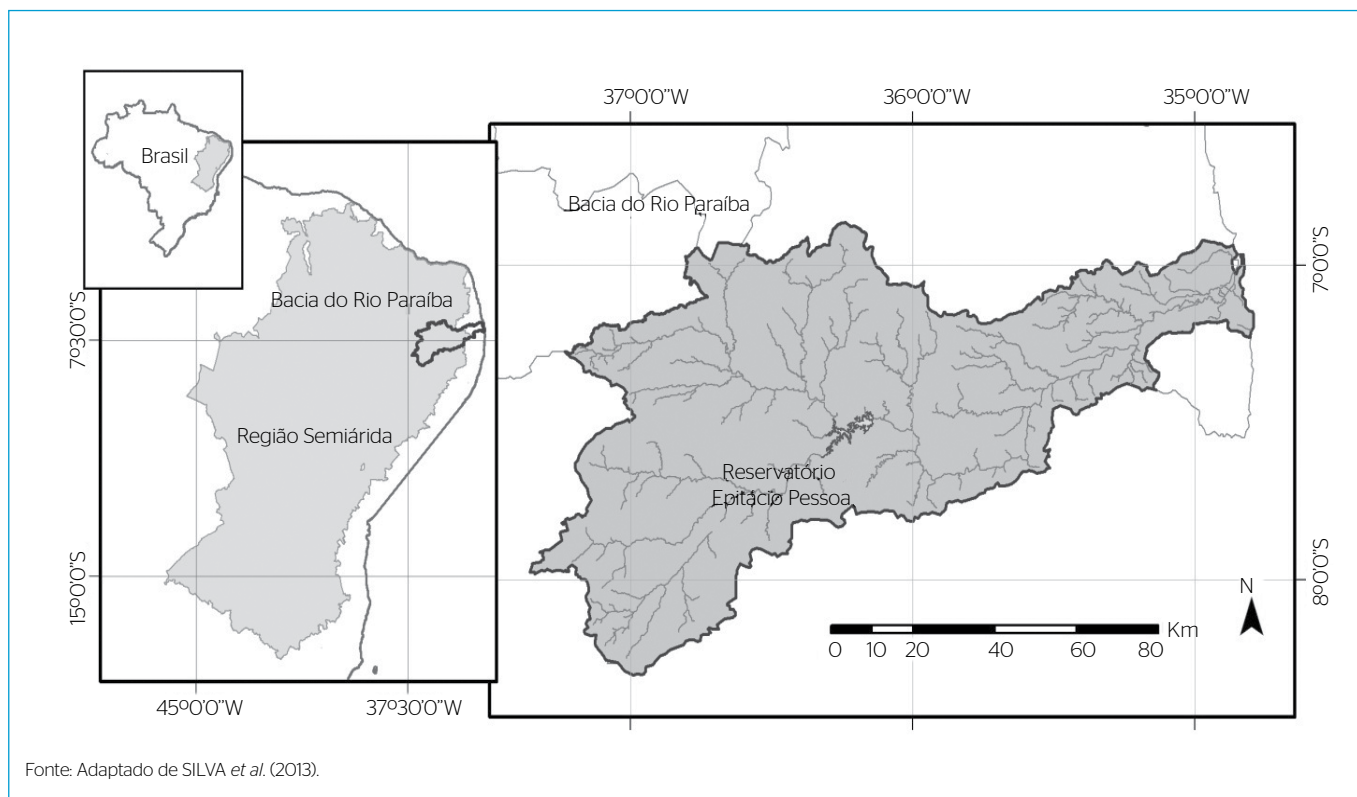
## Caso de estudo

Construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) na década de 1950, o Reservatório Epitácio Pessoa (com volume de projeto máximo de 536 hm<sup>3</sup>) localiza-se na porção semiárida da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Norte (20.127,17 km<sup>2</sup>), na Paraíba (Figura 2). Historicamente, vários fatores têm gerado problemas de utilização dos recursos hídricos na bacia, dentre eles a variabilidade climática e a má gestão entre a oferta e a demanda hídrica (GALVÃO *et al.*, 2001; VIEIRA & RIBEIRO, 2010).

Na pesquisa, optou-se por analisar três períodos que representam a alta variabilidade climática da região na qual se insere o Reservatório Epitácio Pessoa. Os acontecimentos associados a esses períodos (de ordem hidrológica, mas, sobretudo, político-institucional) são elementos muito importantes para a Análise da Cadeia Causal.

### Período seco (1998 a 2003)

O Reservatório Epitácio Pessoa, hoje, com capacidade de armazenagem máxima de 411,7 hm<sup>3</sup> em função de assoreamento ocorrido ao longo do tempo, constitui-se na segunda maior reserva hídrica da Paraíba, tendo sido utilizado para o abastecimento urbano, irrigação e atividades de pesca. Em 1998 e 1999, devido a uma grave seca, o abastecimento urbano foi fortemente restringido, resultando em consequências dramáticas à sociedade, dentre as quais, o racionamento de água



**Figura 2** - Localização da Bacia do rio Paraíba do Norte com o Reservatório Epitácio Pessoa.

por três episódios consecutivos (RÊGO *et al.*, 2001). Houve, também, o fechamento da descarga de fundo do Reservatório e a proibição da prática de irrigação (por medida judicial) em razão de “Ação Cautelar contra o DNOCS” pelo Ministério Público Estadual. Naquela época, o DNOCS, autarquia federal responsável pelo Reservatório, assumia o papel de órgão gestor de suas águas. A causa primordial da “crise” foi atribuída por Rêgo *et al.* (2001) à completa ausência de gerenciamento da bacia hidrográfica, assim como do manejo do Reservatório sem nenhum apoio em informações seguras e atualizadas.

### Período normal-chuvoso (2004 a 2011)

Com o início do ciclo úmido em 2004, o Reservatório retornou ao seu nível máximo de acumulação. A irrigação continuou proibida, sendo liberada por sentença judicial em 2007. Nesse período, as ações empreendidas pela ANA (Órgão Gestor Federal de Recursos Hídricos, integrante do SINGREH e, portanto, responsável pelas outorgas dos direitos de uso da água em corpos hídricos de domínio da União – caso do reservatório em estudo) não foram efetivas na implantação de instrumentos necessários ao correto gerenciamento do manancial (RÊGO *et al.*, 2013).

O histórico de emissão das outorgas de direito de uso dos recursos hídricos (Tabela 2) mostra que apenas a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) teve (e tem) outorga vigente. Entretanto, a irrigação se fez presente durante o período enquanto usuária das águas do Reservatório – mesmo em condição ilegal, isto é, sem ter o direito de usar aquelas águas.

Além de permitir usuários sem outorga (os irrigantes), chama a atenção que a Resolução ANA 295/2005 expirou em julho de 2008. Dessa data até julho de 2012 (quatro anos), a CAGEPA fez uso da água

do Reservatório sem possuir a respectiva outorga. As Resoluções de outorga 302 e 303, ambas de 2012, autorizam a CAGEPA a usar uma vazão total de 1,301 m<sup>3</sup>/s. Esse valor é superior ao estabelecido como a vazão regularizável (a máxima liberação que se pode retirar de um reservatório de forma segura) para o Reservatório pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos (PARAÍBA, 2006), que é de 1,230 m<sup>3</sup>/s. Além do valor de outorga ser superior à vazão regularizável, as retiradas de água do Reservatório ultrapassavam os valores outorgados (Tabela 3).

### Período seco (2012 a 2014)

A partir de 2012, iniciou-se um novo ciclo de escassez hídrica na região semiárida brasileira, o que fez retornar as expectativas com relação à segurança hídrica da população abastecida pelo Reservatório Epitácio Pessoa. Com a estiagem se prolongando pelos anos de 2013 e 2014 (e, também, se configurando em 2015), o volume armazenado pelo Açude prosseguiu em contínuo declínio (SILVA *et al.*, 2014) – repetindo a crítica situação já vivenciada em 1998-2003.

Caso a gestão dos recursos hídricos do Reservatório estivesse sendo realizada de maneira eficiente desde 2012, com as retiradas limitadas ao usuário outorgado (CAGEPA) e aos valores outorgados (vazão outorgada de 1,301 m<sup>3</sup>/s), a população abastecida se encontraria em uma posição mais confortável quanto ao risco de colapso. Tal fato pode ser observado na Figura 3. O nível de alerta (que corresponde a 24% da capacidade máxima) teria sido alcançado apenas no início de junho de 2015. Em agosto de 2015, o Reservatório teria estado com, aproximadamente, 19 milhões de metros cúbicos acima do seu volume real naquele mês (NUNES, 2015). O comportamento dos volumes (simulado e real) define a situação representada pelas linhas pontilhadas em azul - nível de alerta: valor adotado como referência para início do racionamento d'água - e nível de colapso: valor estratégico definido com base para sustentabilidade hídrica.

Nesse cenário, o órgão gestor de recursos hídricos exigiu da CAGEPA um programa de redução de perdas que incluísse a instalação de medidores; substituição de tubulações, hidrômetros, entre outros. No caso da

**Tabela 2** - Histórico de outorgas emitidas no Reservatório Epitácio Pessoa (1998-2012).

Mecanismo institucional	Vigência	Usuário outorgado	Finalidade	Vazão outorgada
Portaria SRH/MMA n. 48, de 14/12/1998	15 anos	SEMARH-PB	Abastecimento Público	0,071 (m <sup>3</sup> /s)
Resolução ANA n. 295, de 19/07/2005	3 anos	CAGEPA	Abastecimento Público	1,469 (m <sup>3</sup> /s)
Resolução ANA n. 302, de 09/07/2012	3 anos	CAGEPA	Abastecimento Público	0,071 (m <sup>3</sup> /s)
Resolução ANA n. 303, de 09/07/2012	3 anos	CAGEPA	Abastecimento Público	1,230 (m <sup>3</sup> /s)

Nota: SRH/MMA: Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente; SEMARH-PB: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Ciência e Tecnologia da Paraíba.

Fonte: Adaptado de RÊGO *et al.* (2013).

**Tabela 3** - Resumo das disponibilidades, vazão outorgada e retirada de água (em 2012) do Reservatório Epitácio Pessoa.

Usuários	Vazão outorgada (m <sup>3</sup> /s)	Vazão retirada (m <sup>3</sup> /s)	Disponibilidade hídrica (m <sup>3</sup> /s)
CAGEPA	1,301	1,44	Galvão (2002) 1,300
Irrigantes	Não tem	0,95	PERH-PB (2006) 1,230
Totais	1,301	2,39	ANA (2009) 1,850

Fonte: Adaptado de RÊGO, GALVÃO e ALBUQUERQUE (2012).

atividade agrícola, foi realizado o cadastramento dos agricultores instalados às margens do Reservatório, sendo estabelecidas algumas regras para reduzir o consumo de água, e, assim, permitir a manutenção dos plantios.

Após a ausência de aporte hídrico significativo no Reservatório, o órgão gestor passou a reconhecer o abastecimento humano como uso prioritário, atendendo à PNRH (Lei nº 9.433/1997, art. 1º, inc. III), optando em cessar por completo a irrigação no Reservatório, fato este ocorrido apenas em julho de 2014.

Mais recentemente, foram anunciadas outras medidas para reduzir o consumo de água do abastecimento urbano. A CAGEPA divulgou o cronograma de execução do plano de racionamento de água para a cidade de Campina Grande (iniciado desde dezembro de 2014), com interrupções no fornecimento de água por 36 horas consecutivas atingindo apenas os finais de semana, além de outros meios de contingenciamento de perdas em todo o sistema.

Em todo esse processo, importantes órgãos do SINGREH, como o Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Norte – CBH/PB (instalado desde 2007) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) pouco chegaram a discutir a problemática envolvida na gestão

das águas do manancial (RIBEIRO, VIEIRA e RIBEIRO, 2012). O mesmo comitê (CBH/PB) que discutira e aprovara, entre 2007 e 2008, o polêmico instrumento da cobrança pelo uso da água bruta se ausenta de exercer o papel de árbitro em primeira instância dos conflitos da Bacia do rio Paraíba do Norte (função lhe atribuída pela Lei nº 9.433/1997).

## METODOLOGIA

A definição da proposta metodológica da presente pesquisa descreve os procedimentos de duas fases distintas:

1. diagnóstico da gestão dos recursos hídricos do Reservatório Epitácio Pessoa no período de 1998 a 2014; e
2. utilização do método de Análise da Cadeia Causal.

O diagnóstico da gestão dos recursos hídricos do açude Boqueirão refere-se à dupla dominialidade das águas e do arranjo das entidades institucionais envolvidas. Nessa fase, foram considerados os componentes do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, seguindo, principalmente, os arranjos institucionais e como eles, de fato, são estruturados e

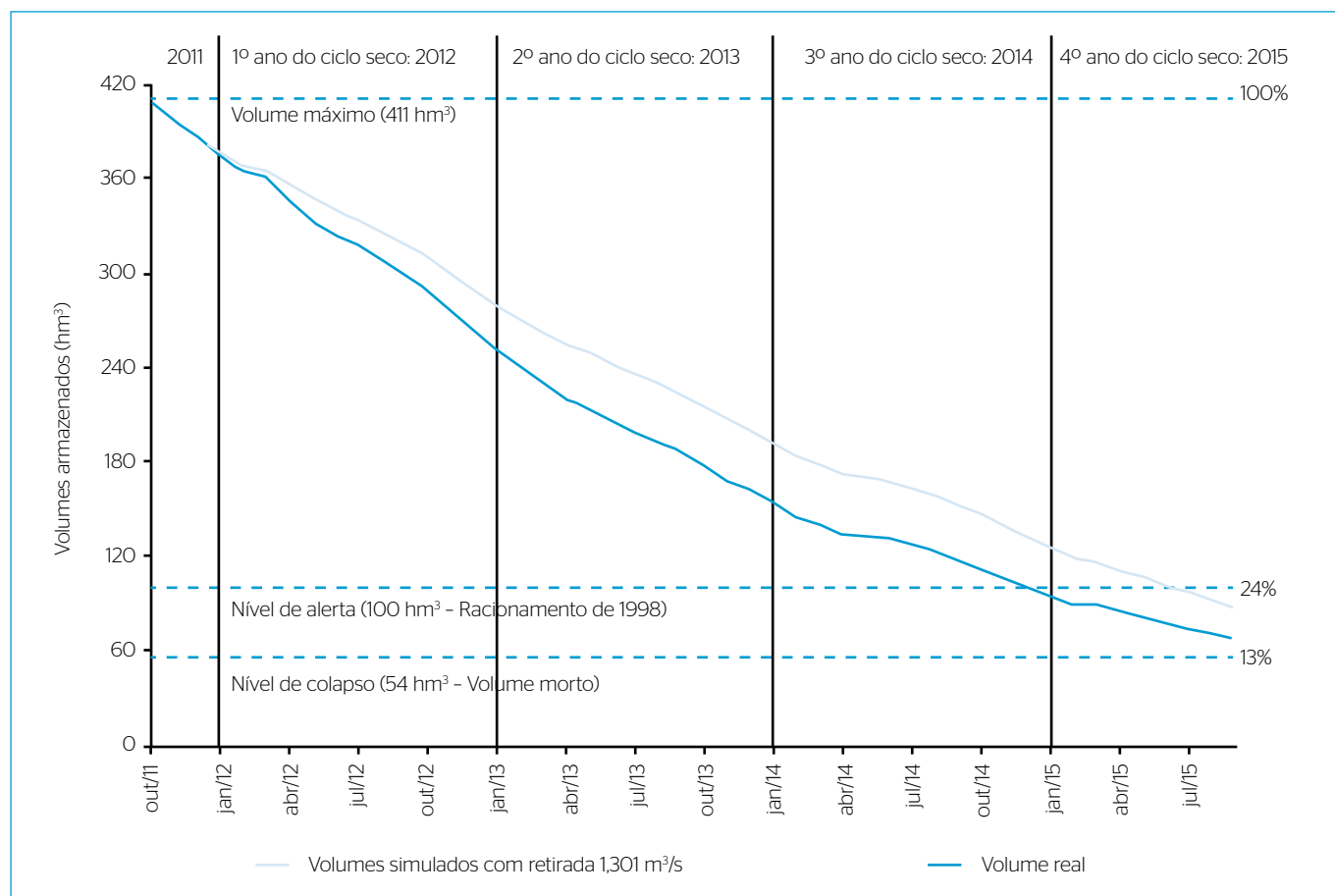


Figura 3 - Simulação da operação do Reservatório Epitácio Pessoa para os anos de ciclo seco 2012-2015. Fonte: NUNES (2015)

efetivados no caso do Reservatório Epitácio Pessoa. Para tanto, foi realizada, inicialmente, uma análise dos documentos básicos das políticas de recursos hídricos (nacional e estadual) e de outros documentos, como decretos, resoluções, atas de reuniões colegiadas e acompanhamento *in loco*; além da análise das atribuições de cada entidade constituinte do sistema de recursos hídricos, não só referente ao Reservatório como também à bacia hidrográfica.

Ressalta-se que esse diagnóstico foi realizado considerando o critério da dinâmica temporal da gestão de recursos hídricos do caso de estudo, baseada nos aspectos de eventos climáticos extremos, como em períodos de seca intercalados por um período normal-chuvoso.

A adaptação do método de Análise da Cadeia Causal (GIWA, 2002) conduzida por Silans *et al.* (2007) configurou uma classificação importante dos perfis definidos para determinar as causas dos problemas de conflitos pelo uso da água, fontes de poluição, ocupação territorial desordenada, entre outros, na região de estudo. Naquele estudo foram incluídas causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-sociais.

Silans *et al.* (2007) identificaram problemas de degradação e conflitos ambientais apenas na área de influência direta no entorno do Reservatório Epitácio Pessoa com o objetivo de propor diretrizes e ações para promover a gestão integrada dos recursos hídricos e o desenvolvimento socioeconômico sustentável. As causas identificadas e classificadas por esses autores foram determinadas a partir dos diagnósticos socioeconômicos e ambientais.

Nesta pesquisa, adotou-se o encadeamento das causas baseando-se em Silans *et al.* (2007). Entretanto, a classificação definida neste trabalho buscou sintetizar a tipologia dessas causas, agrupando-as em: causas técnicas, político-gerenciais e socioeconômico-culturais. Além disso, foram atribuídas as tendências de agravamento, melhoria e/ou permanência dos efeitos gerados pelas causas, como também foi estabelecida uma prioridade de ação destinada a minimizar os efeitos gerados pelo problema das falhas na performance institucional. Um atributo de tendência direciona o planejamento de ações estratégicas na busca por soluções e/ou mitigação do(s) problema(s). Todas essas informações constituem a cadeia causal.

O Reservatório de estudo deste trabalho é o mesmo do analisado por Silans *et al.* (2007), entretanto foca-se na análise da gestão dos recursos hídricos do Reservatório Epitácio Pessoa, baseando-se no diagnóstico da gestão como etapa que precede a Análise da Cadeia Causal.

As definições dos perfis estabelecidos para a cadeia causal são apresentadas a seguir:

- Causas técnicas: causas cuja minimização dos efeitos necessita de soluções técnicas. Muitas vezes, são ocasionadas pela falta de ações políticas e/ou gerenciais, ou mesmo falta de condições econômicas e culturais.
- Causas político-gerenciais: são aquelas que se manifestam por meio de um desequilíbrio ou desordenamento, sobretudo, de questões

políticas. Porém, quando minimizadas (por meio de novos arranjos institucionais e/ou de regulamentações) proporcionam melhor operação do sistema, facilitando, assim, o processo de tomada de decisão.

- Causas socioeconômico-culturais: causas estabelecidas e sedimentadas por motivos de ordem econômica ou cultural, mas com benefícios ou prejuízos para as diferentes camadas sociais.

Na ACC, os problemas e suas causas são identificados a partir do conhecimento sistemático das informações disponíveis pelo pesquisador e/ou especialistas da área em estudo. Quando definidos os perfis de causas (tipologia), inicia-se o processo de construção da cadeia causal e, posteriormente, o “analista” estabelece quais as relações causa-efeito em função do problema analisado. Ressalta-se que não há uma sequência linear para o método, por isso as causas são interdependentes entre si, podendo ou não influir sobre o encadeamento das relações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da cadeia causal é apresentada a seguir, com suas interações e classificação do problema identificado pelas falhas na *performance* institucional e suas causas: técnicas, político-gerenciais e socioeconômico-culturais. Em cada uma dessas causas foram atribuídas tendências de agravamento, melhoria e/ou permanência, como também foi estabelecida uma prioridade de ação para o problema e suas causas (em mais importante, intermediário, menos importante) por numeração simples, conforme ilustrado pela cadeia causal na Figura 4.

### Causas técnicas

Na ACC do problema institucional da gestão dos recursos hídricos do caso em estudo, a falta de definição de estratégias e objetivos para minimizar eventuais riscos de colapso do manancial configurou-se pela atuação frágil das entidades em exercer suas funções de forma coordenada, articulada e integrada, com tendência de agravamento pela cadeia causal. Observa-se, também, a capacidade institucional insuficiente dos órgãos reguladores em adotar medidas preventivas de caráter emergencial.

### Causas político-gerenciais

Dentre as principais causas político-gerenciais identificadas na cadeia causal, pode-se citar a “alternância de posicionamento” do órgão gestor, aqui mencionada para dispor sobre a mudança de atitude com relação à permanência de usuários irregulares retirando água do manancial (irrigação sem outorga de uso) mesmo em períodos de escassez hídrica. A Lei nº 9.433/1997 estabelece como prioridade de uso o consumo humano e animal. Tal fato evidenciou-se pelo histórico de sucessivas prorrogações para suspender definitivamente toda e qualquer prática de irrigação situada às margens do Açude Boqueirão. Além disso, a

falta de esclarecimento sobre os problemas gerenciais do Reservatório tem contribuído para o desconhecimento da segurança hídrica pela sociedade. Por vários momentos, o Poder Público adotou uma postura de querer repassar à população uma condição de situação sob controle. Assim, algumas medidas consideradas tardias propiciaram um cenário desfavorável como se pode observar quanto aos níveis de armazenagem e às condições operacionais do Reservatório.

Diante disso, verificou-se que os problemas gerenciais do Reservatório ultrapassam as questões de articulação institucional entre organismos integrantes do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, no qual se apresenta um órgão gestor que falha na implantação efetiva dos instrumentos de gestão (destacando-se a outorga de direitos de uso), como também de organismos colegiados omissos (CBH-PB e o CERH). Essa situação pode caracterizar um cenário de causas permanentes ao longo do tempo.

Outra causa primordial dos problemas institucionais da gestão refere-se à falta de um Plano de Ação Estratégica (PAE) em caso de colapso total, ou seja, não há uma solução possível de captação convencional para suprir as cidades atendidas. As medidas necessárias e, portanto, cabíveis para minimizar o risco de desabastecimento não foram efetivamente implantadas, como a redução de perdas físicas no

sistema de distribuição urbano pela CAGEPA e também do controle da oferta hídrica, fiscalização e cumprimento das outorgas emitidas pelo órgão gestor, configurando-se em um cenário crítico de agravamento pela cadeia causal.

Em estudos realizados por Rêgo *et al.* (2014), por meio de balanço hídrico, foi constatado que os volumes remanescentes do Reservatório estão direcionados para o “horizonte do caos”. Isso significa que, se mantidas todas as condições de retiradas (incluindo abastecimento urbano e irrigação) acima da disponibilidade hídrica, assim como se não observadas as medidas de gestão da demanda e suas prioridades, o Açude Epitácio Pessoa entrará em colapso.

### Causas socioeconômico-culturais

Na cadeia causal são apresentadas três causas fundamentais de natureza econômica, social e cultural. Dentre essas, a permanência de usuários irrigantes às margens do Reservatório de forma irregular, mas que exigiria do Poder Público algum tipo de indenização aos agricultores e outros benefícios de apoio social em épocas de estiagem prolongada. Por outro lado, tem-se a questão da má informação ao cidadão, o não incentivo ao uso racional da água e demais atitudes preventivas, que acabam se configurando como causas sociais. Essas causas

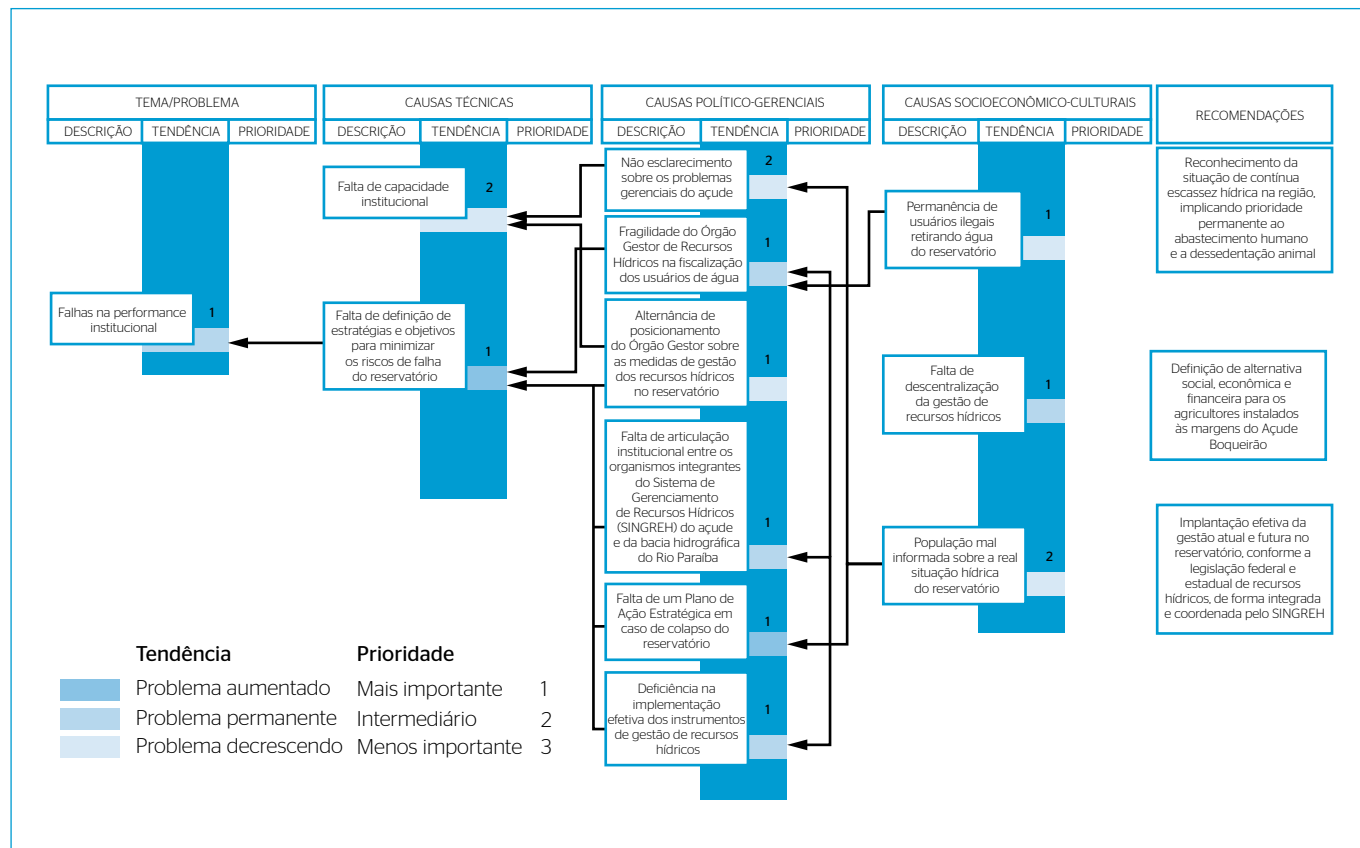


Figura 4 - Matriz de Cadeia Causal: Falhas na performance institucional.



foram apontadas na cadeia causal com tendências de melhoria do sistema que minimizam o problema, uma vez que a população tem sido informada pela imprensa sobre a real situação do açude e a prática agrícola foi interrompida.

Contudo, a falta da descentralização da gestão dos recursos hídricos, imposta pelo órgão gestor sobre as águas do Reservatório, caracteriza o poder estabelecido nas decisões tomadas (cenário observado como permanente).

## CONCLUSÃO

A complexidade das questões político-gerenciais e socioeconômicas envolvidas no estudo de caso exige uma metodologia capaz de identificar claramente os diversos fatores e suas interações, a fim de orientar o tratamento/solução dos problemas relacionados à água. Nesse aspecto, a cadeia causal é um método eficaz para sistematização das informações disponíveis porque, objetivamente, apresenta as relações causais que maximizam o problema. Tal procedimento possibilita aos tomadores de decisão elencar diretrizes para estabelecer mecanismos que viabilizam as práticas de uso sustentável dos recursos hídricos.

A Análise da Cadeia Causal permitiu demonstrar que as falhas na *performance* institucional da gestão de recursos hídricos do Reservatório Eptácio Pessoa apresentam-se como problema permanente e de maior relevância, pois o conjunto de ações não efetivadas ou insuficientes, tomadas pelos entes envolvidos com a questão, desencadeou uma situação de criticidade contínua, afetando diretamente os diversos setores usuários de água e, ao mesmo tempo, colocando em risco a segurança hídrica da população.

Nessa perspectiva, foram identificadas na ACC as principais causas político-gerenciais e socioeconômico-culturais que maximizam essas ações institucionais pouco eficientes da gestão de recursos hídricos permanentemente ao longo do período analisado. Dessa forma, pode-se destacar: a fragilidade na fiscalização dos usuários de água pelo órgão gestor e a falta de articulação institucional entre os organismos integrantes do SINGREH, o que contribui para as decisões centralizadas e a deficiência na implementação efetiva dos instrumentos de gestão,

de modo a não fornecer subsídios para melhor salvaguardar os volumes remanescentes do Açude em épocas de seca.

Diante dos problemas já discutidos, elencam-se algumas diretrizes e recomendações, a médio e longo prazo, para direcionar ações institucionais que demandam uma melhor articulação entre os entes envolvidos na gestão de recursos hídricos do Açude Boqueirão. Nesse contexto, e com base nos resultados da cadeia causal, recomenda-se:

- melhorar a articulação institucional entre os organismos do SINGREH, envolvendo órgãos gestores, conselhos de recursos hídricos e comitês de bacias, de forma integrada, planejada e coordenada. Nesse caso, cabe à ANA como entidade de coordenação, interagir melhor com os demais órgãos do Sistema (para o caso de estudo, a AESA, o CBH-PB e o CERH-PB);
- elaborar um plano de ação estratégica para promover o uso múltiplo, visando compatibilizar demanda e oferta hídrica sem comprometimento das condições sustentáveis do manancial, de modo a preservar os ecossistemas ali existentes;
- promover o incentivo à racionalização do uso da água, por meio de campanhas educativas, do uso de equipamentos poupadores e da consciência ambiental;
- buscar novas ferramentas de apoio à tomada de decisão, além de fornecer subsídios para a formulação de opções políticas.

Por fim, recomenda-se a observação contínua da problemática da gestão hídrica do Reservatório Eptácio Pessoa a fim de contribuir para o seu entendimento e suas soluções. Isso pode ser realizado com a Metodologia da Análise da Cadeia Causal ou outras metodologias.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de estudos concedida ao primeiro autor para realizar curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG; ao projeto de pesquisa BRAMAR (financiado por FINEP/CT-HIDRO/CNPq) e ao projeto de pesquisa de processo 484689/2012-6 (financiado pelo CNPq).

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - (ANA). (2013). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil*. Brasília: ANA.

BELAUSTEGUIGOITIA, J.C. (2004). Causal chain analysis and root causes: the GIWA approach. *Ambio*, v. 33, p. 1-2.

BOGARDI, J.J.; DUDGEN, D.; LAWFORD, R.; FLINKERBUSCH, E.; MEYN, A. (2012). Water security for a planet under pressure: interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. *Current Opinion. Environmental Sustainability*, v. 4, p. 1-9.

BRASIL. (1997). Lei n. 9.433, de 8 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. Brasília: 109º da República. *Diário Oficial* [da *União*, 09 de janeiro de 1997.

CHAMAS, C.C.; SCHEIBE, L.F. (2009). Causal Chain Analysis of a Coastal Island as a Tool for Sustainable and Autonomous Resource Management. *Journal of Coastal Research*, v. 56, p. 1189-1193.

ELABRAS-VEIGA, L.B. & MAGRINI, A. (2013). The Brazilian Water Resources Management Policy: Fifteen Years of Success and Challenges. *Water Resources Management*, v. 27, p. 2287-2302.

GALVÃO, C.O., RÉGO, J. C., RIBEIRO, M. M. R. & ALBUQUERQUE, J. P. T. (2001). Sustainability characterization and modeling of water supply management practices. *Regional Management of Water Resources*. Maastricht: IAHS, v. 268, p. 81-88.

GLOBAL INTERNATIONAL WATERS ASSESSMENT (GIWA). (2002). Methodology: Detailed Assessment Causal Chain Analysis Policy Option Analysis. GIWA UNEP/GEF. 70p.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP). (2004). Technical Advisory Committee. *Integrated Water Resources Management*, Technical Paper n.4, GWP, Gland.

MARQUES, M. (2002). Análise da cadeia causal da degradação dos recursos hídricos: proposta de modelo conceitual do projeto GIWA UNEP/GEF. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste, 2, *Anais...* Campo Grande-MS. CD ROM.

NUNES, T.H.C. (2015). *A gestão do reservatório Epitácio Pessoa e regras de operação otimizadas*. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PARAÍBA (ESTADO). (2006). *Plano Estadual de Recursos Hídricos*. Resumo Executivo & Atlas. João Pessoa: SECTMA/AESA. 112 p. [Consórcio TC/BR. Concremat].

RÉGO, J.C.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; GALVÃO, C.O. (2001). Participação da sociedade na crise 1998-2000 no abastecimento d'água de Campina Grande-PB. *Proceedings of the Fourth Inter-American Dialogue on Water Management*. Foz do Iguaçu.

RÉGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; ALBUQUERQUE, J.P.T. (2012). Considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do açude

Epitácio Pessoa - Boqueirão na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba em cenário de vindouros anos secos. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 11, *Anais...* João Pessoa: ABRH.

RÉGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; VIEIRA, Z.M.C.L.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; SOUZA, J. A. (2013). Atribuições e responsabilidades na gestão dos recursos hídricos - O caso do açude Epitácio Pessoa/Boqueirão no Cariri paraibano. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20, *Anais...* Bento Gonçalves: ABRH.

RÉGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; NUNES, T.H.C. (2014). Novas considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do Açude Epitácio Pessoa - A seca 2012-2014. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12, *Anais...* Natal: ABRH.

RIBEIRO, M.A.F. M.; VIEIRA, Z.M.C.L.; RIBEIRO, M.M.R. (2012). Participatory and decentralized water resources management: challenges and perspectives for the North Paraíba River Basin committee - Brazil. *Water Science & Technology*, v. 66, p. 2007-2013.

SILANS, A.M.B.P.; SILVA JÚNIOR, W.R.; GADELHA, C.L.M.; FILGUEIRA, H.J.A.; GOMES, A.M. (2007). Integrated water management for the Epitácio Pessoa Reservoir in the semi-arid region of Brazil. *IAHS-AISH Publication*, v. 317, p. 711-716.

SILVA, A.C.S. da; GALVÃO, C.O.; SILVA, G.S. da; SOUZA-FILHO, F.A. de. (2013). Ostrom's institutional design principles and reservoir management: a study on adaptation to climate variability and change. *IAHS-AISH Publication*, v. 362, p. 101-106.

SILVA, P.H.P.; RIBEIRO, M.M.R.; RÉGO, J.C.; MIRANDA, L.I.B. (2014). A gestão de recursos hídricos na visão midiática - O caso do Açude Epitácio Pessoa/Boqueirão-PB. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12, *Anais...* Natal: ABRH.

TUJCHNEIDER, O.; CHRISTELISB, G.; VANDER GUN, J. (2013). Towards scientific and methodological innovation in transboundary aquifer resource management. *Environmental Development*, v. 7, p. 6-16.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (UNEP). (2004). *Brazil Current, GIWA Regional Assessment 39*. University of Kalmar, Kalmar, Sweden.

VIEIRA, Z. M.C.L. & RIBEIRO, M.M.R. (2010). A methodology for first and second-order water conflicts analysis. *Water Policy*, v. 12, p. 851-870.

WANG, L.; CAI, Y.; CHEN, H.; DAG, D.; ZHAU, J.; YANG, J. (2011). Flood disaster in Taihu Basin, China: causal chain and policy option analyses. *Environment Earth Science*, v. 63, p.1119-1124.