



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

VIRGÍNIA DA COSTA BRITO

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ÁRVORE DE FALHAS AO PROCESSO DE
GESTÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RESERVATÓRIO EPITÁCIO
PESSOA**

**CAMPINA GRANDE – PB
2017**

VIRGÍNIA DA COSTA BRITO

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ÁRVORE DE FALHAS AO PROCESSO DE
GESTÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RESERVATÓRIO EPITÁCIO
PESSOA**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rui de Oliveira

**CAMPINA GRANDE – PB
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B862a Brito, Virgínia da Costa.
Aplicação do método de árvore de falhas ao processo de gestão da disponibilidade hídrica do Reservatório Epitácio Pessoa [manuscrito] / Virgínia da Costa Brito. - 2017.
53 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Rui de Oliveira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Gestão de recursos hídricos. 2. Açude Epitácio Pessoa. 3. Crise hídrica. I. Título.

21. ed. CDD 628.13

VIRGÍNIA DA COSTA BRITO

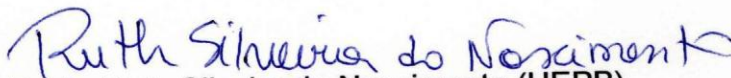
**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ÁRVORE DE FALHAS AO PROCESSO DE
GESTÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RESERVATÓRIO EPITÁCIO
PESSOA**


Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Aprovada em: 14 / 2 /2017.

Nota: 10,0 (dez)


Prof. Rui de Oliveira (UEPB)
Orientador


Profa. Ruth Silveira do Nascimento (UEPB)
Examinadora


Profa. Celeide Maria Belmont Sabino Meira (UEPB)
Examinadora

Aos meus pais, que não mediram esforços para que eu concluísse mais esta etapa da minha vida e sempre estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida, pela família que tenho, por todas as oportunidades que tive e por me guiar sempre que preciso.

À minha mãe Vilma Maria e ao meu pai José Ariosvaldo, que não mediram esforços para que eu chegasse onde estou. Minha eterna gratidão pelo amor, carinho, dedicação e educação que me foram dados.

Aos meus irmãos Arilma Martins e Arthur Costa que sempre estiveram comigo e me auxiliaram quando preciso.

Ao meu namorado João Arthur Galdino, que esteve sempre ao meu lado em tudo, me encorajou e incentivou a ser uma pessoa melhor e a enfrentar os problemas da melhor forma.

Ao meu orientador Rui de Oliveira por ter me auxiliado sempre que precisei e pela dedicação a mim prestada, por todos os conhecimentos que me deu para que eu pudesse concluir este curso e alcançar outros objetivos como a aprovação no mestrado.

À todos os professores da UEPB que tiveram importante papel na minha vida acadêmica.

Aos meus amigos da universidade que estiveram comigo em toda essa etapa da minha vida, nos apoiando e ajudando nos momentos mais difíceis com muita descontração e alegria.

Meus sinceros agradecimentos a todos que se fizeram presentes me apoiando e incentivando a concluir mais esta etapa da vida.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”

Marthin Luther King

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Afluências mensais de água ocorridas no açude Epitácio Pessoa, entre 1997 e 2003.....	17
Figura 2 – Variação no volume do açude Epitácio Pessoa nos últimos 10 anos.....	19
Figura 3 – Variação no volume do açude Epitácio Pessoa nos últimos 12 meses.....	20
Figura 4 – Variação no volume do açude Epitácio Pessoa no mês de dezembro de 2016.....	21
Figura 5 – Estrutura fundamental de uma Árvore de Falhas.....	28
Figura 6 – Representações utilizadas na elaboração da Árvore de Falhas...	29
Figura 7 – Modelo de Árvore de Falhas.....	30
Figura 8 – Localização do manancial no estado da Paraíba.....	32
Figura 9 – Evento topo da Árvore de Falhas.....	35
Figura 10 – Falhas nos Instrumentos de Informação.....	35
Figura 11 – Falhas nos Instrumentos Legais, Institucionais e de Articulação com a Sociedade.....	36
Figura 12 – Falhas nos Instrumentos de Planejamento.....	37
Figura 13 – Falhas nos Instrumentos Operacionais.....	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Falhas na gestão do açude Epitácio Pessoa.....	34
--	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CBH	Comitês de Bacias Hidrográficas
CBH-PB	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
DNOCS	Departamento Nacional de Obras contra as Secas
FERH	Fundos Estaduais de Recursos Hídricos
FTA	Failure Tree Analysis
MI	Ministério da Integração Nacional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPF	Ministério Público Federal
MPPB	Ministério Público da Paraíba
PNJMA	Plano Nacional de Juventude e Meio Ambiente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SECTMA	Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

LISTA DE SÍMBOLOS

m³ Metro cúbico

km Quilômetro

km² Quilômetro quadrado

°C Grau Celsius

mm Milímetro

% Porcentagem

RESUMO

Este trabalho descreve a análise das falhas ocorridas na gestão dos recursos hídricos do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) – PB e dá sugestões para uma melhor gestão deste. Foi utilizada a Análise de Árvore de Falhas para avaliação dos riscos da atual escassez de água no reservatório de Boqueirão. Primeiramente foi analisado o histórico das crises hídricas anteriores e o atual cenário de escassez hídrica no referido reservatório. Com essa análise histórica e com o estudo das leis e políticas de recursos hídricos, foi possível visualizar as falhas na gestão do açude que resultou no cenário atual.

Palavras-chave: Gestão dos recursos hídricos; Açude Epitácio Pessoa; Análise de Árvore de Falhas; Crises hídricas; Falhas na gestão.

ABSTRACT

This work describes an analysis of the failures occurred in the water resources management of Epitácio Pessoa Dam, called Boqueirão, in the state of Paraíba in Brazil, and give some suggestions for a better management of the place. The Failures Tree Analysis was used to measure the risks of the lack of water in the Epitácio Pessoa Dam. First of all, we have been analyzed the latest water crises and the current situation of the dam. Starting with the historical analysis and with the study of the laws and policies of water resources, it was possible to see how failures in the management of the dam that resulted in the actual condition.

Keywords: Water resources management; Epitácio Pessoa Dam; Failures Tree Analysis; Water crises; Management failures.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo geral.....	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Recorte temporal.....	16
2.2 Cenário atual.....	20
2.3 Considerações sobre gestão de recursos hídricos.....	23
2.3.1 O <i>SINGREH</i> na Paraíba.....	25
2.4 Análise de Risco.....	27
2.4.1 <i>Árvore de Falhas</i>	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 Considerações iniciais.....	31
3.2 Área de estudo.....	31
3.3 Avaliação de risco.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Aplicação da <i>Árvore de Falhas</i>	33
4.2 Sugestões para uma melhor gestão do açude Epitácio Pessoa.....	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A construção de açudes na região polarizada por Campina Grande, estado da Paraíba, não está associada somente às características naturais da região, de clima semiárido, mas às crescentes demandas relacionadas ao aumento da população e à diversificação de usos.

Ao longo da história de Campina Grande, as estiagens periódicas deixaram de ser apenas questões de ordem climática para se transformar em um problema econômico e social requerendo medidas políticas para resolver as questões de escassez hídrica. Para minimizar o problema no abastecimento de água na cidade, foi construído, em 1828, pelo Governo Provincial da Paraíba, um açude na Vila Nova da Rainha, conhecido como Açude Velho. Este foi inaugurado em 1830, como o primeiro reservatório a atender Campina Grande, localizado no atual centro da cidade, mas só veio a ser concluído em 1844, tornando-se naquele momento o maior reservatório público do Planalto da Borborema. Dois anos após, em 1830, outro açude, conhecido como Açude Novo, foi construído para auxiliar o primeiro. Por quase um século, estes dois açudes foram as únicas formas de abastecimento de água para Campina Grande e municípios vizinhos.

Ambos os açudes começaram a ser insuficientes para atender à população crescente, dessa forma, entre os anos de 1915 e 1917, foi construído um terceiro açude, no leito do Riacho de Bodocongó, inaugurado como o “Açude de Bodocongó”. Mas, devido ao elevado nível de salinidade das águas desse açude, ele não contribuiu no processo de abastecimento da cidade. Além desse fator, no entorno do açude foram sendo instaladas indústrias que utilizavam suas águas em seus processos industriais.

Com a crescente instalação de indústrias na cidade, somada ao crescimento demográfico e à expansão das atividades econômicas de Campina Grande, o Açude Velho e o Açude Novo não seriam mais suficientes para atender à população. Assim, em 1928, Campina Grande passou a contar com o abastecimento de água suprido pelas águas do açude João Suassuna, localizado em Puxinanã.

Em 1939, foi necessário construir outro reservatório para atender ao abastecimento de Campina Grande, também por meio de transposição. Trata-se do açude Vaca Brava, localizado na região do Agreste-Brejo, a cerca de 40 km de Campina Grande, cuja microbacia hidrográfica abrange parte dos territórios de Areia

e Remígio. Com o tempo, outros municípios foram sendo incorporados ao sistema de abastecimento de Vaca Brava, como Esperança, Matinhas e Lagoa Seca. O reservatório de Vaca Brava passou a enfrentar um período crítico levando os municípios atendidos por ele a um colapso de abastecimento, recorrendo à distribuição de água por meio de carros pipa (BRITO, 2008).

Assim, depois de passar por várias fases, o sistema de abastecimento de água de Campina Grande e municípios vizinhos, passou a ser suprido pelo açude Epitácio Pessoa. Este, mais conhecido como Boqueirão, teve sua construção iniciada em 1952 por intermédio do DNOCS (Departamento Nacional de Obras contra as Secas), mas só entrou em operação em 1957. Foi construído para abastecer o município de Campina Grande e demais municípios do Compartimento da Borborema: Boqueirão, Queimadas, Pocinhos, Caturité, Riacho de Santo Antônio.

Ele foi construído com o objetivo de ter usos múltiplos (geração de energia, irrigação, abastecimento urbano, perenização do Rio Paraíba, atividades pesqueiras, turismo e lazer). Com exceção de geração de energia e perenização do Rio Paraíba, os outros usos são desenvolvidos atualmente, gerando inúmeros problemas relativos às demandas e ao fato da necessidade da captação de água para diversos usos no mesmo reservatório, o qual apresenta limitações para atender a todas essas demandas.

A capacidade de armazenamento do açude, após sua finalização, foi estimada em 536.000.000 de m³, mas, com a falta, ao longo dos últimos anos, de políticas de conservação da vegetação às suas margens, com o assoreamento associado às baixas precipitações, essa capacidade foi reduzida para 411.686.287 m³.

Os recursos hídricos e seus usos múltiplos representam um dos grandes desafios para as sociedades atuais. A crescente demanda por água potável e a consequente diminuição da sua disponibilidade, têm intensificado os conflitos pelo acesso, uso, consumo e gestão desse recurso, constituindo-se em um problema de dimensões econômicas, ambientais, culturais, sociais e de gestão pública.

A falta de medidas efetivas para uma gestão eficaz do açude deixou os usuários que utilizam seus recursos hídricos expostos às ameaças de racionamento e/ou à falta de água. O risco da escassez hídrica deixa vulneráveis as populações que têm sua fonte de renda da exploração dos recursos hídricos do açude e os municípios que dependem da oferta hídrica para manter o desenvolvimento

econômico e social de sua população, a exemplo de Campina Grande que abriga diversas atividades, inclusive a industrial, que dependem da água para manter suas operações.

1.1 Objetivo geral

Avaliar as falhas na gestão das águas do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) – PB utilizando o método de Árvore de Falhas.

1.2 Objetivos específicos

- Analisar os cenários de crise hídrica já vivenciados pelo açude;
- Analisar a atual crise hídrica do açude;
- Avaliar falhas na gestão do reservatório;
- Utilizar o método de Árvore de Falhas para verificar as falhas na gestão;
- Dar sugestões para um melhor gerenciamento das águas do açude de Boqueirão.

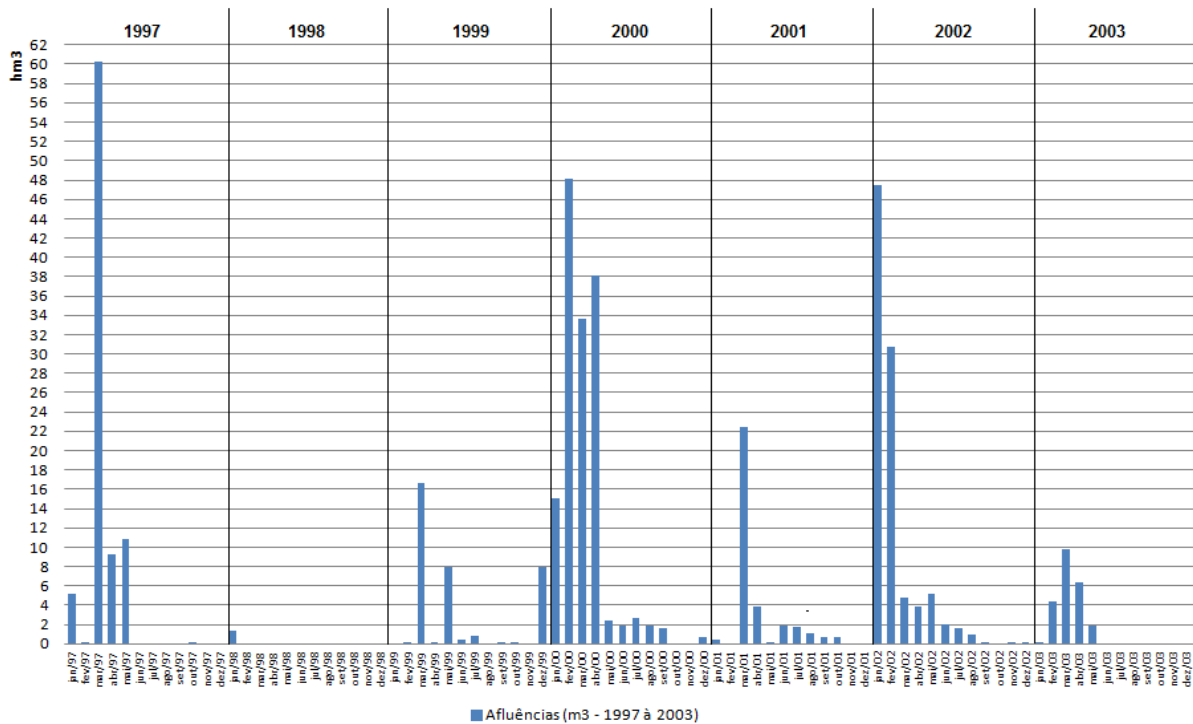
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Recorte temporal

Para entendermos a grave crise que se apresenta no reservatório de Boqueirão, devido à má gestão dos seus recursos, faz-se necessária uma interação com o tempo, ou seja, com as crises hídricas que ocorreram anteriormente no referido reservatório. Assim, a problemática do conflito foi abordada a partir de 1998-1999, período em que o açude passou por uma crise de aporte hídrico, quando atingiu um nível crítico de acumulação. Nesse período ele chegou ao nível mais crítico, até então, com apenas 14,9% de sua capacidade total.

No ano de 1998 houve uma grande seca que atingiu severamente o açude de Boqueirão e, desde então, seus respectivos usos têm sido alvo de atenção e discussão por especialistas, imprensa, órgãos públicos administrativos e judiciais e a população em geral. No período de 1998-2003, a depleção do nível da água no reservatório foi tão alta que, para evitar o colapso no abastecimento público, foram tomadas medidas de contenção das retiradas de água, como, por exemplo, suspensão da descarga de perenização, racionamento do abastecimento urbano e proibição da irrigação. A Figura 1 ilustra a depleção no nível de água no reservatório, nesse período.

Figura 1 - Afluências mensais de água ocorridas no açude Epitácio Pessoa, entre 1997 e 2003



Fonte: Rêgo et al. (2014)

O DNOCS, administrador das instalações físicas do açude e seu entorno, concordou em fechar as comportas de descarga para perenização, porém apresentou resistência para intervir na disseminada prática de irrigação com as águas do açude. Com essa fracassada tentativa de suspender a irrigação, houve um acordo administrativo entre órgãos estaduais e federais, o qual culminou em uma ação judicial movida pelo Ministério Público da Paraíba (MPPB) junto ao Ministério Público Federal (MPF) contra o DNOCS. Por medida liminar concedida pela Justiça Federal, em fevereiro de 1999 foi suspensa a irrigação e mantida a suspensão da descarga de perenização.

Segundo Rêgo et al. (2002), as práticas de gestão avaliadas como inadequadas, que levaram à crise de 1998-1999 e ao quase colapso do abastecimento de água de Campina Grande foram:

- a) Irrigação descontrolada (quantitativa e qualitativamente) na bacia hidráulica do reservatório, altas perdas na rede de distribuição de água e hábitos de consumo de água incompatíveis com um ambiente semi-árido. A ausência de uma gestão adequada da demanda levou

o uso do reservatório além de suas possibilidades de atendimento, ou seja, além da sua disponibilidade hídrica.

b) Construção descontrolada de outros reservatórios na bacia hidrográfica a montante do Açude Boqueirão, causando redução das vazões a ele afluentes, diminuindo assim a sua disponibilidade hídrica.

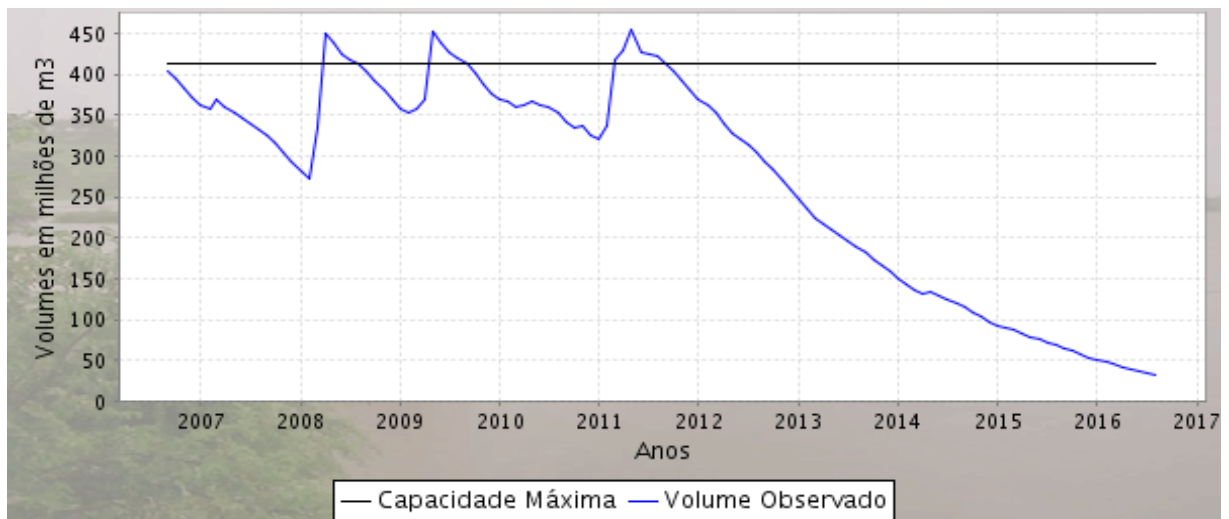
c) Monitoramento deficiente, na bacia hidrográfica, das modificações de uso do solo, dos reservatórios construídos e das vazões afluentes ao reservatório; no Açude Boqueirão, das taxas de evaporação no lago, do assoreamento da sua bacia hidráulica, das mudanças da relação cota-área-volume e da qualidade da água; nas áreas irrigadas, do consumo de água, do manejo do solo e da aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas nas culturas; em Campina Grande e outros núcleos urbanos, do consumo de água e das perdas físicas na rede de abastecimento.

d) Confuso contexto institucional de gestão de recursos hídricos. O Brasil está passando, atualmente, por uma grande mudança no seu sistema institucional de gerenciamento de recursos hídricos, o que contribuiu para a ocorrência de conflitos políticos e administrativos durante o período da crise. Este conflito institucional levou, por exemplo, ao racionamento de água para consumo humano antes das limitações das demandas de irrigação, ação contrária ao princípio da prioridade para consumo humano, estabelecido na legislação brasileira.

A partir do ano de 2004 inicia-se um novo ciclo de anos chuvosos na região semiárida do nordeste brasileiro e o açude Epitácio Pessoa recupera seus volumes de armazenamento, chegando até a um extravasamento neste e nos anos consecutivos até o ano de 2011, com exceção dos anos de 2007 e 2010, os quais apresentaram novamente risco de colapso no corpo hídrico, visto que não houve progresso na adoção de medidas de controle e fiscalização dos usos praticados, como no caso da irrigação.

Após o extravasamento no ano de 2011, no ano de 2012, a seca voltou a castigar o açude com o retorno do ciclo de anos pouco chuvosos. Assim, obteve-se um rápido declínio do nível de água no reservatório (Figura 2), tornando visível a ineficiência da gestão dos seus recursos hídricos. A continuação da seca no ano de 2013 provocou a reação de especialistas, técnicos, autoridades judiciais, políticas e administrativas da região no sentido de evitar a repetição do problema.

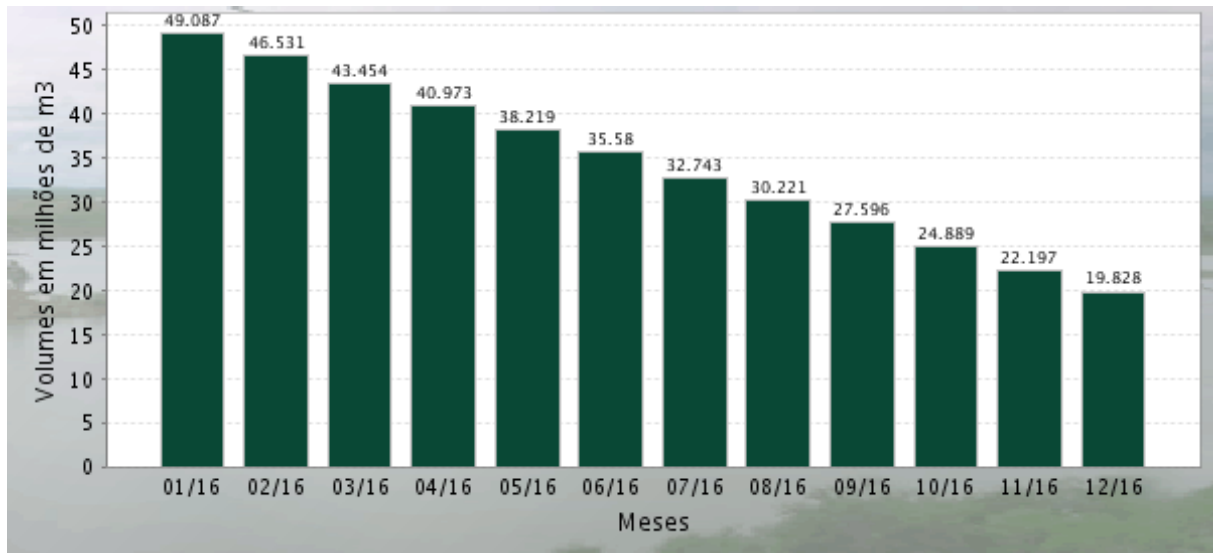
Figura 2 – Variação no volume de água do açude Epitácio Pessoa nos últimos 10 anos



Fonte: AESA, 2016.

Um dos momentos decisivos desta reação coletiva foi a realização, pela Assembléia Legislativa do Estado da Paraíba, no dia 22 de março de 2013, de uma Sessão Especial pelo Dia Mundial da Água em Campina Grande, tendo como foco a situação do Açude Epitácio Pessoa (RÊGO et al., 2013). Naquele momento o que chamou atenção foi a ausência de importantes entes do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, como do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (CBH-PB) e da Agência Nacional de Águas (ANA).

Como mostra a Figura 2, nos anos seguintes continuou o declínio no nível de água no reservatório até 2016, ano de elaboração deste trabalho. A figura 3 ilustra o declínio nos últimos 12 meses, do mês de janeiro até dezembro de 2016, representando um decréscimo de 40,4% nesse período.

Figura 3 – Variação no volume de água do açude Epitácio Pessoa nos últimos 12 meses

Fonte: AESA, 2016.

Diante do panorama histórico, a situação atual da gestão dos recursos hídricos na região de Campina Grande, marcada por um verdadeiro descompasso entre o crescente aumento da população e o conseqüente aumento da demanda por água, além do desenvolvimento econômico da cidade, e a gestão ineficiente dos recursos hídricos. De fato, a marca fundamental da evolução do processo de administração dos recursos hídricos de Campina Grande foi o aumento da oferta para o atendimento da crescente demanda, não tendo havido o desenvolvimento de um processo de gestão baseado em política pública descentralizada e participativa e no planejamento para fundamentar ações gerenciais eficazes no controle da escassez hídrica.

2.2 Cenário atual

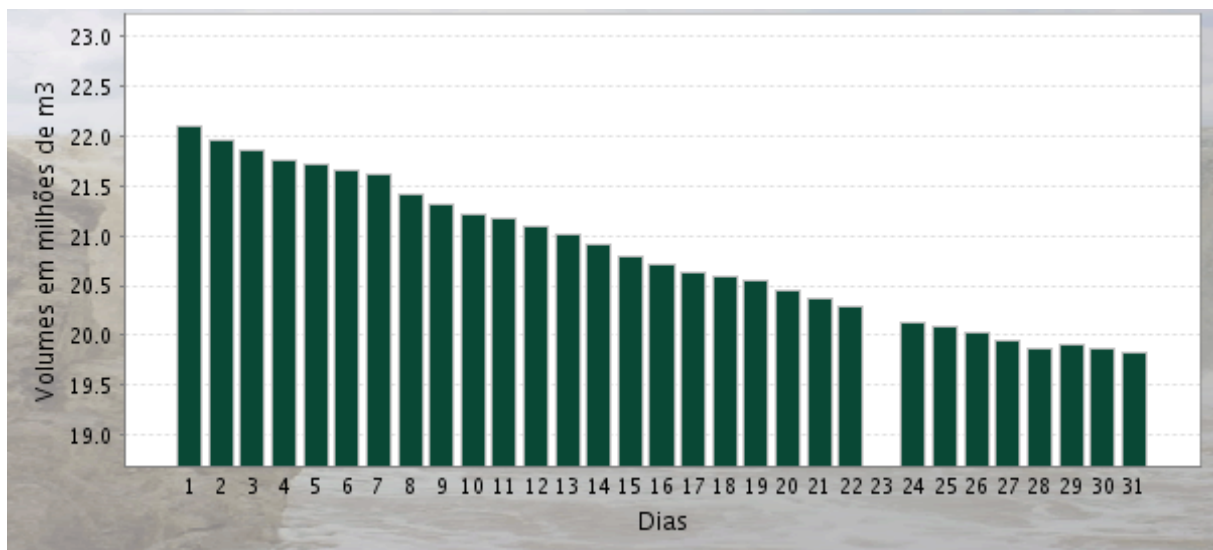
Os principais fatores que influenciam na escassez de água são o aumento da população e o conseqüente aumento da demanda de água, a grande quantidade de água destinada à agricultura (cerca de 70%), o desperdício na rede de distribuição e a poluição dos mananciais.

Por causa destes fatores, a escassez é bastante observada nos centros urbanos onde existem dificuldades de abastecimento de água; tal fato alerta para a necessidade de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, de forma que os mesmos sejam usados eficientemente. A gestão destes requer o conhecimento e

a compreensão das formas de organização existentes nos açudes, das mediações institucionais e dos diversos tipos de usos (COGERH, 2000).

Atualmente, o reservatório de Boqueirão sofre com o quase total esgotamento dos seus recursos, sem previsão de chuvas para novas recargas. De acordo com a AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), no referido mês de elaboração deste trabalho (dezembro de 2016), o açude apresenta apenas 19.828.074m³, cerca de 4,8% de sua capacidade total, batendo um novo recorde negativo desde a fundação e primeira sangria do açude, no fim da década de 1950, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Variação no volume do açude Epitácio Pessoa no mês de dezembro de 2016



Fonte: AESA, 2016.

Vários são os motivos pelos quais o açude Boqueirão sofre com a escassez hídrica. Dentre eles está a falta de planejamento quando foram construídos diversos açudes a montante do açude Epitácio Pessoa, sendo assim necessárias chuvas regulares e de montante considerável para que haja sangria destes pequenos açudes e ocorra a distribuição para o manancial de Boqueirão. Esse fator pode ser comprovado pelo Diagnóstico do DNOCS (2005), o qual afirma terem sido construídos 22 açudes com poder de regulação a montante da bacia hidráulica de Boqueirão, que juntos barram cerca de 300 milhões de m³ de água que escoaria através dos rios Paraíba e Taperoá para regularizar o seu abastecimento. Ainda nesse contexto Moura Neto (2003) afirma que:

[...] O reservatório, com capacidade de acumulação de aproximadamente 450 milhões de metros cúbicos, recebe água dos rios Paraíba e Taperoá e chegou em estado crítico de armazenamento, principalmente devido ao declínio da pluviosidade nos últimos anos nas cabeceiras desses rios; a concessão indiscriminada de autorizações para a construção de barragens particulares na sua área a montante e pelo mal gerenciamento dos seus recursos hídricos, pelo órgão encarregado, o DNOCS, que, completamente desaparelhado, nunca teve um plano diretor para gestão destas águas [...]

Outro fator importante que contribuiu para a escassez hídrica em Boqueirão é com relação à vazão de retirada no açude. A capacidade para retirada no reservatório era de 1.230 L/s, mas a ANA outorgou à CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba) uma vazão de 1.300 L/s; a CAGEPA, por sua vez, fez retiradas de 1.500 L/s, um valor bem acima do outorgado, fora os irrigantes que, no total, retiravam em média 1.000 L/s do reservatório, totalizando um montante de 2.500 L/s de vazão retirada do açude tanto para abastecimento público, quanto para irrigação.

Com relação ao desperdício de água nas redes de distribuição, Guimarães et al. (2005) afirmam que 40% da água tratada que é retirada do reservatório de Boqueirão, são desperdiçados no percurso da adutora, com vazamentos nas tubulações antigas e ligações clandestinas, evidenciando a falta de fiscalização da concessionária de água.

Outra retirada significativa das águas do açude é para a irrigação de lavouras permanentes e temporárias cultivadas às suas margens. Para esse fim, nunca foi concedida qualquer outorga de direito de uso, seja a irrigantes isolados ou associados, desde a entrada em vigor da Lei das Águas, em 1997. Antes disso, áreas de domínio da União, desapropriadas no entorno do açude, eram cedidas pelo DNOCS para agricultura de vazante (na bacia hidráulica) através de contratos de “concessão remunerada de uso” (RÊGO et al., 2014).

As captações com a finalidade de irrigação com as águas do açude Epitácio Pessoa estão interrompidas desde o dia 7 de julho de 2014, devido aos baixos volumes de água acumulados no reservatório. Ainda sem previsão para suspensão da restrição, a fiscalização tem sido realizada por equipes da ANA e da AESA que se valem da avaliação do consumo energético dos quase 400 medidores para irrigação.

No meio urbano, desde o dia 6 de dezembro de 2014, foi implantado esquema de racionamento operacionalizado pela CAGEPA, a fim de poupar os estoques de água armazenados durante o período seco. Esta ação foi precedida de um Plano de Contingência e Ações Emergenciais e culminou com a interrupção da distribuição de água no meio urbano pelo período de 36 horas semanais. A partir do dia 21 de julho de 2016, o racionamento foi intensificado e a cidade de Campina Grande foi dividida nas zonas 1 e 2. A Zona 1 recebe água das 5 horas da segunda-feira até o fim da noite da quarta-feira. Já na Zona 2, a distribuição acontece das 5 horas da quinta-feira às 13 horas do sábado. Algumas cidades atendidas pelo açude de Boqueirão chegam a passar 15 dias sem abastecimento.

De acordo com a AESA, a temporada de chuvas da região semiárida fica entre os meses de fevereiro e abril. O açude também recebe recargas por meio dos rios Paraíba e Taperoá, que também estão secos pela falta de chuvas.

Sem previsão de novas recargas, a esperança mais viável para recarga do manancial é a transposição das águas do Rio São Francisco. Uma comissão formada pelo Ministério Público da Paraíba (MPPB), Agência Nacional das Águas (ANA), Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), Ministério da Integração Nacional (MI) e representantes comerciais acreditam que a obra seja concluída em abril de 2017.

2.3 Considerações sobre gestão dos recursos hídricos

A palavra gestão é, ordinariamente, entendida como sinônimo de administração, sendo, no caso dos recursos hídricos, as bacias hidrográficas sua base territorial. A gestão dos recursos hídricos é o conjunto de procedimentos organizados para solucionar os problemas de uso, controle e proteção dos recursos hídricos, buscando otimizar os benefícios para a sociedade considerando as limitações econômicas, sociais e ambientais. É formada por três elementos: Política: conjunto de princípios e diretrizes legais que regulamentam o uso, controle e proteção dos recursos hídricos, consolidados por leis, decretos, portarias, instruções e regulamentos; Planejamento: avaliação prospectiva da oferta e da demanda dos recursos hídricos, buscando adequar o uso, controle e proteção dos recursos hídricos com os anseios expressos na política dos recursos hídricos; Gerenciamento: conjunto de ações que executam e avaliam os planos de uso,

controle e proteção dos recursos hídricos, construídos no planejamento, fornecendo suporte técnico, jurídico e administrativo. A forma com que a política, o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos se desenvolvem é chamado de modelo de gestão dos recursos hídricos, o qual faz uso de instrumentos diversos para a implementação do processo de gestão. Em resumo, uma gestão de águas eficiente deve ser constituída por uma política, que estabeleça as diretrizes gerais, um modelo de gerenciamento, que estabeleça a organização legal e institucional e um sistema de gerenciamento, que reúna os instrumentos para o preparo e execução do planejamento do uso, controle e proteção das águas (OLIVEIRA, 2015).

De acordo com a AESA, os principais instrumentos de gestão estão classificados em quatro categorias principais:

- **Instrumentos Legais, Institucionais e de Articulação com a Sociedade:** arcabouço legal (leis, decretos, portarias, resoluções); órgão gestor; conselhos de recursos hídricos; sistema de gestão; comitês de bacias; agências de bacias; associações de usuários de água; campanhas educativas; e mobilização social e comunitária;
- **Instrumentos de Planejamento:** planos estaduais de recursos hídricos; planos de bacias; enquadramento de cursos d'água; modelos matemáticos de qualidade e de fluxos (simulação); e programas de economia e uso racional de água;
- **Instrumentos de Informação:** sistemas de informação; redes de monitoramento quantitativo e qualitativo de água; redes hidrometeorológicas; cadastros de usuários de água; cadastros de infra-estrutura hídrica; e sistemas de suporte à decisão;
- **Instrumentos Operacionais:** outorga de água; licença para obra hídrica; cobrança; fiscalização dos usos da água; operação de obras de uso múltiplo; manualização da gestão e da operação; manutenção e conservação de obras hídricas; proteção de mananciais; e controle de eventos críticos, entre outros.

Foi a partir da Constituição de 1988 e, mais tarde, com a Lei 9.433, de 1997, que houve o reconhecimento da necessidade de proteger as águas dentro da estrutura global ambiental, a partir de um processo de gestão que se preocupasse em integrar os recursos hídricos ao meio ambiente para garantir o desenvolvimento sustentável.

A Lei nº 9.433, mais conhecida como Lei das Águas (Lei dos Recursos Hídricos), instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o SINGREH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos). Ela regulamenta a gestão dos corpos de água e estabelece a criação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos pelos estados. No entanto, muitos estados brasileiros, até hoje, não implementaram o SINGREH.

A Política Nacional de Recursos Hídricos abrange os Planos de Recursos Hídricos, enquadramento dos corpos de água em classes de uso, a outorga do direito de uso da água, a cobrança pelo uso da água e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), como instrumentos (operacionais) de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. A União articular-se-á com os estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum.

Dentro do SINGREH, o Poder Público, a sociedade civil e os usuários da água, juntos integram os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) e atuam na definição e aprovação das políticas acerca dos recursos hídricos de cada bacia hidrográfica. Também fazem parte do Sistema, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a Agência Nacional de Águas, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos, conforme estabelecido no Art. 33 da Lei 9433/1997.

2.3.1 O SINGREH na Paraíba

Os Comitês de Bacia Hidrográfica são organismos colegiados que fazem parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A composição diversificada e democrática dos Comitês contribui para que todos os setores da sociedade com interesse sobre a água na bacia tenham representação e poder de decisão sobre sua gestão. É o órgão responsável pela gestão das águas, no âmbito de uma bacia hidrográfica, com função política e administrativa. Por seu turno as Agências de Águas são organismos técnicos facilitadores dos Comitês de Bacias, órgãos decisores.

No caso da Paraíba, pode ser citado como exemplo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (CBH-PB). Uma das dificuldades que o CBH-PB encontra para gerir os recursos hídricos é a própria diversidade da bacia, que possui tanto rios permanentes como intermitentes. No seu alto curso, por exemplo, na região do Cariri, ocorrem os menores índices pluviométricos do país, com médias regionais entre 250 e 750 mm anuais. A escassez das chuvas no Cariri faz com que a maior parte de seus rios e córregos sejam intermitentes ou temporários, inclusive os dois principais contribuintes do açude Epitácio Pessoa, o rio Taperoá e o rio Paraíba no seu alto curso.

De acordo com Rêgo et al. (2013), para o caso da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba e o seu reservatório Epitácio Pessoa, ainda não se constata o pleno funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (do qual faz parte o sistema paraibano) com a respectiva operacionalização de todos os instrumentos de gestão previstos na Política, o que evitaria crises como a que se vivencia.

A AESA (Agência Executiva de Gestão de Recursos Hídricos do estado da Paraíba) foi criada pela Lei Estadual nº 7.779, de 07 de julho de 2005, sob a forma jurídica de uma autarquia, com autonomia administrativa e financeira. Compete à AESA, de acordo com o disposto no Decreto Estadual 26.224/2005, analisar, instruir os processos e emitir parecer sobre a licença de obras hídricas e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, cabendo à Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente (SECTMA), conjuntamente com a AESA, a emissão das licenças e outorgas (OLIVEIRA, 2015).

Para um gerenciamento eficaz dos recursos hídricos é imprescindível a implementação de um plano diretor para a gestão da bacia hidrográfica, ou seja, organizar, planejar e executar atividades que facilitem o processo de gestão dos recursos hídricos e que garantam o direito de uso da água. Além dessas ações, é importante conhecer os aspectos hidrológico-climáticos, como a taxa de infiltração de água no solo, taxa de evaporação, precipitação na bacia, regularização de vazões e a disponibilidade hídrica do reservatório.

Segundo Rêgo et al. (2000), sem o conhecimento seguro das características dimensionais e hidrológicas do reservatório e sem o controle de expressiva parte de suas retiradas é absolutamente impossível estabelecer um manejo racional do

mesmo, de modo a evitar que venha a falhar nas suas funções regularizadoras/disponibilizadoras.

2.4 Análise de Risco

De acordo com Nascimento e Oliveira (2016), atualmente a noção de risco tem adquirido importância e visibilidade na sociedade, figurando em debates, avaliações e estudos no meio acadêmico e empresarial, principalmente quando esse risco está relacionado aos impactos de recursos financeiros. Durante o estudo é realizada uma avaliação minuciosa do processo e, muitas vezes, são identificadas oportunidades que melhoram não apenas a segurança das operações, mas também a eficiência dos processos, aumentando o resultado para os que realizam o estudo.

Após a identificação do perigo, a literatura caracteriza a existência de três componentes da análise de risco: a avaliação, o gerenciamento e a comunicação do risco.

A avaliação de risco é um processo orientado para a quantificação da perda máxima provável que dele possa decorrer, ou seja, da quantificação da probabilidade de ocorrência desse risco e de suas consequências e/ou gravidades (CARMO et al., 2008).

Existem diversas técnicas de avaliação de risco, entre elas: Análise de Perigos e Operabilidade (Hazard and Operability Studies - HAZOP), Estudo de Caso, Análise Preliminar de Riscos (APR), Análise de Árvore de Eventos, como também Análise de Modos e Efeitos de Falhas (Failure Mode and Effects Analysis - FMEA) e Análise de Árvore de Falhas.

2.4.1 Árvore de Falhas

O método utilizado neste trabalho é o de Análise de Árvore de Falhas (Failure Tree Analysis – FTA). Este método foi desenvolvido por volta de 1960, por W.A.Watson, da Bell Laboratories e aperfeiçoado pela Boeing Corporation.

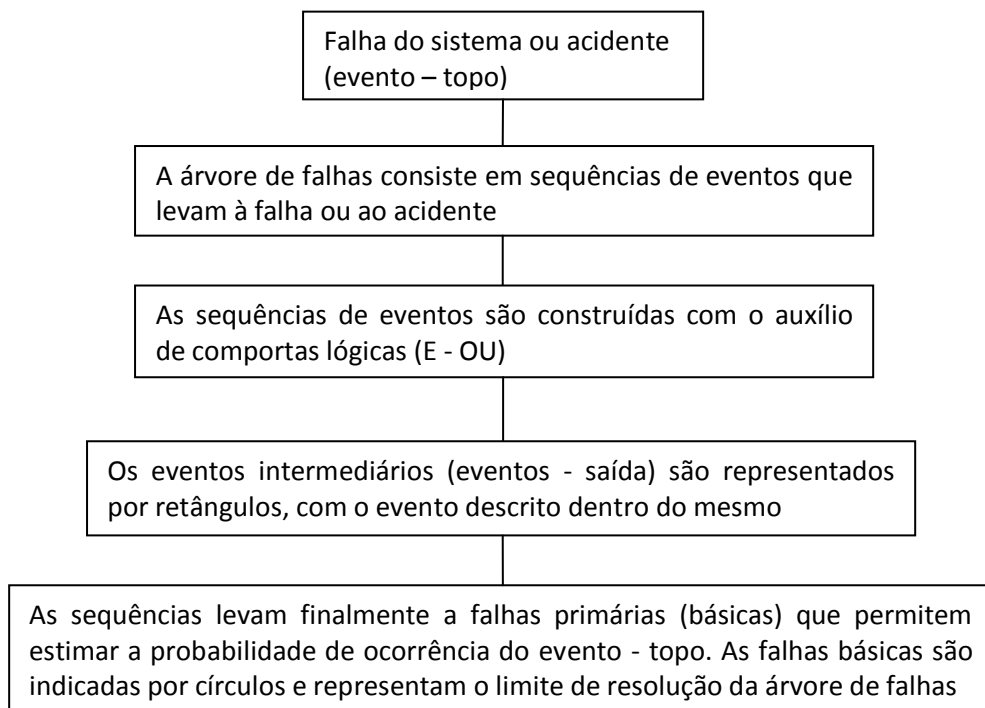
A FTA é uma análise dedutiva, detalhada, que usualmente requer considerável volume de informações sobre o sistema. Consiste numa representação gráfica, associada ao desenvolvimento de uma falha particular do sistema (efeito),

chamada de evento topo, e às falhas básicas (causas), denominadas de eventos primários.

- Evento indesejado = EVENTO TOPO
- Causas básicas = EVENTOS BÁSICOS

A Árvore de Falhas, como resumido na Figura 5, é feita a partir de um diagrama com sucessivas bifurcações. De acordo com Carneiro (2011), Árvore de Falhas consiste em uma técnica lógica e dedutiva que se utiliza de uma representação gráfica da interação de todas as possíveis falhas com o evento topo. A construção da árvore segue um processo inverso, em termos cronológicos, pois partindo do evento topo (o resultado final) buscam-se as causas do evento.



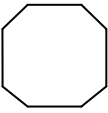






Figura 5 - Estrutura fundamental de uma Árvore de Falhas.



Fonte: Nascimento e Oliveira (2016).

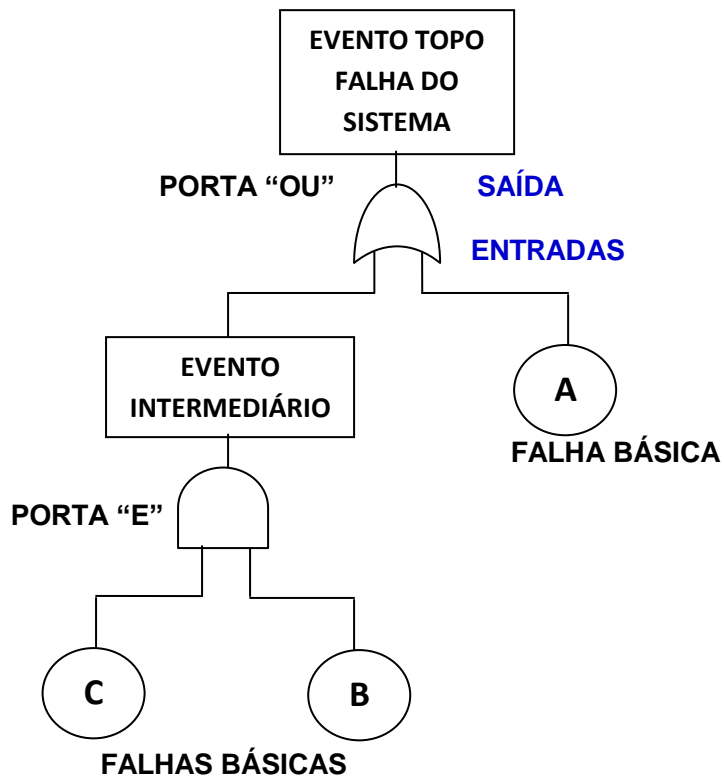
A Figura 6 ilustra as representações utilizadas na elaboração da Árvore de Falhas e a Figura 7 apresenta um modelo de Árvore de Falhas.

Figura 6 - Representações utilizadas na elaboração da Árvore de Falhas.

	Módulo ou comporta "E".
	Módulo ou comporta "OU".
	Módulo ou comporta de inibição. Permite aplicar uma condição ou restrição à sequência.
	Identificação de um evento particular, topo ou contribuinte.
	Falha primária de um ramo ou série. Evento básico.
	Normalmente um evento que sempre ocorre, a menos que ocorra falha.
	Evento não desenvolvido. Falta de informação ou de consequência suficiente.
	Indica ou estipula restrições.
	Símbolo de conexão a outra parte da árvore.

Fonte: Nascimento e Oliveira (2016).

Figura 7 - Modelo de árvore de falhas.



Fonte: Sucena (2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Considerações iniciais

Para a verificação das falhas na gestão do açude Epitácio Pessoa - PB foi utilizada uma metodologia de análise de riscos, chamada Árvore de Falhas, que compreendeu as seguintes etapas: revisão histórica das crises hídricas vivenciadas pelo açude, análise das falhas ocorridas na gestão do reservatório durante todo o período de utilização deste e aplicação do método de Árvore de Falhas.

3.2 Área de estudo

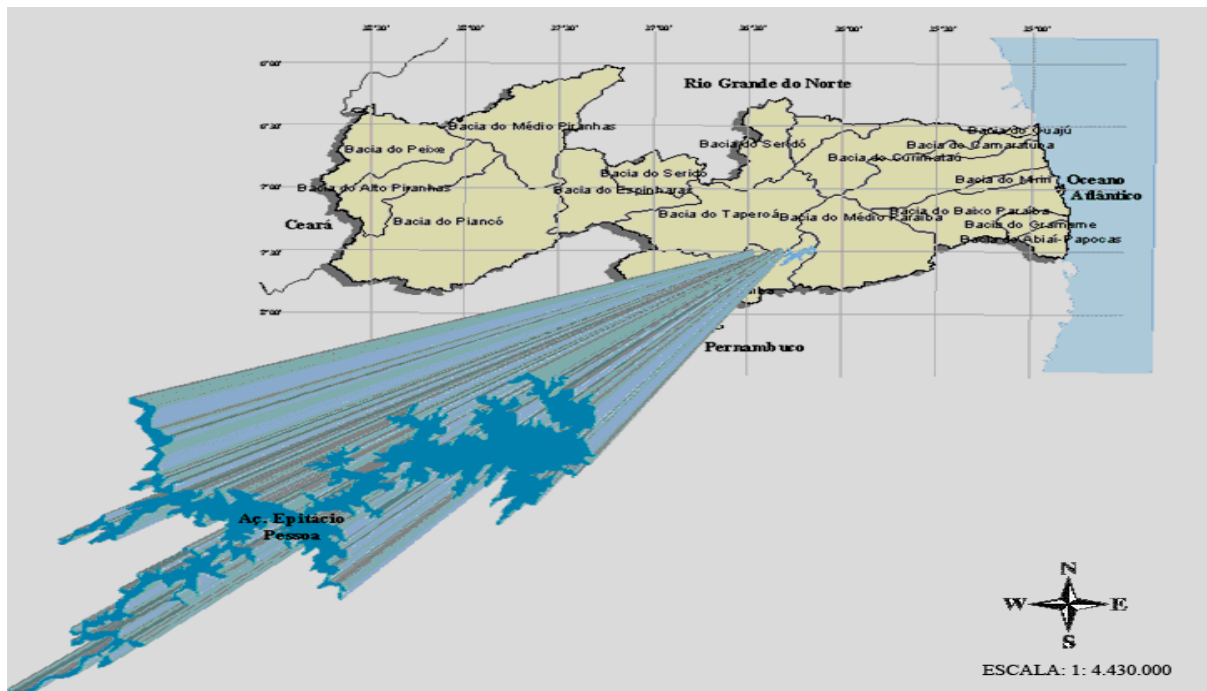
A bacia hidrográfica do Paraíba está inserida em sua totalidade no estado da Paraíba, nascendo o rio a mais de mil metros de altitude na Serra de Jabitacá, município de Monteiro, banhando uma área de 20.071,83 km². É a segunda maior do estado, abrangendo 38% do território, com população de 1.828.178 habitantes. É composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto Curso do rio Paraíba, Médio Curso do rio Paraíba e Baixo Curso do rio Paraíba. Nessa bacia estão incluídas as cidades de João Pessoa, capital do estado e Campina Grande, seu segundo maior centro urbano.

O açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), está localizado a 165 km da capital do estado e a 44 km de Campina Grande. Está situado na porção semiárida da bacia do Rio Paraíba, abastecendo 26 sedes municipais e distritos espalhados pelas microrregiões do Cariri e do Agreste. A Figura 8 mostra sua localização no mapa do estado da Paraíba.

O reservatório, com capacidade estimada em 411.686.287 m³, é alimentado por uma bacia hidrográfica de cerca de 14 mil km², cuja precipitação se concentra em quatro meses do ano (fevereiro a maio), sendo uma das mais baixas do Brasil.

O açude Boqueirão está inserido na sub-bacia hidrográfica do Alto Paraíba e recebe suas águas dos rios Paraíba e Taperoá. Localiza-se entre as latitudes sul de 07°20'48" e de 08°18'12", longitude oeste de 36°07'44" e 37°21'22". Apresenta temperatura média de 27°C, com precipitação média de 450 mm/ano e evaporação potencial média em torno de 2000 mm/ano.

Figura 8 - Localização do manancial no estado da Paraíba



Fonte: Costa (2006).

3.3 Avaliação de risco

Para a avaliação de risco segundo o método da Árvore de Falhas, primeiramente foi feita a revisão de literatura, onde foram obtidas mais de 30 falhas na gestão do açude Epitácio Pessoa. Em seguida, foi feita uma seleção entre estas e escolhidas as mais relevantes, que foram classificadas segundo o critério da objetividade. As falhas foram categorizadas em Objetivas ou Subjetivas. Um conhecimento subjetivo é aquele que depende do ponto de vista pessoal, individual, que não é fundado no objeto, mas condicionado por sentimentos e afirmações arbitrárias do sujeito. Um conhecimento objetivo é fundado na observação imparcial, independente das preferências individuais. Do ponto de vista da aplicação de metodologia de análise, é importante considerar que o conhecimento objetivo é obtido com base em medidas ou referências. Sendo assim, as falhas subjetivas não foram consideradas no processo de elaboração da Árvore de Falhas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aplicação da Árvore de Falhas

O Quadro 1 apresenta uma listagem com as falhas na gestão do açude Epitácio Pessoa com dois níveis de objetividade (subjetivo, objetivo) e se é uma falha que possa ser prevenida ou mitigada. As Árvores de Falhas elaboradas após a categorização das falhas são autorais.

Os grupos foram divididos de acordo com os principais instrumentos de gestão classificados pela AESA:

- **Instrumentos de Informação:** sistemas de informação; redes de monitoramento quantitativo e qualitativo de água; redes hidrometeorológicas; cadastros de usuários de água; cadastros de infra-estrutura hídrica; e sistemas de suporte à decisão **(I)**

- **Instrumentos Legais, Institucionais e de Articulação com a Sociedade:** arcabouço legal (leis, decretos, portarias, resoluções); órgão gestor; conselhos de recursos hídricos; sistema de gestão; comitês de bacias; agências de bacias; associações de usuários de água; campanhas educativas; e mobilização social e comunitária **(II)**

- **Instrumentos de Planejamento:** planos estaduais de recursos hídricos; planos de bacias; enquadramento de cursos d'água; modelos matemáticos de qualidade e de fluxos (simulação); e programas de economia e uso racional de água **(III)**

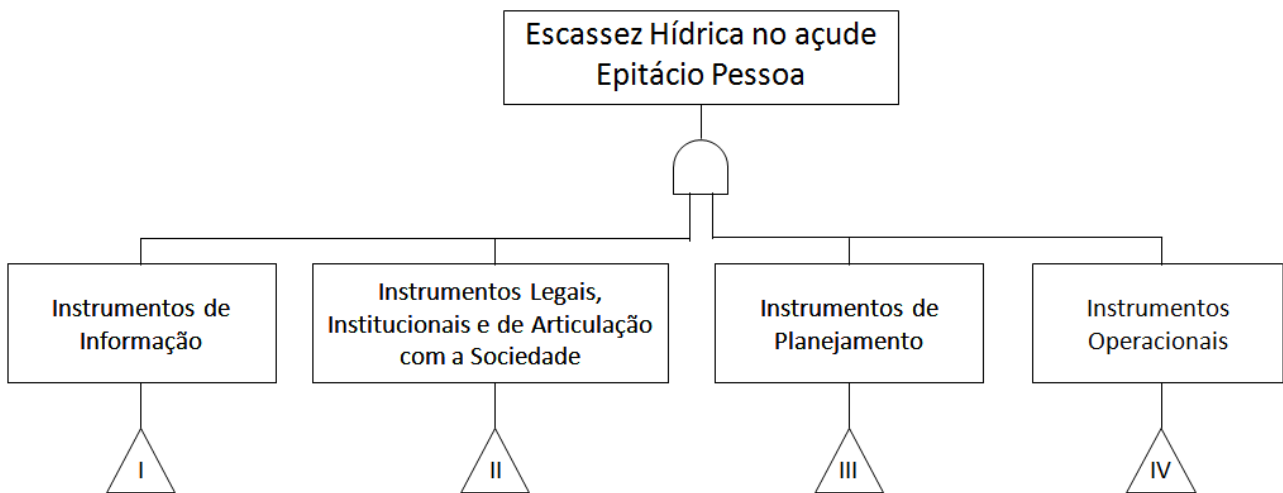
- **Instrumentos Operacionais:** outorga de água; licença para obra hídrica; cobrança; fiscalização dos usos da água; operação de obras de uso múltiplo; manualização da gestão e da operação; manutenção e conservação de obras hídricas; proteção de mananciais; e controle de eventos críticos, entre outros **(IV)**

Quadro 1 – Falhas na gestão do açude Epitácio Pessoa

Grupo	Falha	Referências	Objetividade Subjetivo (Sub)/ Objetivo (Ob)	Prevenção (P)/ Mitigação (M)
I	Monitoramento hidrometeorológico e das demandas de água imprecisos ou, muitas vezes, inexistentes	Rêgo et al., 2002	Ob	P/M
	Monitoramento ineficiente do cadastro dos usuários de água		Ob	P/M
	Hidrometração ineficiente ou inexistente		Ob	P/M
II	Falta de participação popular e das esferas governamentais sobre a importância da conservação e recuperação dos recursos hídricos	Henkes, 2002	Ob	P
	Precária estrutura do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Henkes, 2002	Ob	P
	As instituições responsáveis pelos recursos hídricos, como o comitê de bacia hidrográfica, ainda não estão adequadamente estabelecidas ou consolidadas	Rêgo et al., 2002	Ob	P
	Confuso contexto institucional de gestão dos recursos hídricos	Rêgo et al., 2002	Ob/Sub	P
	Dificuldades enfrentadas, não somente de ordem legal, operacional, mas também cultural	Henkes, 2002	Sub	P
	Precário apoio governamental aos comitês	Henkes, 2002	Sub	P
III	Aumento da população e conseqüente aumento da demanda por água	COGERH, 2000	Ob	M
	Usos de água incompatíveis com um ambiente semiárido		Ob	P/M
	Reservatórios construídos a montante do açude	Moura Neto, 2003	Ob	P/M
	Falha no plano diretor para gestão da bacia hidrográfica	Brito, 2008	Sub	P
IV	Insuficiência de recursos humanos para promover o gerenciamento hídrico	Henkes, 2002	Ob	P
	Desperdícios e furto de água	Guimarães et al., 2005	Ob	P/M
	Poluição e assoreamento do reservatório		Ob	P/M
	Múltiplos e conflitantes usos, inclusive irrigação	Rêgo et al., 2002 Rêgo et al., 2014	Ob	P/M
	Vazões outorgadas e as de fato retiradas e derivações sem outorgas	Rêgo et al., 2013	Ob	M

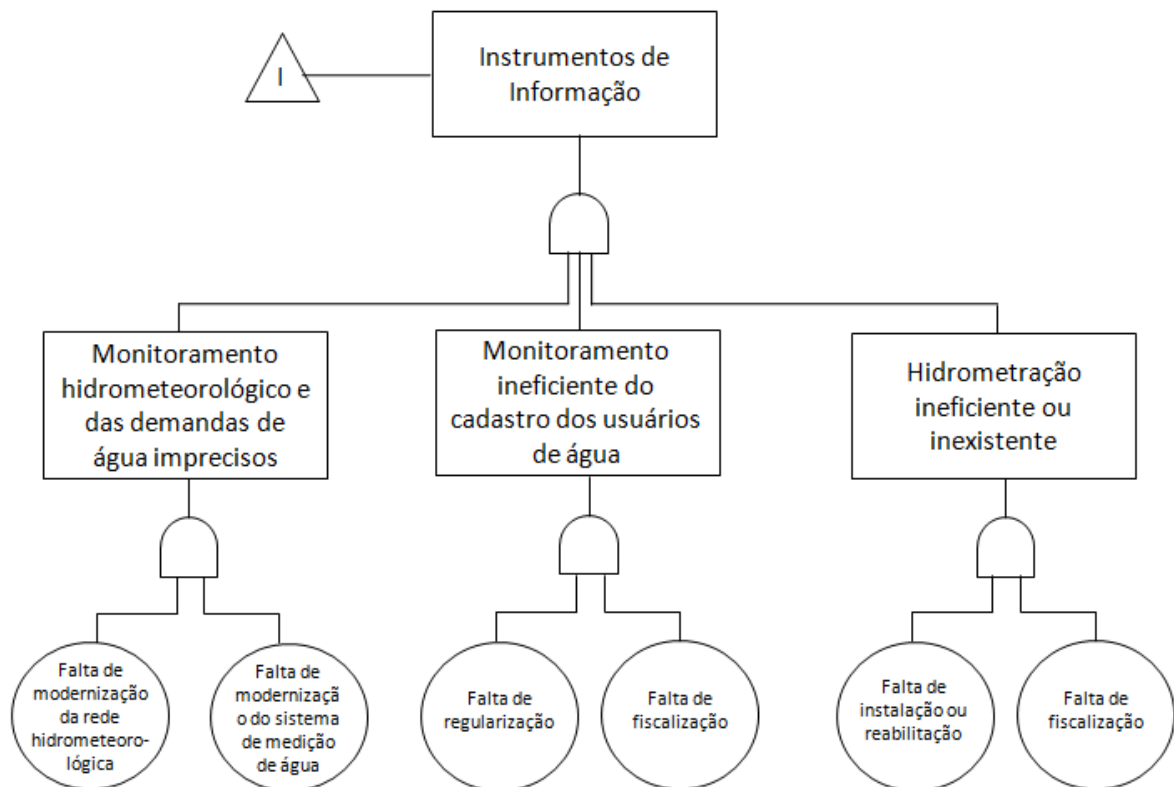
Fonte: Arquivo da pesquisa

Figura 9 – Evento topo da Árvore de Falhas



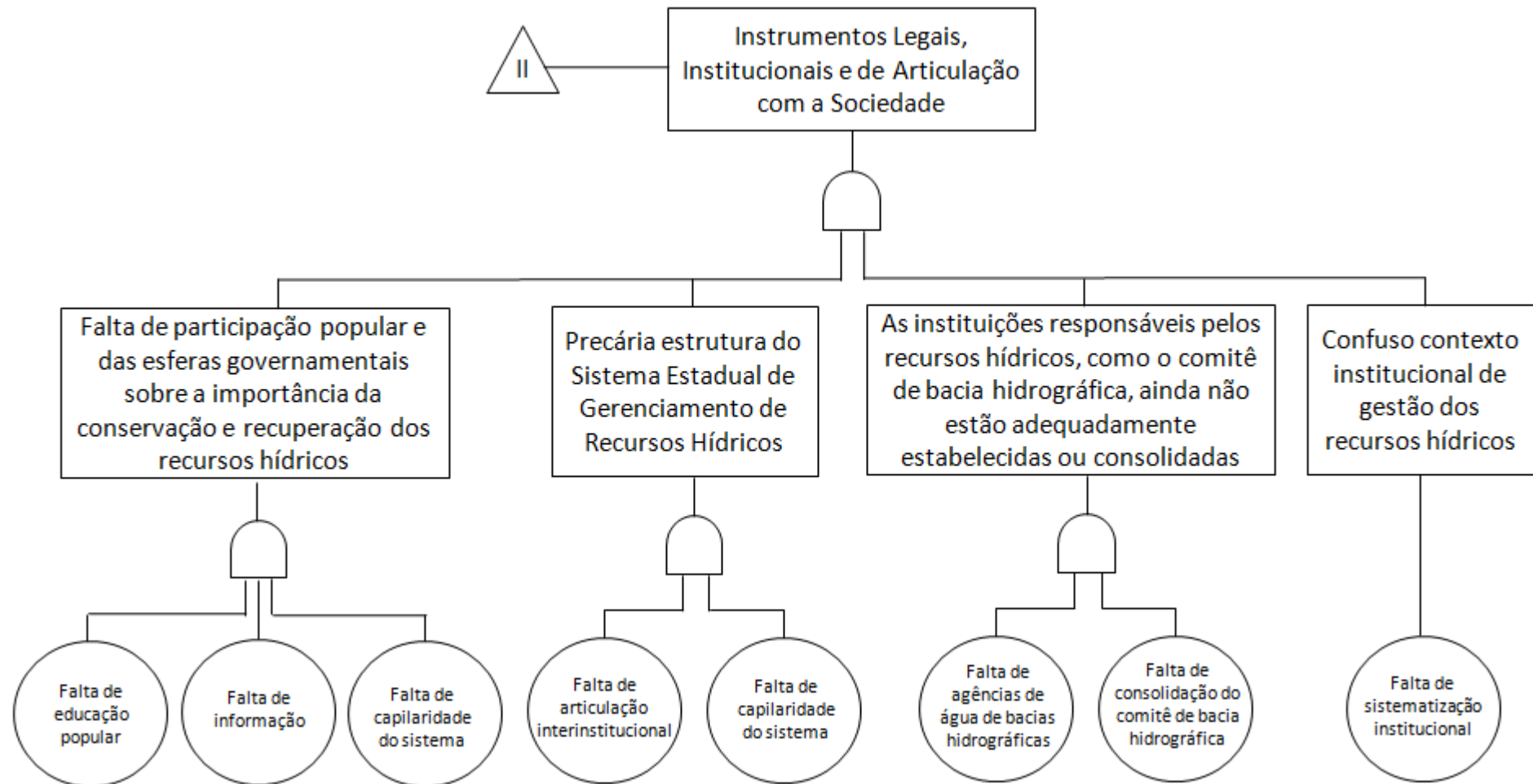
Fonte: Arquivo da pesquisa

Figura 10 – Falhas nos Instrumentos de Informação



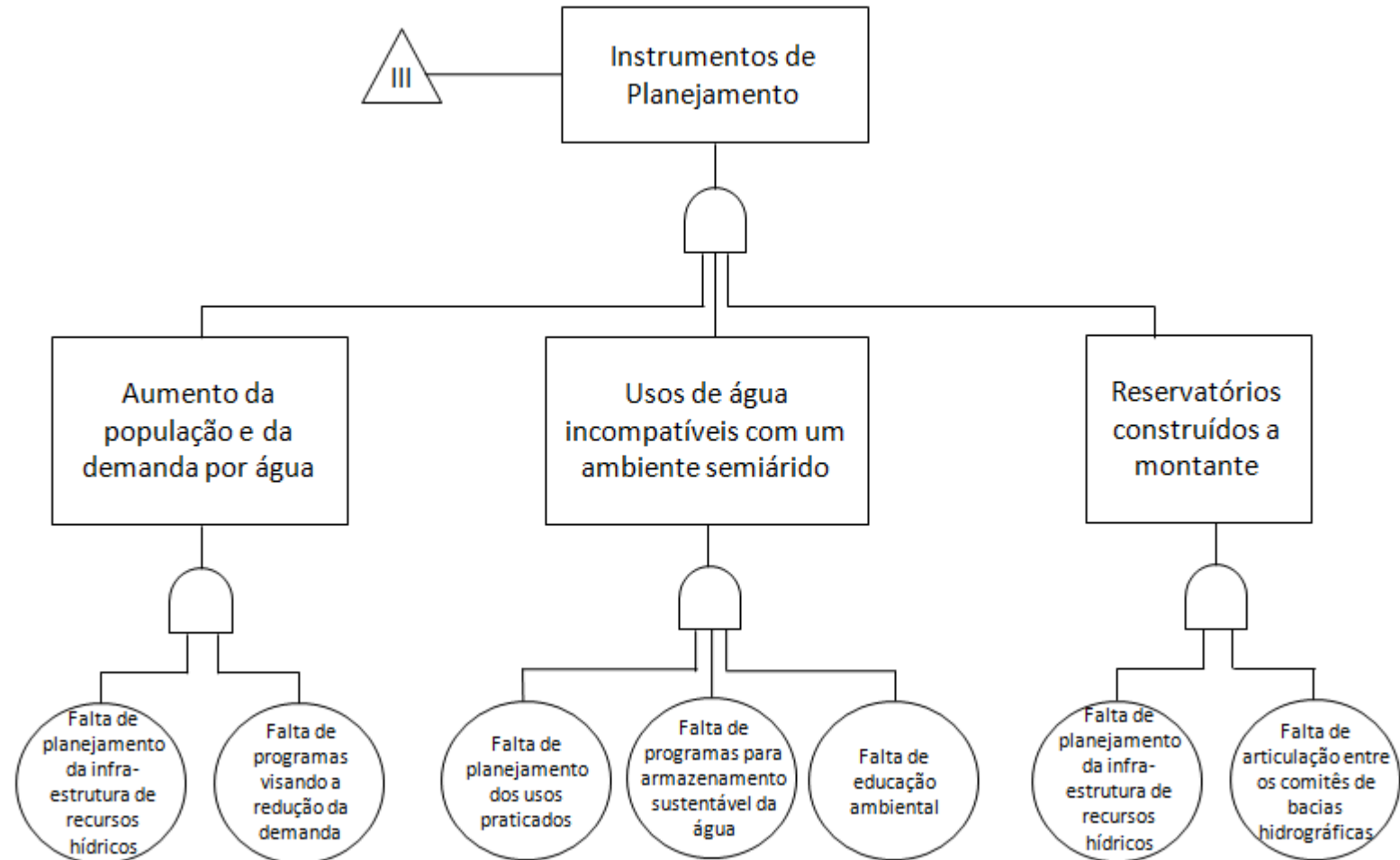
Fonte: Arquivo da pesquisa

Figura 11 – Falhas nos Instrumentos Legais, Institucionais e de Articulação com a Sociedade



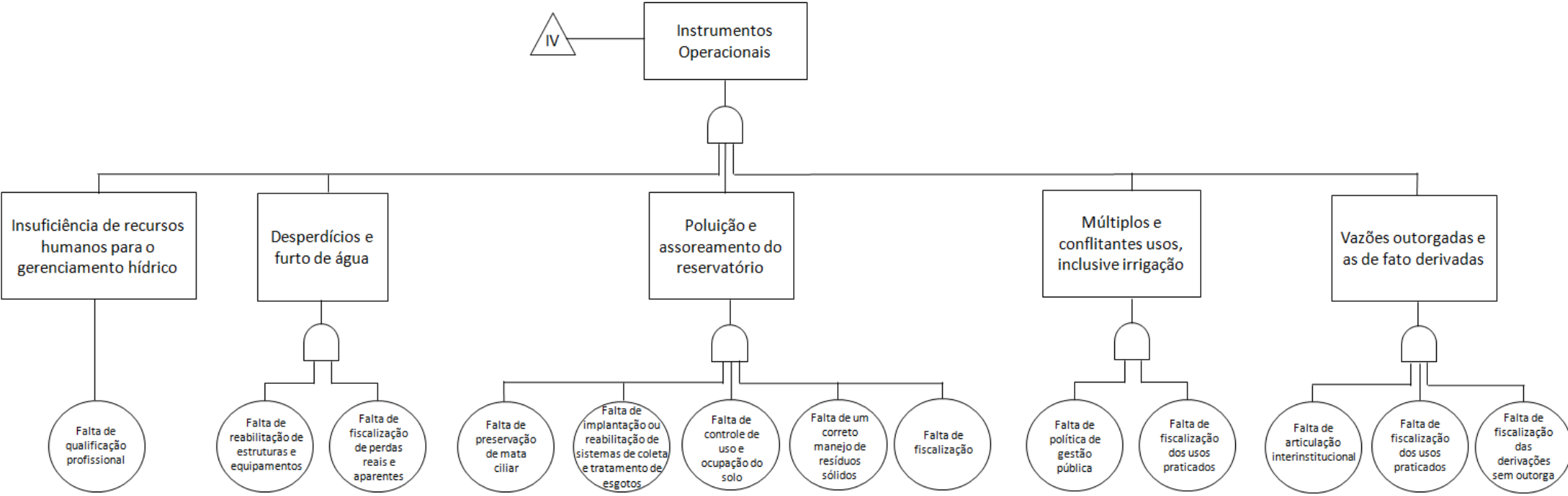
Fonte: Arquivo da pesquisa

Figura 12 – Falhas nos Instrumentos de Planejamento



Fonte: Arquivo da pesquisa

Figura 13 – Falhas nos Instrumentos Operacionais



Fonte: Arquivo da pesquisa

a) Instrumentos de Informação

- A falha no monitoramento hidrometeorológico e das demandas de água se dá devido à necessidade de modernização dos instrumentos de informação e falta de investimentos financeiros. Os Fundos Estaduais de Recursos Hídricos (FERH), previstos nas legislações estaduais de recursos hídricos, têm entre seus objetivos promover a aplicação de recursos financeiros na implementação do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos; desenvolver ações, programas e projetos decorrentes dos planos de bacias hidrográficas; financiamentos de pesquisas; financiar ações de recuperação, despoluição e preservação de mananciais e dos ecossistemas aquáticos; além do apoio à fiscalização do uso dos recursos hídricos nos estados.
- O Cadastro de Usuários de Águas é parte essencial para o conhecimento do perfil de quem utiliza os recursos hídricos de uma região, constituindo-se em um dos elementos previstos para o Sistema de Informações de Recursos Hídricos. Consiste num processo que se inicia com o Cadastro de Usuários de Águas de quem usa as águas do reservatório e se conclui com a emissão da outorga de direito desses usos. A ineficiência no monitoramento do cadastro de usuários de águas se dá por falta de fiscalização e regularização das outorgas de direito de uso. Essas falhas podem ser prevenidas com o correto cadastramento dos usuários e mitigadas com a fiscalização e consequente regularização desses cadastros. A regularização é importante para conhecer e organizar os diversos usos para tornar mais eficiente a gestão dos recursos hídricos.
- Mais do que um equipamento responsável por medir a água consumida pelos clientes, o hidrômetro é, na realidade, um instrumento de gestão dos recursos hídricos, que auxiliam no controle dos usos e consumo da água. Seu perfeito funcionamento é essencial no controle de perdas e redução do desperdício, controle do faturamento e todo o gerenciamento para a correta cobrança pelo consumo de água. Em muitas residências a hidrometração não existe ou é ineficiente, necessitando de implantação ou reabilitação desses equipamentos. Além disso, há por parte das concessionárias de água falta de fiscalização dos usuários com adequada hidrometração.

O hidrômetro e a posterior emissão de conta conforme o que foi consumido também ajudam a conscientizar os consumidores sobre a importância da utilização racional da água e de se evitar vazamentos e desperdícios.

b) Instrumentos Legais, Institucionais e de Articulação com a Sociedade

- A falta de participação popular e governamental se deve primeiramente à falha na educação da população, sendo assim, esta não toma consciência da necessidade de preservação dos recursos hídricos e não participa ativamente nas decisões sobre a gestão destes. Além da educação, há falta de informação sobre a importância de conservação da bacia hidrográfica na qual o reservatório está inserido e sobre o valor dos recursos hídricos, como também falta de mídia sobre o assunto, com programas voltados para a importância da adoção do paradigma da preservação dos recursos naturais.

A falta de capilaridade do sistema também é um problema a ser considerado, já que ele não é ampliado de forma que a sociedade tome conhecimento sobre o mesmo e passe a participar da tomada de decisões sobre a gestão dos recursos hídricos, conforme exige o princípio da subsidiariedade. Programas oficiais de governo desempenham papel importante nesse processo. Por exemplo, o MMA elaborou o Plano Nacional de Juventude e Meio Ambiente (PNJMA), instituído pela Portaria Interministerial nº 390, de 18 de novembro de 2015, orientado pelos princípios do Estatuto da Juventude, lei brasileira aprovada em 2013, que garante aos jovens o direito à sustentabilidade e ao meio ambiente e que tem como um de seus objetivos ampliar a participação de jovens na gestão dos recursos hídricos. Essa é uma ferramenta de grande valia para incentivar as novas gerações a participarem ativamente na tomada de decisões sobre as questões referentes à gestão dos recursos hídricos.

Vaz e Cruz (2004) citam que o envolvimento dos usuários, população da bacia e governo no planejamento dos recursos hídricos torna o processo mais lento e complexo, porém com resultados mais próximos à realidade da bacia e mais distantes de falhas e distorções.

Somente com a participação da população da bacia será possível identificar a verdadeira realidade da região e definir estratégias de ação que possuam viabilidade de implementação. De fato, a participação popular e das esferas

governamentais sobre a importância da conservação e recuperação dos recursos hídricos é de caráter preventivo e sua falta pode ser administrada com mais investimentos na educação ambiental, que é um instrumento valioso de implementação da política ambiental, devendo focar a proteção e o uso sustentável da água, a conservação de bacias hidrográficas e a difusão das políticas nacional e estaduais de recursos hídricos.

A atuação dos comitês de bacias é fundamental na promoção do debate das questões relacionadas aos recursos hídricos e na articulação da atuação das entidades intervenientes, conforme prevê o Inciso I, do Art. 38, da Lei 9433/1997. Na prática, essa atuação deve ser orientada com base nos fundamentos legais das políticas de educação ambiental, que buscam ampliar a consciência crítica e reflexiva da sociedade e dos gestores públicos sobre a problemática da água.

- A precária estrutura do sistema estadual de recursos hídricos se dá pela falta de articulação interinstitucional e de capilaridade do sistema como um todo. Um exemplo desta falta de articulação é com relação às outorgas de vazão de retirada do açude, pois, tendo a ANA outorgado à CAGEPA uma vazão de 1.300 L/s e esta feito captações de 1.500 L/s, neste caso, a AESA não cumpriu o papel de fiscalização da vazão retirada pela concessionária de água, a qual descumpriu a outorga concedida pela ANA.
- O confuso contexto institucional de gestão dos recursos hídricos se dá devido à uma falta de sistematização institucional, onde se fazem necessárias um processo de gestão descentralizado e uma maior capilaridade e organização entre as instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos. De acordo com Johnsson e Lopes (2003), a descentralização do processo de planejamento e gerenciamento deverá ser ainda mais fortalecida pela criação de instituições executivas (agências de água de bacias), ágeis e flexíveis para dar suporte técnico, administrativo e financeiro aos comitês de bacias. Por outro lado, deve ser reconhecido o atraso no processo de implantação e consolidação dessas instituições e a falta de uma agenda objetiva para isso.

c) Instrumentos de Planejamento

- O aumento da população determina, ordinariamente, aumentos de demanda de recursos diversos, tendo o processo de gestão o objetivo principal de buscar o equilíbrio entre essas demandas e as respectivas disponibilidades desses recursos. O aumento da disponibilidade pode exigir investimentos além da capacidade de pagamento da população, bem como pode requerer mudanças de abordagem tecnológica, de concepção de projetos e gerenciais. Em regiões semiáridas, a difusão da adoção de reservação em pequenas barragens subterrâneas, ao lado da construção de açudes, pode representar importante mudança visando o alcance do objetivo do processo de gestão de recursos hídricos. Mas, nem sempre esse equilíbrio pode ser atendido pelo aumento da oferta em vista de sua escassez ou não renovabilidade o que implica na necessidade do estabelecimento de programas visando a redução de demanda os quais devem induzir mudanças de hábitos e paradigmas.
- Além da demanda crescente por água, o consumo deste recurso na região, na qual o reservatório está inserido, é incompatível com o ambiente semiárido. Isso se deve principalmente por uma falta de planejamento dos usos praticados com as águas da bacia hidráulica do reservatório. A região semiárida tem como característica a baixa umidade do ar e, devido a isso, as taxas de evaporação das águas do reservatório são bastante elevadas. Este problema pode ser mitigado com medidas de controle e pelo desenvolvimento de programas de armazenamento sustentável de água, como o uso de cisternas e poços que auxiliam nos usos domésticos e na irrigação de pequenas culturas.
- Devido à falta de planejamento da infraestrutura de recursos hídricos, de articulação entre os comitês de bacias e de um plano diretor para gestão das águas da bacia hidrográfica, foram construídos reservatórios a montante do açude de Boqueirão, fazendo-se necessárias chuvas regulares e de altura e intensidade consideráveis para que ocorra a distribuição de águas desses pequenos reservatórios para o manancial de Boqueirão. O plano de recursos hídricos não deve ser apenas um documento, mas um processo dinâmico, com avaliação contínua e sempre elaborado com a participação efetiva do comitê, em perfeita

sintonia com a sociedade da bacia. Mas, não há evidências claras de programas de monitoração e o controle do desenvolvimento dos planos, nem tampouco revisão e adequação do conteúdo dos mesmos a novas realidades.

d) Instrumentos Operacionais

- A insuficiência de recursos humanos especializados e também de conhecimentos técnicos e científicos adaptados à realidade local se dá por falta de investimento financeiro para qualificação dos profissionais que já integram o quadro de empregados e também para contratação de novos profissionais de nível técnico e superior qualificados para execução dessa tarefa. A solução da insuficiência de recursos humanos para promover o gerenciamento hídrico é de caráter preventivo, mas depende de mais investimento financeiro, o que, na maioria das circunstâncias, é um importante gargalo a superar no âmbito do processo de gestão.
- Por causa de vazamentos e furtos, grande volume de água se perde no Brasil entre a captação e a torneira do consumidor. A solução está diretamente relacionada à adoção de programas de controle e fiscalização, incluindo programas de reabilitação de estruturas e equipamentos e de fiscalização de perdas reais e aparentes. As perdas reais são caracterizadas por vazamentos em tubulações, particularmente as da rede de distribuição, que por serem enterradas, ensejam a ocorrência de fugas subterrâneas de água, imperceptíveis sobre o pavimento. Já as perdas aparentes, por sua vez, são referentes aos volumes de água efetivamente consumidos pelos usuários, mas que, devido a uma série de fatores, não puderam ser contabilizados e faturados pelo prestador de serviço, a exemplo da submedição nos hidrômetros, erros de leitura, fraudes nas ligações de água e inadimplências do consumidor.
- Causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade e, eventualmente o assoreamento dos corpos de água, embora seja crime ambiental no Brasil, ainda é muito comum, principalmente, em locais onde a fiscalização do poder público não existe ou é ineficiente. Para combater esse problema, a melhor medida é trabalhar na sua prevenção, preservando as matas ciliares, implantando e/ou reabilitando de

sistemas de coleta e tratamento de esgotos, recuperação e revitalização dos cursos d'água, controle dos usos e ocupação do solo e correto manejo de resíduos sólidos. Além disso, é necessário conscientizar a população a respeito dos problemas causados pela poluição das águas.

- Os recursos hídricos e seus múltiplos e conflitantes usos representam um dos grandes desafios devido à diminuição da sua disponibilidade, tanto no seu aspecto quantitativo quanto qualitativo, intensificando os conflitos pelo acesso, uso, consumo e gestão desse recurso, constituindo-se um problema social e de política pública. A irrigação é uma das práticas responsáveis pela atual escassez hídrica do reservatório de Boqueirão e, mesmo estando suspensa por ordem judicial, o furto de água para irrigação ainda está presente, mostrando a falha na fiscalização dos usos praticados.

- De acordo com entrevista realizada com Isnaldo Cândido Costa, então gerente da AESA, no ano de 2007, a irrigação mesmo proibida por uma liminar judicial, é praticada. A AESA como órgão gestor dos recursos hídricos do Estado tem como função conceder outorgas de direito de uso, exercer fiscalização e promover monitoramento hídrico. Mas, no caso do açude Epitácio Pessoa, só foi exercida a função de monitoramento do manancial, visto que, em decorrência da liminar judicial, não podia conceder outorgas de direito de uso, e, por falta de recursos, a fiscalização torna-se de difícil realização. Também ocorrem divergências entre vazões outorgadas e as de fato derivadas do reservatório evidenciando falta de articulação institucional.

Dez anos após esta entrevista, constata-se que não houve muito progresso na gestão do açude Epitácio Pessoa, visto que continua havendo derivações sem outorga para irrigação e sem a fiscalização dos usos praticados devido à falta de recursos.

4.2 Sugestões para uma melhor gestão do açude Epitácio Pessoa

Segundo Rêgo et al. (2002), as práticas sustentáveis de gestão, que poderiam reduzir o risco de colapso no abastecimento, são:

- a)** Controle das demandas urbanas, evitando consumo excessivo e perdas na rede de distribuição. Limitação da irrigação à área a jusante do reservatório e à chamada “irrigação de salvação”, ou suplementar, empregada apenas durante a estação chuvosa, para evitar o estresse hídrico durante os chamados “veranicos” (períodos de algumas semanas sem chuva dentro da estação chuvosa);
- b)** Controle do uso de fertilizantes e produtos químicos nas áreas agrícolas a montante do reservatório, de modo a preservar a qualidade da água;
- c)** Controle da ação antrópica na bacia hidrográfica contribuinte ao reservatório, evitando a excessiva construção de novos reservatórios e evitando perdas de solo por erosão e o consequente assoreamento da bacia hidráulica;
- d)** Monitoramento adequado da bacia hidrográfica, do reservatório e do uso da água;

Instalada a crise hídrica no reservatório, são necessárias algumas ações imediatas a serem tomadas para minimizar os efeitos negativos causados pela escassez hídrica. Dessa forma, Rêgo et al. (2013) afirmam que, são ações consideradas necessárias a curtíssimo prazo:

- a)** Controlar e fiscalizar, efetivamente, toda e qualquer retirada de água do reservatório, instalando ou exigindo dos usuários a instalação de medidores permanentes e de precisão;
- b)** Regularizar as outorgas emitidas ou por emitir, sem desconsiderar que as retiradas totais de água não podem ser superiores à oferta garantida pelo reservatório;
- c)** Exigir do usuário outorgado CAGEPA providências imediatas para redução, ao mínimo, das perdas de água nos diversos sistemas de abastecimento sob sua responsabilidade;
- d)** Impedir as retiradas sem outorga para irrigação até que se tenham meios para o controle quanti-qualitativo deste uso, respeitando o limite de retirada do açude (vazão garantida) e assegurando o suprimento do uso prioritário (abastecimento humano e animal).

Outras sugestões que podem ser consideradas:

- a)** É necessário que os poderes públicos (municipal, estadual e federal) busquem implementar políticas mais efetivas para melhorar a eficiência na gestão dos recursos hídricos. Considerar não somente a gestão do açude Epitácio Pessoa, mas também dos rios Paraíba e Taperoá que influenciam diretamente no seu sistema de gestão;
- b)** Por questões culturais ou por nunca ter tido problemas de escassez hídrica, grande parte da população não tem a preocupação de poupar água, pois acha que ela é um recurso ilimitado, por isso é necessário realizar campanhas para conscientização da população sobre os problemas e as consequências

que esta pode sofrer a partir do mau uso dos recursos que compõem toda a bacia hidrográfica;

- c)** De acordo com Brito op. cit., quanto aos atores locais (poderes públicos municipais, representante dos irrigantes, dos pescadores e outros segmentos), estes precisam atentar que não se pode esperar apenas uma solução proposta pelos atores externos, como acontece atualmente. É necessário conscientizar as comunidades que estas precisam mudar de atitude no que diz respeito às suas relações com a bacia hidrográfica e suas práticas de uso da água do açude, que têm sido responsáveis pela degradação dos seus recursos;
- d)** Uma fiscalização permanente da AESA com relação aos usos sem outorga e da CAGEPA com relação aos desperdícios gerados nas redes de distribuição da cidade;
- e)** Reflorestamento nas margens do açude, área composta de mata ciliar que é considerada pelo Código Florestal Federal como APP – “área de preservação permanente”, evitando o assoreamento do reservatório;
- f)** Estabelecimento de leis proibitivas do uso de água tratada para determinados fins, a exemplo de aguação de jardins, praças públicas e canteiros. Para tais, poderia ser utilizada água não tratada. No caso de Campina Grande, onde esta prática é mais comum, ao invés de usar a água do açude Epitácio Pessoa, as águas dos açudes Velho e de Bodocongó poderiam atender a esses objetivos. A propósito, em alguns locais da cidade essa prática já é empregada com o uso do carro-pipa. A sugestão é que esse exemplo seja generalizado a todas as aguações da cidade. De igual modo, poderiam ser aplicadas multas às residências que fossem flagradas lavando calçadas e ruas com água tratada. Tais medidas, certamente, diminuiriam as pressões em relação ao açude Epitácio Pessoa, e, conseqüentemente, reduziriam a possibilidade de problemas de abastecimento e conflitos pelo uso de suas águas (BRITO op. cit.);

- g)** Investimentos para capacitação de profissionais que já integram o quadro de empregados e contratação de novos profissionais capacitados, de nível técnico e superior, para as atividades relacionadas à gestão dos recursos hídricos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente demanda por água e a conseqüente diminuição da oferta, atreladas a fatores de ordem legal, operacional e de falta de planejamento e gestão dos recursos hídricos culminou na escassez hídrica do açude Epitácio Pessoa.

A revisão de literatura contribuiu para a elaboração da metodologia aplicada, a qual permitiu uma visualização mais sistemática das falhas ocorridas na gestão dos recursos hídricos do referido reservatório.

A análise da metodologia apresentou falhas nos quatro instrumentos de gestão dos recursos hídricos propostos pela AESA (Instrumentos de Informação; Instrumentos Legais, Institucionais e de Articulação com a Sociedade; Instrumentos de Planejamento e Instrumentos Operacionais). Pôde ser constatado que dentre elas, as mais frequentes foram aquelas devidas à falta de planejamento e recursos financeiros. Também, como o exercício da gestão dos recursos hídricos deve se dar de forma integrada entre os vários níveis de planejamento e o sistema, como um todo, deve apresentar capilaridade, pôde ser verificado que isto não é realidade no nosso cenário. Outro fator importante apontado pela análise é com relação à falta de agências de águas de bacias associadas aos respectivos comitês, que seria o ideal para acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos e ditar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas. Mas, isso não ocorre devido à falta de investimentos financeiros para a implementação dessas agências. Além disso, a Lei Federal nº 9.433/97, limita os gastos administrativos e de monitoramento do sistema de gestão (7,5% do valor total arrecadado com a cobrança) com a agência, o que pode inviabilizar a implementação e o funcionamento de agências em bacias de pequeno porte.

REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.pb.gov.br/aesa>>. Acesso em: 21/10/2016.

BRASIL, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm> Acesso em: 16/11/2016.

BRITO, F. B. de. **O conflito pelo uso da água do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) - PB**. 208 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Geografia. João Pessoa, Paraíba, 2008.

CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X. **Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos**. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, vol. 13, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n4/a11v13n4.pdf>>. Acesso em: 14/09/2016.

CARNEIRO, F. C. S. **Avaliação de riscos: Aplicação a um processo de construção**. 2011. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Aveiro, Portugal, 2011.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas**. Relatório de Fase I, Tomo I. Diagnóstico e Estudos Básicos. Fortaleza, Governo do Estado do Ceará, 2000.

COSTA, I. C.. **Análise da evolução volumétrica do aporte de sedimentos ao reservatório Epitácio Pessoa – PB**. Monografia aprovada pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos. 2006.

DNOCS. (Relatório Nº 2): **Diagnóstico Ambiental do Açude Público Epitácio Pessoa**. João Pessoa, 2005.

GUIMARÃES, A.O., MELO, A. D. de, CEBALLOS, B. S. O. de; GALVÃO, C. O. de; RIBEIRO, M. M. R.R.; **Aspectos da gestão do açude Epitácio Pessoa (PB) e**

variação da qualidade de água. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande/MS, 2005.

HENKES, S. L. **Gestão dos Recursos Hídricos: ACERTOS E ERROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAÍ/SC.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

JOHNSSON, R. M. F. (org.); LOPES, P. D. (org.) **Retrato 3x4 das bacias pesquisadas.** (Série Projeto Marca d'água: seguindo as mudanças na gestão das bacias hidrográficas do Brasil, v.1). Brasília: Finatec, 2003.

MOURA NETO, F. **Concepção dos alunos do ensino médio sobre o uso e conservação da água.** Dissertação de Mestrado apresentado a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Estadual da Paraíba, 2003.

NASCIMENTO, R. S.; OLIVEIRA, R. **Avaliação de Risco.** Aula proferida na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, 2016.

OLIVEIRA, R. **Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.** Aula proferida na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, 2015.

PARAÍBA. Lei nº 7.779, de 07 de julho de 2005. **Cria a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA e dá outras providências.** Disponível em: <
www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/estadual/7779_05_cria_aesa.pdf> Acesso em: 05/12/2016.

PARAÍBA. Secretaria do Estado de Ciências e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA, PERH – PB: **Plano Estadual dos Recursos Hídricos: resumo executivo & Atlas / Governo do Estado da Paraíba; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA – Brasília, DF: Consorcio TC/BR – Concremat, 2006.**

RÊGO, J. C. ; GALVÃO, C. O. ; RIBEIRO, M. M. R. ; ALBUQUERQUE, J. P. T.. **Sustentabilidade da oferta de água para abastecimento urbano no semi-árido brasileiro: o caso Campina Grande.** In: Seminário Planejamento, Projeto e Operação de Redes de Abastecimento de Água: O Estado da Arte e Questões Avançadas, 2002, João Pessoa. Anais do Seminário Planejamento, Projeto e Operação de Redes de Abastecimento de Água: O Estado da Arte e Questões Avançadas, 2002.

RÊGO, 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 Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, Nov. 2013.

RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; RIBEIRO, M. M. R. **Uma Análise da Crise 1998-2000 no Abastecimento d'Água de Campina Grande – PB.** In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 4, 2000, Natal. Anais... Natal: ABRH, 2000. v. 02. p. 459-468.

RÊGO, 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 Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa, Nov. 2012.

RÊGO, 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 Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal, Nov. 2014.

SUCENA. M. P. **Módulo 6. Árvore de Falhas.** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.sucena.eng.br/IME/Mod6_ArvoreFalhas2008.pdf> Acesso em: 07/10/2016.

VAZ, V. B.; CRUZ, J. C. **Planejamento de bacias hidrográficas: o caso da bacia do rio Pardo no Rio Grande do Sul.** In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 7, 2004, São Luiz.

