



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**CONDIÇÕES OPERACIONAIS DE ESTRUTURAS HÍDRICAS DESTINADAS  
AO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO VALE DO RIO PAJEÚ**

**ANA KARLLA PENNA ROCHA**

Monografia apresentada ao Curso  
de Agronomia da Universidade  
Federal Rural de Pernambuco,  
como parte das exigências para  
conclusão do curso.

Orientador  
**Genival Barros Junior**

**SERRA TALHADA**  
**PERNAMBUCO – BRASIL**  
**2018**

**ANA KARLLA PENNA ROCHA**

**CONDIÇÕES OPERACIONAIS DE ESTRUTURAS HÍDRICAS DESTINADAS  
AO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO VALE DO RIO PAJEÚ**

Monografia apresentada ao Curso  
de Agronomia da Universidade  
Federal Rural de Pernambuco,  
como parte das exigências para  
conclusão do curso.

**APROVADA em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_**

**Luciana Sandra Bastos de Souza**

Professora Doutora UFRPE

**Rodolfo Marcondes Silva Souza**

Engenheiro Agrônomo

**Genival Barros Junior**

Orientador

**SERRA TALHADA  
PERNAMBUCO – BRASIL**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

R672c Rocha, Ana Karlla Penna

Condições operacionais de estruturas hídricas destinadas ao armazenamento de água no Vale do Rio Pajeú / Ana Karlla Penna Rocha.  
– Serra Talhada, 2018.

46 f.: il.

Orientador: Genival Barros Junior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2019.

Inclui referências, apêndice.

1. Barragens e açudes - Segurança. 2. Abastecimento de água. 3. Rio Pajeú. I. Barros Junior, Genival, orient. II. Título.

CDD 630

Dedico esta monografia à minha família

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, a quem devo tudo que tenho e tudo que irei conseguir.

Aos meus pais, Márcia e Antônio, por proporcionarem parte do meu conhecimento, desde a infância até a conclusão do meu curso.

Ao meu esposo, Claudio, que sempre me ajudou a ter confiança, perseverança e força em todos os momentos.

Ao meu filho, Luis, por ser o brilho dos meus olhos.

Aos meus irmãos que estiveram comigo e que ainda estão, que me ajudaram e caminham comigo.

Aos meus amigos da universidade, em especial ao grupo de estudo AG formado por Larissa, Joyce, Andressa e Aiane. Vocês fizeram parte de um momento especial da minha vida e sempre me apoiaram e ajudaram quando mais necessitei.

E aos meus professores da graduação, especialmente, ao meu orientador Genival que, além do conhecimento técnico, me deram exemplos de vida, o que me fez ganhar experiência e crescer como pessoa.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	8
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
5 CONCLUSÕES .....	37
6 BIBLIOGRAFIA CITADA .....	38
7 APÊNDICE .....	42

## RESUMO

Um dos problemas relacionados aos recursos hídricos no Brasil, além do uso inconsciente e em demasia feito pela população, é a sua distribuição geográfica irregular, de forma que apenas 3% destes recursos estão localizados no Nordeste, região que abriga 27,83% da população do país e é caracterizada por evaporações anuais elevadas e índices baixos de precipitações, que são ainda menores na região Semiárida. Neste contexto, um dos rios mais importantes do Estado de Pernambuco e que constitui a maior bacia hidrográfica pernambucana é o Pajeú, o qual nasce no município de Brejinho – PE e deságua na barragem de Itaparica com foz localizada entre os Municípios de Floresta e Itacuruba. Por se tratar de rio intermitente uma das principais iniciativas do poder público para aumentar a oferta hídrica ao longo do tempo foi e continua sendo a construção de grandes obras hidráulicas como açudes e barragens, cujo propósito é de armazenar água para abastecimento das cidades e para o cultivo de terras e criatórios de animais. Ao longo do Rio Pajeú existem 30 reservatórios com capacidade superior a 1 milhão de m<sup>3</sup> de água, sendo a barragem de Serrinha a que possui maior potencial de armazenamento com 311 milhões de m<sup>3</sup>. Em função da falta de informação sobre o atual estado destas estruturas hídricas, o presente trabalho se propôs a levantar, no período de agosto a dezembro de 2018, o estado de conservação e a dinâmica de operação de 6 dos principais corpos hídricos do Rio Pajeú e seus afluentes. Para tanto foram realizados levantamentos *in loco* dos aspectos estruturais e operacionais destes barramentos, bem como foram realizadas abordagens junto aos gestores de cada uma delas. Constatou-se que a maioria das estruturas apresentam um quadro de abandono preocupante, sendo Brotas e Jazigo os casos mais graves e Saco I o que possui a melhor condição entre todas elas, porém todas podem ser classificadas como de alto dano potencial associado e alta categoria de risco, portanto, propensas a rupturas caso permaneçam sem a contemplação a curto prazo de um plano de manejo e manutenção preventiva.

Palavras-chave: segurança de barragens, abastecimento de água, rio endorreico.

## ABSTRACT

One of the problems related to water resources in Brazil, beyond the unconscious use of the water and overused by population, it's your irregular geographical distribution, so that only 3% of these resources are located in the Northeast, region that owns 27,3% of the population of the country and is characterized by high annual evaporation rates and low precipitation rates, which are even smaller in the Semiarid region. In this context, one of the most important rivers of the state of Pernambuco and that constitutes the greater hydrographic basin is the Pajeú, which is born in the city of Brejinho - PE and flows into the Itaparica dam, with a river mouth located between the cities of Floresta and Itacuruba. Because it's an intermittent river, one of the main initiatives of the public power to increase the water supply over time has been and continues to be the construction of large hydraulic works such as dams, whose purpose it's to store water for supplying the cities and for the cultivation of land and animal breeding. Along the Pajeú River there are 30 reservoirs with a capacity of more than 1 million m<sup>3</sup> of water, and the Serrinha dam has the highest storage potential with 311 million m<sup>3</sup>. Due to the lack of information on the current state of these water structures, the present work proposed to raise, between August and December of the 2018, the state of conservation and the operating dynamics of six of the main water bodies of the Pajeú River and its tributaries. Therefore were done surveys *in loco* of the structural and operational aspects of these dams, as well as approaches were taken with the managers of each one. It was found that most of the structures show a worrying dereliction scenario, with Brotas and Jazigo dams being the most serious cases and Saco I, which has the best condition among all of them, however all can be classified as high associated potential harm and high category therefore, prone to disruption if they remain without the short-term contemplation of a preventive management and maintenance plan.

Palavras-chave: dam safety, water supply, endorheic river.

## **1 INTRODUÇÃO**

O globo terrestre possui cerca de 75% de água em toda sua extensão, porém, por sua condição natural e de origem (geleiras congeladas e oceanos salgados), apenas 3 % desta é apta para o consumo humano ou animal. Nesta conjuntura o Brasil é um país privilegiado por possuir aproximadamente 12% de toda a água potável do mundo (O ECO, 2014).

Apesar disso, o uso inconsciente e em demasia tornam-se grandes problemas e associadas a este, a má distribuição, onde apenas 3% destes recursos estão localizados no Nordeste, região que abriga 27,83% da população brasileira e ainda em menor proporção no Semiárido, em que parte desta água é subterrânea e com teores de sais acima do permitido para o consumo humano e de animais (IBGE, 2010; BRASIL, 2005). O Estado de Pernambuco tem 88% de toda sua área inserida na região semiárida, nesta porção a precipitação média é igual ou inferior a 800 mm/ano e possui alto risco de ocorrência de eventos extremos de seca em função dos baixos índices pluviométricos associados a sua grande variabilidade temporal e espacial (BRASIL, 2017).

Um dos rios mais importantes do Estado de Pernambuco e que constitui a maior bacia hidrográfica pernambucana é o Pajeú. Este nasce no município de Brejinho – PE e deságua na barragem de Itaparica com foz localizada entre os Municípios de Floresta e Itacuruba, ambos em território pernambucano. O rio percorre 353 km de extensão e margeia 27 municípios – incluindo Serra Talhada com aproximadamente 86.000 habitantes (IBGE, 2017). Sua drenagem ocorre no interior do continente (endorréico) direcionando-se para o rio São Francisco, e apresenta regime intermitente e domínio estadual cuja gestão é de responsabilidade da Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC. Por se tratar de rio intermitente uma das principais soluções para aumentar a oferta hídrica encontrada pelos Governos Federal e Estaduais ao longo dos anos foi a construção de grandes obras hidráulicas como açudes e barragens, cujo propósito é de armazenar água para abastecimento das cidades, para o cultivo de terras e criatórios de animais.

Açudes e barragens são considerados tecnologias sociais de convivência com a seca, instaladas no leito de um rio a fim de represar certa quantidade de água, sendo a última de maior extensão. No entanto, possuem desvantagens consideráveis quando instaladas em regiões semiáridas logo que, quanto maior sua extensão, maior será a perda de água armazenada por evaporação e, como toda obra hidráulica, necessitam de

acompanhamento técnico especializado para manejo, fiscalização, manutenção e reparos quando necessários (BRASIL, 2002).

Ao longo do Rio Pajeú existem 30 reservatórios com capacidade acima de 1 milhão de m<sup>3</sup> de água, sendo a barragem de Serrinha II a que possui maior potencial de armazenamento com 311 milhões de m<sup>3</sup>.

No entanto, ao visualizarmos as principais obras de armazenamento de água ao longo do Rio Pajeú, constata-se que o estado atual das condições operacionais destes corpos hídricos apresenta uma visível e preocupante decadência, grande parte em função da ausência de ações do poder público destinadas ao manejo e conservação dos mesmos, onde, em muitos dos casos, já é possível observar fissuras, estruturas danificadas, infiltrações, vazamentos, acúmulo de materiais carreados e de uma grande quantidade de sedimentos, além da presença de árvores no leito a montante e a jusante dos barramentos, o que põe em risco a qualidade da água e o investimento público feito na região.

Diante do quadro de visível degradação, o presente trabalho se propôs a levantar as condições atuais de operação e manutenção, caracterizar o grau de deterioração e de abandono em que se encontram os principais corpos hídricos do Rio Pajeú e seus afluentes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

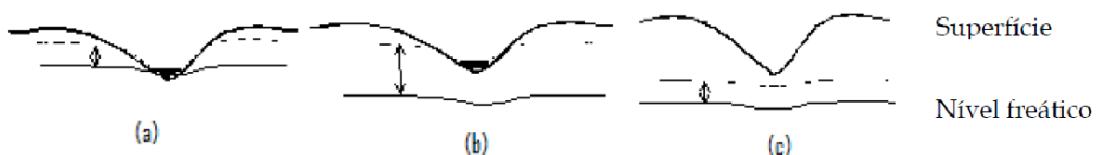
### 2.1 Vazão em rios intermitentes

A água é um elemento natural essencial para a sobrevivência e desenvolvimento dos seres vivos na Terra. Por isto, seu uso deve ser feito de forma racional e visando sempre a sustentabilidade, especialmente nas regiões semiáridas do mundo. Nestas regiões há o predomínio de rios intermitentes, onde há a suspensão natural do fluxo em certo período do ano. Porém, eles são de suma importância, pois são afluentes de rios perenes (AZEVEDO, 2012).

Os cursos de água podem ser classificados em três tipos, e tem como base a constância do escoamento superficial e a sua perenidade, são eles: rios perenes, intermitentes e efêmeros (Figura 01).

Os cursos de água perene escoam durante todo o ano por apresentarem o nível do lençol freático sempre acima do leito do rio mesmo em períodos secos. Os rios intermitentes são aqueles em que durante a época chuvosa, o nível do lençol freático encontra-se acima do leito fluvial e no período de estiagem o nível do lençol encontra-se abaixo da calha do rio, como por exemplo a maioria dos rios do Nordeste. E por último, os cursos de água efêmeros são aqueles que só existem durante o evento da chuva, seu lençol freático sempre se localiza abaixo da calha do rio e não há possibilidade de deflúvio subterrâneo (GUIMARÃES, 2017).

Figura 01 – Classificação dos cursos de água quanto à constância do escoamento superficial e perenidade. (a) rio perene, (b) rio intermitente, (c) rio efêmero.



Fonte: GUIMARÃES (2017).

O regime dos cursos de água é influenciado principalmente pela precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica e o escoamento superficial (GARCEZ e ALVAREZ, 1988). Portanto, em regiões com baixo índice de precipitação, alta evapotranspiração potencial e com períodos críticos de estiagem há predominância dos rios intermitentes,

em que se faz necessária a adoção de obras hidráulicas com o intuito de mitigar os impactos severos da escassez prolongada.

O monitoramento e o conhecimento do sistema de drenagem das Bacias Hidrográficas e dos rios intermitentes é de grande importância para verificar a disponibilidade de água para a irrigação, os impactos diretamente ligados às condições climáticas e estabelecer quais culturas que podem ser desenvolvidas na região (MONTEMOR, 2012).

## **2.2 O abastecimento de populações e a perenização dos rios intermitentes para suporte hídrico da agropecuária a partir de grandes barramentos**

Sendo um bem de domínio público, dotado de valor econômico, e em casos de escassez hídrica, ter o uso como prioritário para consumo humano e dessedentação animal (BRASIL, 1997), tanto o monitoramento da demanda, quanto a disponibilidade dos recursos hídricos regularizados pela outorga e melhoria da alocação e reserva da água, são formas de otimizar o uso consciente da mesma (DURÃES, 2014).

O Programa de Aproveitamento dos Recursos Hídricos do Nordeste - PROHIDRO, conduzido pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, foi criado com o propósito de oferecer suporte hídrico permanente ao Semiárido brasileiro, propondo a construção de açudes e a perenização de rios intermitentes (BEZERRA, 2002). Acreditava-se que a solução para a escassez hídrica no Nordeste eram as construções de açudes que garantiriam o abastecimento de água. Entretanto, observou-se que após o incentivo da política de açudagem, o desenvolvimento local não foi alcançado, pois os problemas persistiam na má distribuição hídrica (AZEVEDO et al, 2005).

Chegou-se a um consenso de que é necessário um conjunto de medidas para promover resultados sustentáveis, como por exemplo, uso de cisternas, adutoras, canais, barragens subterrâneas, dessalinização de poços, saneamento, barramentos ao longo do rio e a transferência entre bacias (AZEVEDO et al, 2005). Porém, a eficiência hidrológica dos grandes barramentos no semiárido é baixíssima devido à alta demanda atmosférica (BEZERRA, 2002). Adicionalmente, a segurança destas obras hidráulicas deixa a desejar, a exemplo de manutenção preventiva e corretiva; se faz necessário estabelecer um cadastro atualizado com as características das obras e seus aproveitamentos, além de um sistema integrado de alerta a população em caso de rompimentos, cheias e a realização de

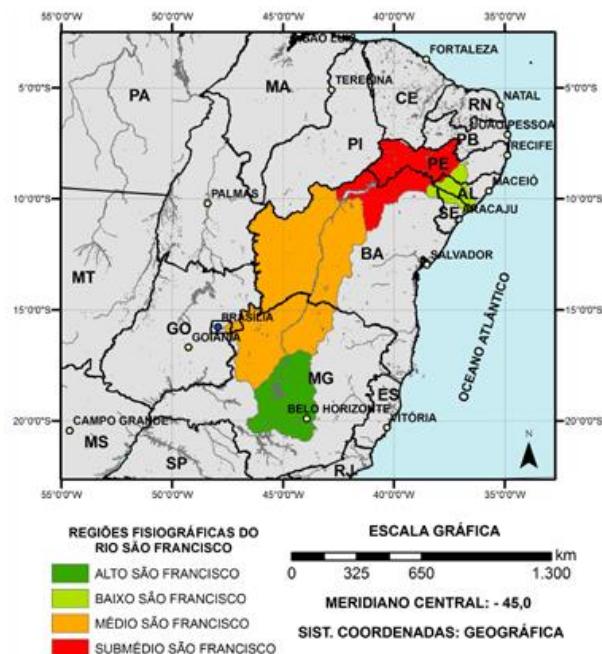
inspeções periódicas. Ainda são necessários estabelecer critérios técnicos e científicos para controlar a integridade estes reservatórios (VIEIRA, 2003).

### **2.3 As características do Rio Pajeú e seus afluentes**

O Rio Pajeú pertence à Região Hidrográfica do São Francisco e está localizado na margem esquerda do Submédio deste rio, conforme Figura 02 (SILVA et al, 2017). Os municípios da Bacia do Pajeú apresentam escassez de chuvas acentuada, portanto, em períodos de baixa pluviosidade, só é possível localizar água superficial em seus grandes reservatórios (MARANHÃO e AYRIMORAES, 2012; CONTI, 2005).

A nascente do Rio Pajeú se localiza no município de Brejinho, na divisa entre Paraíba e Pernambuco, numa altitude de aproximadamente 800 metros e deságua no lago de Itaparica, no município de Itacuruba, distante 353 km de sua nascente (APAC, 2010). No sentido montante-jusante, seus principais afluentes são os riachos Tigre, Belém, São Cristóvão, Barreira e Capim Grosso (margem direita) e; Cedro, São Domingos e do Navio (margem esquerda) (BORGES FILHO, 2012).

Figura 02 – Regiões fisiográficas da Bacia do São Francisco



Fonte: EMBRAPA, 2015

A bacia do rio Pajeú está posicionada na mesorregião do Sertão pernambucano, possui clima semiárido e apresenta baixos índices pluviométricos anuais, com uma média de 658 mm/ano (SALGUEIRO & MONTENEGRO, 2008). Situada na

porção centro-ocidental do Estado de Pernambuco, forma a Unidade de Planejamento Hídrico 9 (UP9), é a mais extensa bacia hidrográfica de Pernambuco com 16.685,63 km<sup>2</sup> e abrange os municípios em Brejinho, Itapetim, Santa Terezinha, São José do Egito, Tabira, Tuparetama, Ingazeira, Iguaraci, Solidão, Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Quixaba, Flores, Triunfo, Santa Cruz da Baixa Verde, Calumbi, Custódia, Betânia, Serra Talhada, São José do Belmonte, Mirandiba, Salgueiro, Ibimirim, Floresta, Carnaubeira da Penha, Belém de São Francisco e Itacuruba (APAC, 2010).

Nas regiões mais altas da bacia existem os maiores índices pluviométricos, sendo a porção norte médio a que mais se destaca devido à presença dos divisores de água entre os sistemas hidrográficos Pajeú e Piancó-Piranhas (BORGES FILHO, 2012).

## 2.4 Qualidade e segurança das barragens

Barragens são estruturas capazes de armazenar ou conter substâncias líquidas, como por exemplo água, resíduos industriais e rejeitos de mineração, e são destinadas para usos como irrigação, abastecimento de água, regularização de vazões, controle de cheias, açudagem e geração de energia (Figura 03). Para sua construção e operação é necessário que o órgão responsável pela obra detenha conhecimento e competência para prevenir incidentes ao longo da vida útil da barragem. Neste sentido, projetos previamente elaborados devem ser efetivados e executados com rigor, de forma a garantir a segurança das estruturas hídricas, de seus operadores e da população a jusante.

Figura 03. Distribuição das barragens quanto ao uso principal



Fonte: ANA (2018)

Ao longo do tempo essas estruturas se deterioram lentamente devido às condições meteorológicas, aos ciclos de enchimento e esvaziamento e às corrosões físico-químicas. Por isto, é necessário que os gestores monitorem e registrem ao longo do tempo o comportamento da barragem, a partir de inspeções regulares por técnicos qualificados e atuem energicamente na elaboração das análises de riscos e avaliações de segurança e com isso, ponham em prática em tempo hábil as obras de manutenção, prevenção ou correção dos problemas detectados (PIERRE, 2003).

Algumas barragens não possuem assistência, operadores presentes e instrumentações, fazendo com que dados operacionais não sejam registrados e inspeções periódicas realizadas, aumentando potencialmente os riscos de incidentes e até rupturas que possam comprometer a estrutura, ameaçar a população local, bens públicos e privados e o meio ambiente. Devido ao poder potencial da água ou do líquido contido na barragem, a ruptura de uma barragem é preocupante, uma vez que pode levar a morte de pessoas, extinção de animais e espécies florestais, contaminação de rios, solos e lençóis freáticos.

Nos últimos 10 anos foram registradas rupturas graves, como por exemplo, a da barragem Algodões I situada no município de Cocal – PI, no ano de 2009, que entrou em colapso após uma sequência de chuvas acima da média histórica na região, fazendo com que a barragem atingisse seu limite de capacidade máximo e promovendo danos em sua estrutura. Os moradores da região foram conduzidos temporariamente, sendo liberadas logo depois para retornar às suas casas após a emissão de um laudo técnico informando que não haveria riscos de ruptura da estrutura. Entretanto, o rompimento da barragem de Algodões I ocorreu e ocasionou mortes e destruição (AMORIM, 2017).

Um outro exemplo recente, foi o rompimento da barragem de Fundão localizada em Minas Gerais no ano de 2015, que representou uma das maiores tragédias socioambientais do Brasil, gerando mortes, poluição e destruição ao longo da calha do Rio Doce (LOPES, 2016).

Para evitar desastres e impactos socioambientais, alguns países, como Portugal, possuem leis vigentes há mais de vinte anos para inspeções de barragens e procedimentos que visam sua segurança (CARDIA, 2008). Entretanto, somente em 2010 que o Brasil criou a Lei Nº 12.334, conhecida como Lei de Segurança das Barragens, na qual estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, tendo como instrumento o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, e o Plano de Segurança de Barragem - PSB. A PNSB foi criada com o objetivo de minimizar possíveis acidentes a partir do monitoramento, regulamento e

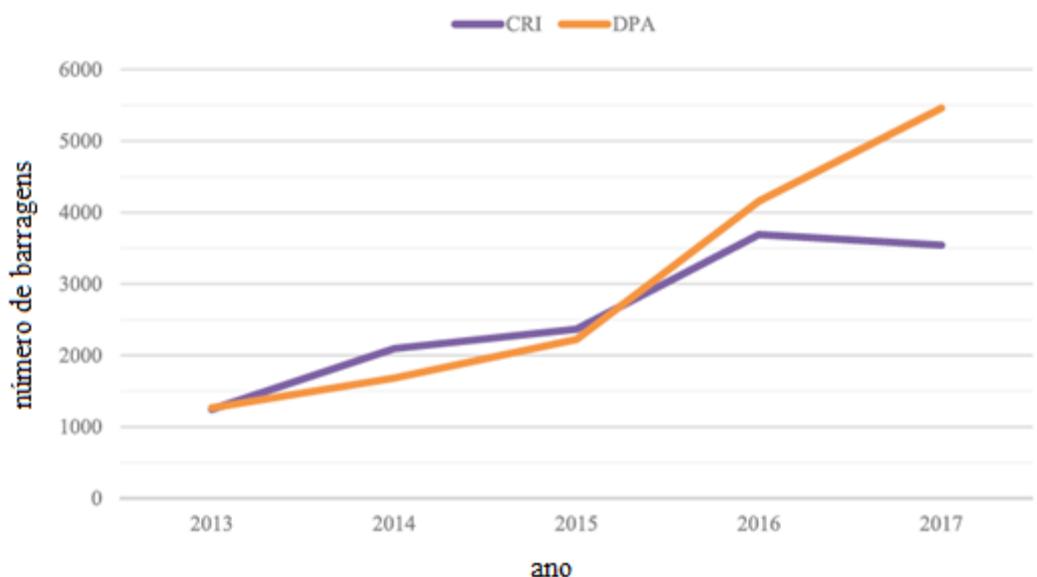
acompanhamento das atividades relacionadas à segurança das barragens empregadas por seus gestores responsáveis. Para que a barragem seja submetida à lei, esta deve apresentar pelo menos uma destas características: a) reservatório com capacidade total igual ou superior a 3.000.000 m<sup>3</sup>; b) armazenar líquidos perigosos em seu reservatório; c) altura do maciço maior ou igual a 15 metros ou d) classificada como de médio ou alto dano potencial de ruptura associado à barragem (BRASIL, 2010).

Cada barragem é classificada pelo órgão fiscalizador de acordo com o seu dano potencial associado e por categoria de risco. Sendo o primeiro quando se refere aos impactos sociais, econômicos, ambientais e possíveis perdas humanas que podem ser ocasionados pelo seu rompimento. E o último em função de suas características técnicas e das condições atuais de conservação das barragens (BRASIL, 2010).

Anualmente a ANA divulga o Relatório de Segurança de Barragens - RSB, em que contém informações a cerca do quantitativo de barragens submetidas à PNSB, das barragens classificadas quanto à categoria de risco e ao dano potencial associado, dos órgãos fiscalizadores que regulamentaram o Plano de Segurança das Barragens, entre outras informações. O primeiro RSB emitido pela ANA foi em 2011, constando-se no último relatório, emitido em 2018, referente a 2017, que houve um aumento das barragens classificadas como de alto dano potencial associado se comparado ao relatório anterior de 2016 (Figura 04), onde se constata ainda que é muito pequeno o número de barragens cadastradas no SNISB, o que faz com que a sociedade fique restrita quanto às informações da situação da segurança das barragens no País.

De acordo com SNISB apenas 54 barragens estão cadastradas em todo o Estado de Pernambuco, dentre elas 8 são classificadas como de alto risco, 5 de médio risco, 5 de baixo risco e 36 ainda não foram classificadas. Vale salientar que que nenhuma das barragens localizadas no Rio Pajeú estão cadastradas neste sistema. Dificuldades em saber quais são as barragens que devem ser inseridas no sistema e também a dificuldade em adicionar os dados, são os principais entraves relatados no RSB 2017 para a diminuta quantidade de barragens cadastradas (ANA, 2018).

Figura 04 – Evolução anual da classificação por Categoria de Riscos – CRI e Dano Potencial Associado – DPA nas barragens



Fonte: ANA (2018)

O PSB é um instrumento obrigatório que deve ser elaborado e implementado pelos empreendedores das barragens e um apoio para às entidades fiscalizadoras para verificar se as normas estão sendo cumpridas. Trata-se de um documento que deve conter as principais características (geológicas e hidrológicas), informações técnicas, dados da construção, operação e manutenção das barragens e tem por finalidade obter um melhor gerenciamento de sua segurança (ANA, 2016).

Cabe ainda ressaltar a importância da inspeção dos órgãos fiscalizadores nas barragens e a classificação delas quanto à categoria de risco e ao dano potencial associado, para que a sociedade tenha conhecimento sobre essas fontes de informações e com isso evitar desastres ou reduzir possíveis impactos socioambientais (ANA, 2016).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho, realizado de agosto a dezembro de 2018, se trata de uma pesquisa qualitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso múltiplo, ou seja, foram avaliadas seis importantes e estratégicas barragens ao longo do Vale do Rio Pajeú de um total de oito existentes.

No Quadro 01 a seguir está a caracterização das condições atmosféricas nas áreas de influência das barragens estudadas, representadas pela precipitação durante o ano de 2018 e a porcentagem de chuva acumulada até julho de 2018, época do início da coleta de informações desta pesquisa e no final da quadra chuvosa na região.

Quadro 01. Registros pluviométricos nas áreas de influência dos barramentos em 2018

Barragem	Municípios com bacias de contribuição para o barramento	Chuvas acumuladas durante o ano (mm)	% de chuvas acumuladas até julho de 2018
<b>Brotas</b>	Afogados da Ingazeira	893	90,48
	Brejinho	792	89,96
	Ingazeira	877	88,59
	Itapetim	837	93,55
	Quixaba	708	82,80
	Santa Terezinha	634	98,58
	São José do Egito	677	82,86
	Tabira	853	87,92
	Tuparetama	433	78,52
<b>Rosário</b>	Iguaraci	741	85,42
<b>Jazigo</b>	Calumbi	664	77,40
	Flores	607	84,67
	Triunfo	956	87,65
<b>Saco I</b>	Santa Cruz da Baixa Verde	701	83,88
	Serra Talhada	732	69,67
<b>Cachoeira II</b>	Serra Talhada (Açude Cachoeira)	701	70,18
<b>Serrinha</b>	São José do Belmonte	809	73,54
	Serra Talhada (PCD)	441	76,64
	Serra Talhada (IPA)	667	72,71
<b>Média</b>	-	<b>722</b>	-

Fonte: APAC (2018)

A escolha das obras envolvidas na investigação se deu pela importância destes corpos hídricos para o abastecimento da população da região e por estarem em pleno funcionamento.

A coleta de dados foi executada em duas etapas conforme descrito a seguir:

**a) Estudo de caso múltiplo – condições de operação de importantes barragens no Vale do Pajeú**

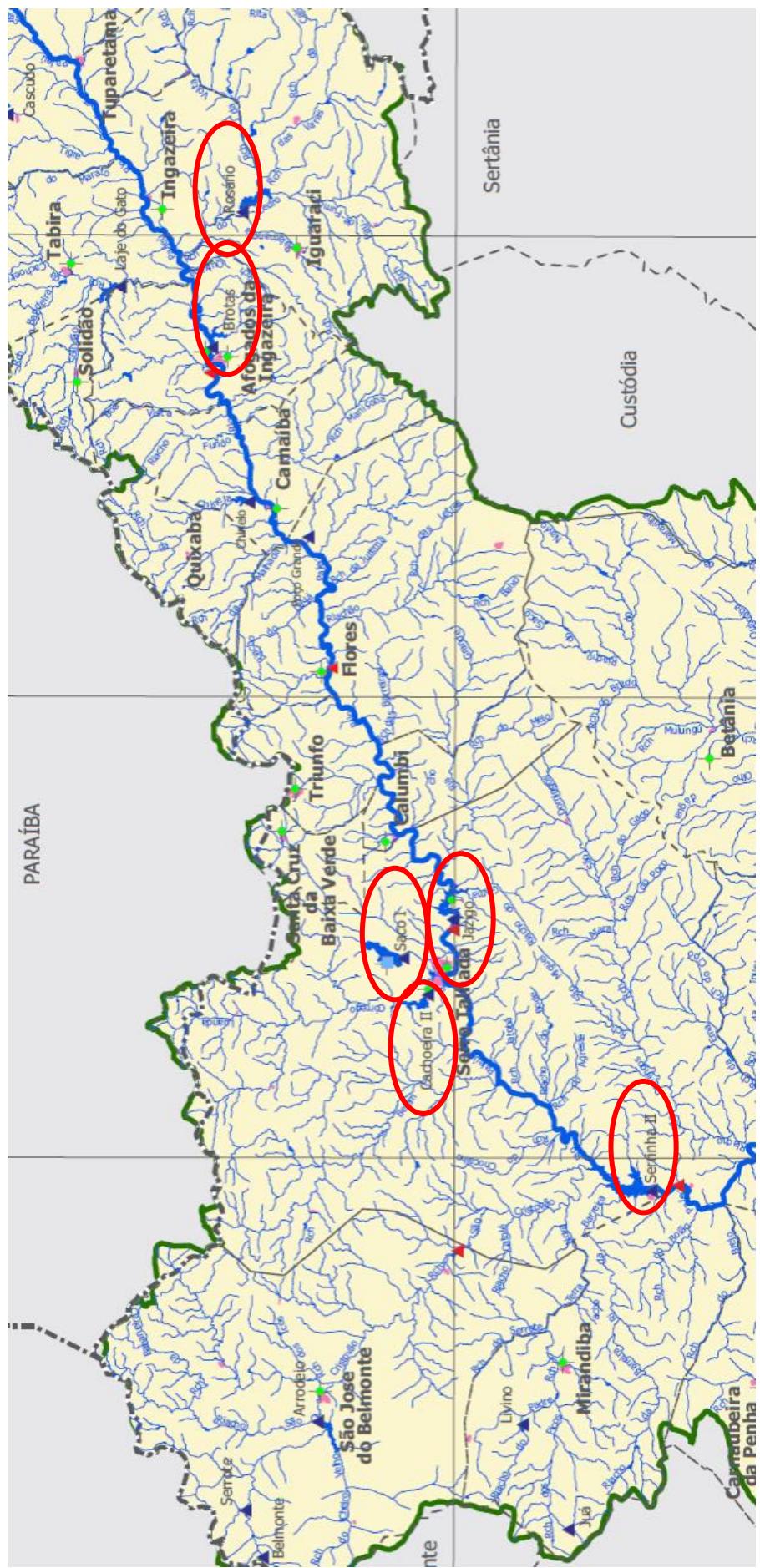
- Barragem do Rosário (Iguaracy)
- Barragem de Brotas (Afogados da Ingazeira)
- Barragem do Jazigo (Serra Talhada)
- Barragem do Saco I (Serra Talhada)
- Barragem Cachoeira II (Serra Talhada)
- Barragem de Serrinha II (Serra Talhada)

Nesta etapa do trabalho foram realizadas visitas “*in loco*” nas áreas das estruturas hídricas conforme roteiro de visita (APÊNDICE A) para levantamento fotográfico e de qualificação dos problemas estruturais existentes, bem como da operacionalização dos sistemas de captação e abastecimento de água em funcionamento.

Durante a permanência nas respectivas áreas foram levantadas com detalhes e mediante relatório técnico as condições dos equipamentos hidrológicos e hidráulicos instalados na abrangência das barragens, como a parede principal e ombreiras, vertedores, comportas, as réguas limimétricas, a vazão liberada, presença de operadores e outras observações relevantes. Também se verificou o acesso as obras e as condições das tomadas d’água existentes.

Por fim, houve coleta de amostra de água em cada reservatório a fim de caracterizar a qualidade da água no momento da vistoria técnica por meio da condutividade elétrica (CE) e do pH. Na figura 05, podemos visualizar um mapa com todas as barragens vistoriadas.

Figura 05. Mapa da localização das barragens visitadas



Fonte: Plano Hidroambiental em construção da Bacia Hidrográfica do Pajeú (2015)

- b) **Entrevista semiestruturada juntos aos gestores de cada barragem** (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, APAC, Companhia Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA e Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Pernambuco - SDE) onde foram levantadas informações como:
- Plano de manejo das estruturas (existem ou não e se existem como estão sendo aplicados);
  - Plano de manutenção preventiva e de recuperação das estruturas (existem ou não e se existem como estão sendo aplicados);
  - Quantitativos de pessoas habilitadas para operação e efetivamente em atividade;
  - Periocidade da presença de agentes capacitados no acompanhamento do manejo das estruturas hidráulicas e de realização de obras de manutenção explicitando aquelas que foram realizadas recentemente e o tempo passado desde a última ação de manutenção preventiva ou de recuperação das estruturas;
  - Solicitações de manutenção e proteção encaminhadas aos gestores competentes e pendentes de execução que precisam ser efetivadas para o melhor aproveitamento e proteção das estruturas de barramento e utilização da água.

A escolha dos entrevistados se deu pela aproximação aos objetivos da pesquisa e ainda por serem os responsáveis pela fiscalização, manutenção e/ou funcionamento das barragens. Foi elaborado um roteiro de entrevista conforme as informações anteriormente citadas (APÊNDICE B).

Após a coleta dos dados, os relatórios de condições das barragens foram separados por cada obra e em seguidas tiveram seus conteúdos analisados, descartando informações irrelevantes e destacando as principais. Já as entrevistas foram codificadas conforme os roteiros, com o descarte de dados que não se aplicam ao estudo e manutenção das informações pertinentes para posterior análise e discussão.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados aqui apresentados foram divididos em seis partes, conforme as barragens envolvidas no estudo, onde estão descritas as condições das estruturas visitadas, informações sobre inspeção, manutenção, funcionamento e gestão, além de dois indicadores da água amostrada, bem como as discussões pertinentes a partir das declarações dos gestores envolvidos e das condições atuais de operação de cada corpo hídrico. Todas as barragens deste estudo possuem a APAC como seu órgão fiscalizador e podem ser classificadas como de alto dano potencial associado, o que faz com que todas sejam submetidas à Lei 12.334/2010 (ANA, 2018; BRASIL, 2010).

### **4.1 Barragem do Rosário**

O reservatório está localizado no município de Iguaracy – PE, construído em 1985, cujo barramento é de terra com altura de 19,9 metros e represa o riacho do Cedro, tributário do Pajeú, com capacidade máxima de 34.990.000 m<sup>3</sup>, o que o enquadra na submetida à Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010). De acordo com o RSB 2017, esta barragem possui como empreendedor o DNOCS, e está classificada como de alto dano potencial associado, indicando que possíveis danos na sua estrutura provocados por rompimento, vazamento ou infiltração será de alto impacto social, ambiental, econômico e poderá causar perdas de vidas humanas (ANA, 2018; BRASIL, 2010).

O acesso ao barramento não possui sinalização que indique sua localização, porém a estrada está em bom estado de conservação. Durante a visita não haviam operadores no local, estando totalmente aberta e sem fiscalização. A montante foram identificadas tomadas d'água e cultivos na borda do manancial em áreas destinadas a mata ciliar. Identificou-se ainda uma adutora de ferro fundido equipada com ventosa e bico de pitot para realização de pitometria, pertencente à COMPESA.

#### **4.1.1 Condição geral do barramento**

Durante a visita em agosto de 2018, foi possível constatar que a parede principal da barragem se encontrava em bom estado de conservação, podendo-se transitar normalmente por cima de sua crista. Contudo havia a presença de vegetação excessiva nos taludes da parede principal tanto a montante quanto a jusante (Figura 06), o que indica

falta de manutenção e que pode ocorrer infiltrações devido ao crescimento das raízes das plantas, podendo ocasionar aberturas na estrutura e aparecimento de tocas e ninhos de animais, situação que pode ser agravadas por ventanias que abalam as estruturas das raízes sendo necessária a limpeza e a retirada da vegetação de seus taludes (ZUFFO, 2005).

Figura 06. Presença de vegetação densa na parede principal da barragem do Rosário



As ombreiras direita e esquerda, estando a primeira ligada diretamente ao maciço do solo apresentavam boas condições. O vertedor de dissipação também apresentava um bom estado de conservação, porém, foi possível visualizar a presença de vegetação em crescimento nas proximidades e adjacências da soleira.

Entretanto observou-se que a sala de controle das comportas encontra-se completamente depredada e sem porta na entrada, fazendo com que o acesso seja permitido livremente (Figura 07), indicando que o local está abandonado e sem vigilância. Foram visualizadas as réguas linimétricas aparentemente novas e recém instaladas na calha hidráulica do barramento.

Figura 07. Sala de controle das comportas da barragem do Rosário



De acordo com os dados monitorados da APAC, o reservatório estava com um volume total armazenado de 469.000 m<sup>3</sup> em agosto de 2018 (1,3% do volume total) caindo para 216.000 m<sup>3</sup> em dezembro de 2018 (0,6% do volume total), ou seja, em colapso.

A água coletada na superfície do espelho e próxima ao barramento apresentou um pH situado em 7,51 e uma condutividade elétrica (CE) de 0,39 dS/m, sendo classificada quanto ao risco de salinização (RICHARDS, 1954) como de classe C<sub>2</sub> para irrigação, possuindo mediano risco de salinidade.

#### 4.1.2 Informações do gestor da barragem

Realizou-se uma entrevista com um membro da equipe do DNOCS (empreendedor e responsável pelas ações de segurança da barragem) sobre as condições de operação e manutenção desta barragem. De acordo com o DNOCS, na barragem do Rosário não há plano de operação das estruturas e o plano de manutenção é de responsabilidade de uma coordenação com base em Recife. Entretanto, a equipe informou que sempre que é necessário a realização de atividades de manutenção e de proteção das instalações encaminha-se solicitação de contratação de operadores e técnicos à coordenação em Recife, as quais nunca são atendidas, pois segundo a equipe, a coordenação sempre informa não possuir orçamento para atender o pedido. Constatou-se ainda que não se tem registro da última obra de manutenção da estrutura realizada há muito tempo e atualmente não há operações de manutenção, preventiva ou corretivas, em andamento.

A APAC tem informado em documentos que as instituições empreendedoras, como o DNOCS, sempre alegam não possuírem recursos financeiros para contratar serviços de inspeções e das manutenções preventivas e corretivas das barragens (ANA, 2018). O diretor geral do DNOCS, Ângelo Guerra, confirmou em entrevista dada aos meios de comunicação que a entidade não dispõe de recursos para intervir nas condições atuais das barragens e que estas necessitam de administradores e zeladores nos barramentos (ARAÚJO, 2018). Ainda, segundo um levantamento da ANA, o DNOCS possuía 5,7 milhões de reais para realizar ações de segurança de barragens, porém só utilizou cerca de 24% deste recurso durante o ano de 2017 (ANA, 2018; G1, 2018).

## 4.2 Barragem de Brotas

Situada em Afogados da Ingazeira, a barragem de Brotas, construída em 1978, que represa a calha principal do Rio Pajeú, também se enquadra na Lei nº 12.334 por ter capacidade de armazenamento de 19.640.000 m<sup>3</sup> de água (BRASIL, 2010). De acordo com os dados monitorados da APAC o volume armazenado em agosto de 2018 era de 14.961.000 m<sup>3</sup> (76% do volume total) caindo para 12.294.000 m<sup>3</sup> em dezembro de 2018 (62,6% do volume total). Trata-se de uma barragem urbana, localizada próximo à cidade, sendo inclusive aberta para visitação de todos. No eixo da barragem, cuja parede de alvenaria possui 17,3 metros de altura, foram detectadas placas de advertência com relação ao risco de pessoas não autorizadas ao circularem no local, entretanto foi possível visualizar banhistas a jusante e muito lixo depositado no seu entorno.

### 4.2.1 Condição geral do barramento

A visita à barragem de Brotas também foi realizada em agosto de 2018, e foi possível constatar que sua parede principal encontra-se em boas condições a montante, porém a jusante existem infiltrações e rachaduras em toda sua extensão (Figura 08a), o que pode levar a um aumento na falha da estrutura e instabilidade no talude (ZUFFO, 2005). Havia também a montante da parede presença de plantas aquáticas submersas no reservatório (Figura 08b), o que pode ocasionar entupimentos nas comportas (ZUFFO, 2005). A presença de água a jusante do barramento é um indicador de que são necessárias medidas corretivas urgentes para consequências potenciais de rupturas futuras.

Figura 08. Parede principal da barragem de Brotas



Segundo o Ministério da Integração Nacional (2002) para garantir a segurança da barragem de concreto, é necessária regularidade na limpeza no sistema de drenagem e eventuais manutenções no sistema impermeabilizante da estrutura.

As réguas linimétricas foram visualizadas a montante do barramento aparentemente novas e recém instaladas. O acesso ao mecanismo de controle das comportas encontra-se liberado e ao alcance da população; em função disto, a retirada do volante com o qual se manobra as comportas foi constatada. No que se refere a caracterização da água coletada, o pH medido foi de 7,47 e a condutividade elétrica (CE) em 0,225 dS/m, que a classifica como C<sub>1</sub> para irrigação com baixo risco de salinidade.

#### 4.2.2 Informações do gestor da barragem

De acordo com o RSB 2017, o atual gestor da barragem é a COMPESA, entretanto após entrar em contato com a mesma, fomos informados que a APAC é o empreendedor da estrutura. Em contato com a APAC, esta relatou que o gestor da barragem de Brotas seria a Subsecretaria de Recursos Hídricos da Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Pernambuco, que, ao ser contatada negou sua relação com a estrutura hídrica, afirmando que a COMPESA de Afogados da Ingazeira é a gestora e possui outorga para retirada de água do local. Com isso, não foi possível obtermos os dados referentes ao plano de operação e manutenção do corpo hídrico.

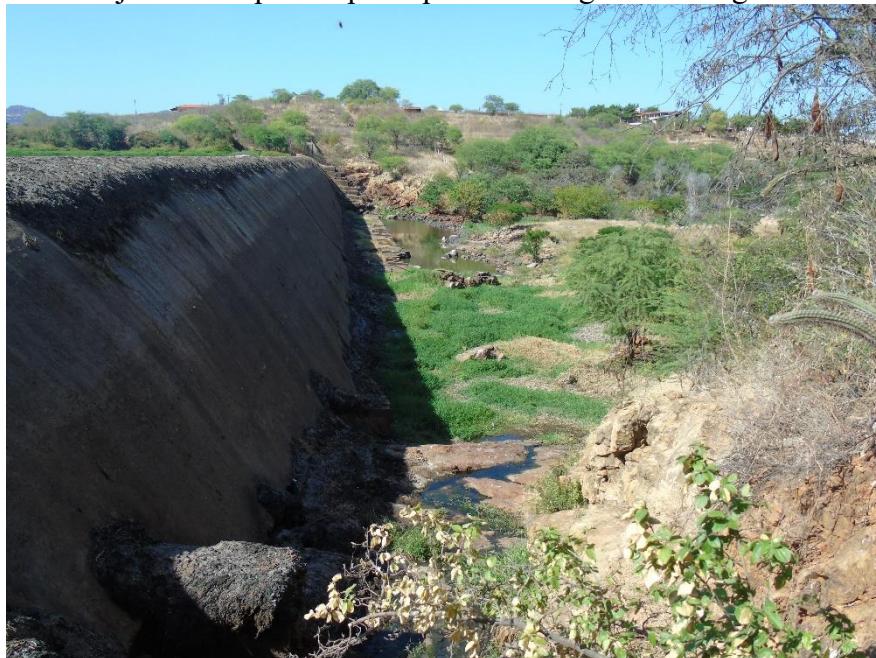
### **4.3 Barragem do Jazigo**

Construída em 1983 em concreto, com altura de 15 metros, localiza-se próxima a BR 232, barrando a calha principal do Rio Pajeú no município de Serra Talhada – PE. O acesso à parede (que também assume a condição de vertedor) é dificultado pela não localização de uma estrada de serviço e a um quantitativo de pedras soltas e presença de vegetação.

#### **4.3.1 Condições gerais da barragem**

A jusante da barragem acumula-se muito lixo, água estagnada, com presença de caramujos, mosquitos e vegetação arbórea (Figura 09), constituindo-se um forte indicador que há infiltrações na parede do reservatório e drenagem insuficiente da água acumulada (ZUFFO, 2005). Constatou-se também a presença de pescadores na crista do vertedor, fato muito perigoso uma vez que a parede possui 15 metros de altura e não tem estrutura de proteção para circulação de pessoas. Observou-se que no local existem muitas tomadas d’água e que algumas delas constata-se vazamentos importantes.

Figura 09. Presença de vegetação, infiltração, água parada a jusante da parede principal da Barragem do Jazigo.



Como foi verificado nas barragens anteriores, não foi possível encontrar operadores e/ou vigilantes na área, denotando não haver uma preocupação dos gestores públicos no tocante à proteção e conservação da estrutura hídrica. No talude da parede principal, a jusante do barramento, que se constitui também na parede do vertedor da barragem, detectaram-se desgastes físicos, rachaduras, erosões e vazamentos (Figura 10), situação que indica falha potencial da estrutura, com possível instabilidade no talude podendo causar o desmoronamento da parede (ZUFFO, 2005). Segundo Collischonn & Tucci (1997), erosões situadas no pé do vertedor constituem em riscos futuros de rompimento da estrutura, principalmente no caso onde as vazões aí detectadas estejam aquém do estimado.

Além da presença de musgos e limo em sua crista, também foi detectado a presença de plantas aquáticas a montante do barramento.

Figura 10. Rachaduras no talude a jusante da barragem do Jazigo



Observou-se que as ombreiras direita e esquerda adentram a rocha em ambos os lados, não apresentando alterações de suas condições normais. As réguas limimétricas estavam presentes a montante da parede, não sendo possível observá-las com proximidade. Não foi possível detectar a estrutura da comporta, entretanto acredita-se que a mesma existe e que esteja afogada devido ao volume de água armazenado no reservatório. Como se trata de uma barragem de alto risco e de alto dano potencial

associado, a mesma deve ser inspecionada semestralmente, ou seja, deve ser verificada toda a sua estrutura para identificar situações que possam comprometer a segurança da barragem (ANA, 2016).

De acordo com os dados da APAC, em agosto de 2018 havia um volume armazenado de 81,24% do total, estando com 12.456.000 m<sup>3</sup> de água, passando para 9.429.000 m<sup>3</sup> (60,7% do total). Sobre a qualidade da água foi possível perceber que a montante a água era insípida, inodora e apresentava baixa turbidez, mas a jusante a água tinha um mau cheiro e alta turbidez. A água a montante apresentou um pH de 7,51 e condutividade elétrica (CE) de 0,29 dS/m, sendo classificada como C<sub>2</sub> para irrigação por Richards (1954), constituindo-se como de média salinidade.

#### 4.3.2 Informações do gestor da barragem

De acordo com o RSB 2017, o atual gestor da barragem é a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Pernambuco, entretanto após entrar em contato com a Subsecretaria de Recursos Hídricos, o mesmo negou sua relação com a estrutura hídrica. Procuramos ainda o IPA que também não assume a gestão do barramento. Com isso, não foi possível obtermos os dados referentes ao plano de operação e manutenção do corpo hídrico.

### 4.4 Barragem do Saco I

Localizada na área da estação experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA de Serra Talhada, esta barragem hoje encontra-se em colapso desde o início do ano de 2018. Este barramento foi construído pelo DNOCS em 1936 em alvenaria de pedra com 30,5 metros de altura. A barragem não está na calha principal do Rio Pajeú e represa as águas advindas dos riachos Medéia e Abóbora.

#### 4.4.1 Condição geral do barramento

A parede principal dentre as barragens vistoriadas é aquela que apresentam as melhores condições de conservação (Figura 11). As ombreiras direita e esquerda se projetam para os maciços de pedra. Foi possível verificar que a comporta, situada na parede principal, estava fechada e em bom estado de conservação, o mesmo ocorrendo

com as réguas limimétricas presentes a montante da parede. Nesta barragem uma pequena porção residual de água próximo à parede principal, foi coletada para caracterização da água, constatando-se um pH de 6,97 e uma condutividade elétrica (CE) 19,55 dS/m, o que classifica esta água residual em C<sub>4</sub>, com elevada salinidade para uso em irrigação (RICHARDS, 1954).

Figura 11. Vista da parede principal a montante da barragem do Saco I



#### 4.4.2 Informações do gestor da barragem

Durante a entrevista com a equipe do IPA, atual gestor da barragem do Saco I, discutiram-se assuntos sobre a manutenção e a recuperação de sua estrutura. Segundo o administrador do reservatório não existe plano de operação e de manutenção preventiva do Saco I, realizando-se operações de manutenções corretivas sempre que surgem danos nas estruturas. Nestas operações, o IPA utiliza seus próprios trabalhadores para realização das obras de manutenção de pequena monta em suas estruturas, não havendo, portanto, entraves para realização destas operações. Atualmente não há obras em andamento e sempre que um problema surge, a gestão do IPA em Serra Talhada intervém nas demandas urgentes. É importante destacar que no RSB 2017, a ANA cita a partir da APAC que o gestor para esta barragem é o DNOCS.

## 4.5 Barragem Cachoeira II

Localizado nas mediações do município de Serra Talhada, possui capacidade para até 21.031.000 m<sup>3</sup> de água, com acesso por estradas bem conservadas. Entretanto, constata-se a presença de muito lixo descartado a montante do barramento e também no entorno de sua bacia hidrográfica. Esta parede, barra o Riacho Cachoeira, importante tributário do Rio Pajeú e foi construída pelo DNOCS em 1965, com barramento construído em alvenaria com 30,1 metros de altura.

### 4.5.1 Condição geral do barramento

Durante a inspeção técnica realizada em agosto foi possível detectar que a parede principal da barragem estava em bom estado de conservação, tendo as ombreiras direita e esquerda encravadas no maciço rochoso e um vertedor em bom estado de conservação. Ressalta-se a presença de muita vegetação na área de dissipação para o vertedor a montante (Figura 12). De acordo com o Ministério da Integração (2002) esta é uma questão preocupante, pois a depender da quantidade de vegetação e entulhos presentes no entorno reservatório, poderá haver interferência no fluxo da água, provocando danos nas estruturas.

Figura 12. Parede principal a montante do barramento



As réguas linimétricas instaladas estavam em boas condições e aparentemente foram recém trocadas. Conforme os dados da APAC durante o mês de agosto o volume armazenado era de 60,9% do total (12.799.000 m<sup>3</sup>) caindo para 50% do volume total em

dezembro do mesmo ano ( $10.520.000\text{ m}^3$ ). De acordo com a análise da água coletada no local foi possível verificar que o pH medido era de 7,38 e sua condutividade elétrica (CE) de 0,28 dS/m, o que a classifica como C<sub>2</sub> para fins de irrigação, com salinidade média (RICHARDS, 1954).

#### 4.5.2 Informações do gestor da barragem

Na interlocução com a equipe do DNOCS, constata-se que não há plano de operação das estruturas e nem de manutenção preventiva, que são de responsabilidade da coordenação geral localizada em Recife. Entretanto, a equipe informou que sempre que é necessário a realização de atividades de manutenção e de proteção das instalações, encaminha-se solicitações de contratação de operadores e técnicos. Segundo a equipe local do DNOCS, estas solicitações geralmente não são atendidas pela coordenação geral em Recife que alega contingenciamento de recursos; portanto, não existem orçamento previamente aprovado para atendimento destes pedidos. A equipe informou ainda que não se tem registro da última obra de manutenção da estrutura, uma vez que a última operação realizada já faz muito tempo e que atualmente não há operações de manutenção preventiva ou corretiva em andamento.

### 4.6 Barragem de Serrinha II

Localizada na zona rural do município de Serra Talhada, a barragem de Serrinha II é o segundo maior reservatório de Pernambuco, com capacidade máxima de  $311.080.000\text{ m}^3$  de água e está totalmente inclusa na bacia hidrográfica do rio Pajeú. Seu barramento (parede de terra) está na calha principal do Rio Pajeú, sendo construída pelo DNOCS em 1996 com altura de 37 metros.

O reservatório possui fácil acesso, sendo utilizado pelos pescadores da região e por agricultores irrigantes. Durante a vistoria técnica foi possível observar barcos e pescadores a montante do barramento. Contudo, não havia operadores ou pessoas destinadas à fiscalização e proteção da área.

#### 4.6.1 Condição geral do barramento

Durante a vistoria técnica em agosto de 2018, foi possível constatar que os taludes se encontram bem protegidos por enrocamento de pedras, tanto a montante quanto a jusante, porém, já é possível detectar uma quantidade razoável de vegetação arbórea em crescimento (Figura 13). A presença de vegetação arbórea nos taludes é um indicador que não há manutenção da parede e que, devido a presença das raízes das árvores, pode haver o aparecimento de infiltrações, o que danificará a estrutura hídrica (ZUFFO, 2005). Sua ombreira esquerda está encravada na rocha e a direita no maciço de terra, adjacente a qual foi construído um vertedor que possui soleira rente ao solo e onde constata-se a presença de vegetação espontânea. A face esquerda do vertedor foi construída e está bem conservada, o mesmo não ocorrendo com a face direita que apenas foi escavada na rocha bruta.

Figura 13. Parede principal a montante da barragem de Serrinha II



Esta barragem possui duas comportas do tipo “rabo de pavão”, estando uma no momento da vistoria técnica fechada e a outra, apesar de fechada, apresentando vazamento. Destaca-se ainda que, a montante destas comportas, no túnel que aloja a tubulação que leva água da montante para jusante do barramento, constatou-se um vazamento de alta intensidade e corrosões significativas na parte externa desta tubulação

(Figura 14). Estas constatações *in loco* já nos permitem deduzir que não há manutenção nas comportas e nem na parede do túnel, de onde gerou-se a liberação de uma vazão que não é prevista o que pode levar a uma ruptura futura da estrutura hídrica (ZUFFO, 2015). Conforme o Ministério da Integração Nacional (2002), as estruturas metálicas, como as comportas e condutos, devem ser alinhadas, rebitadas, soldadas e possuir revestimento de proteção para evitar danos como os que podem ocorrer na Barragem de Serrinha II.

Figura 14. Comportas da barragem de Serrinha II



Conforme dados monitorados pela APAC, em agosto o reservatório possuía um volume total armazenado de 61.453.000 m<sup>3</sup> (19,8%) com projeção para armazenar 48.068.000 m<sup>3</sup> (15,65%) em dezembro de 2018. A água coletada e analisada apresentou um pH de 7,84 e uma condutividade elétrica (CE) de 0,60 dS/m, sendo classificada de acordo com Richards (1954) como uma água C<sub>2</sub> para irrigação, com salinidade média e pH com tendências alcalinas. Como este é um reservatório de larga abrangência, em cujo entorno existem muitas áreas estabelecidas para irrigação, estes indicadores passam a ter um significado ainda mais preocupante.

#### 4.6.2 Informações do gestor da barragem

As condições de operação e manutenção desta barragem também foi alvo de enquete junto à equipe técnica local do DNOCS. Assim como nas demais, verificou-se que não há plano de operação e de manutenção preventiva de suas estruturas. Os procedimentos para solicitação de serviços emergenciais ou não, seguem o mesmo padrão informado para Cachoeira II, ficando a cargo da coordenação geral do DNOCS em Recife. Levantou-se ainda que durante o ano em curso (2018) procedeu-se um reparo emergencial

nas comportas, ou seja, na falta de um plano de manutenção preventiva foi necessária uma intervenção para remediar problemas graves na estrutura. Assim como no Cachoeira II, não existe um plano de manutenção ou corretiva e na maioria das vezes as solicitações encaminhadas à coordenação geral não são atendidas em função do contingenciamento de recursos.

Reforçando a informação repassada pelos técnicos do DNOCS de Serra Talhada, em matéria publicada pelo portal G1 em 19 de novembro de 2018, os gestores do DNOCS afirmam que realizam vistorias periódicas nas barragens nas quais são os respectivos empreendedores, mas que entretanto, “não dispõem de recursos financeiros para realizar manutenções nas barragens em que estão sob sua responsabilidade” (G1, 2018).

Em relatos publicados por Cardia (2018), este enfatiza a importância das ações de manutenção preventiva nas barragens, como um dos fatores de segurança para redução de riscos e de gastos inapropriados devido à interrupção da atividade principal e, acima de tudo, minimizará danos potenciais relacionados à perda de vidas humanas. Por se tratar de uma obra de grande risco, as barragens devem ser submetidas às constantes ações de inspeções, garantindo assim, a sua segurança, dos seus operadores e da população em geral. Caso necessitem de manutenções, correções devem ser feitas de imediato e assim poder minimizar consequências que gerarão quadros catastróficos.

Nos Quadros 02 e 03 a seguir são apresentadas as informações condensadas das condições estruturais, da atual gestão e dos indicadores de qualidade da água dos barramentos contemplados no presente trabalho.

Quadro 02. Síntese das estruturas hidráulicas dos barramentos vistoriados neste trabalho

Barragem	Empreendedor	Ano de construção	Tipologia da parede	Altura da parede (m)	Aspecto da parede principal	Condições do vertedor	Situação da comporta
Rosário	DNOCS	1985	Terra	19,9	Com Vegetação	Com vegetação	Sem problemas aparentes
Brotas	COMPESA	1978	Concreto	17,3	Com vazamento/rachaduras	Com vazamento/rachaduras	Sem problemas aparentes
Jazigo	SDE	1983	Concreto	15	Com vazamento/rachaduras	Com vazamento/rachaduras	Submersa
Saco I	IPA	1936	Alvenaria	30,5	Sem problemas aparentes	Em boas condições	Sem problemas aparentes
Cachoeira II	DNOCS	1965	Alvenaria	30,1	Sem problemas aparentes	Em boas condições	Submersa
Serrinha II	DNOCS	1996	Terra	37	Com vegetação	Com vegetação	Com vazamento/quebrada

Quadro 03. Síntese da condição de gestão e da qualidade da água dos barramentos

Barragem	Plano de operação	Plano de manutenção	Cadastro no SNISB	Equipe de operação local	Qualidade da água			Capacidade máxima de armazenamento (m³)	Volume armazenado em agosto/2018 (m³)
					pH	CE	Classe*		
Rosário	Não	Não	Não	Não	7,51	0,39	C <sub>2</sub>	34.990.000	469.000
Brotas	Não	Não	Não	Não	7,47	0,22	C <sub>1</sub>	19.640.000	14.961.000
Jazigo	Não	Não	Não	Não	7,51	0,29	C <sub>2</sub>	15.543.000	12.456.000
Saco I	Não	Não	Não	Não	6,97	19,55	C <sub>4</sub>	36.000.000	0
Cachoeira II	Não	Não	Não	Não	7,38	0,28	C <sub>2</sub>	21.031.000	12.799.000
Serrinha II	Não	Não	Não	Não	7,84	0,6	C <sub>2</sub>	311.080.000	61.453.000

\* classificação de Richards (1954) para água de irrigação

## 5 CONCLUSÕES

A maioria das estruturas visitadas apresentam um quadro de abandono preocupante, sendo as barragens de Brotas e Jazigo os casos mais graves e Saco I a que possui a melhor condição entre todas elas.

Não foram identificados planos de operação e/ou de manutenção preventiva ou corretiva para os barramentos estudados neste trabalho, fato atestado pelos empreendedores de cada uma delas. Não existindo a curto prazo perspectivas de mudança neste sentido, podemos classificar estas barragens por sua alta vulnerabilidade.

As barragens estudadas não são cadastradas Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e nem possuem um Plano de Segurança de Barragens, possuindo assim alto dano potencial e alto risco. Portanto, propensas a rupturas caso permaneçam sem a contemplação a curto prazo de um plano de manejo e manutenção preventiva.

Por se tratar de reservatórios localizados no Semiárido, deve-se tomar precauções quanto ao risco do uso das águas salinas conforme os resultados das análises preliminares realizadas neste trabalho. Neste sentido, se faz necessário aprofundar o conhecimento sobre as classes pedológicas das localidades onde foram estabelecidos a bacia de armazenamento, verificando assim a propensão destes reservatórios à salinidade.

É necessário que os empreendedores das barragens se comprometam e realizem o que determina a Lei de Segurança das Barragens para segurança da sociedade de todo o Vale do Pajeú e preservação de sua biodiversidade.

## 6 BIBLIOGRAFIA CITADA

AMORIM, M. F. P. **Lítigânciam estratégica e produção de sentidos pelos atingidos no rompimento da barragem algodões I.** 2017. 217 f. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Programa de Pós-Graduação em Sociologia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Sala de situação:** acompanhamento da Bacia do Rio São Francisco 06/07/2018. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/sao-francisco/boletins/diario/sf-diario-06-07-2018.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2018. Recife, 2018.

ANA – Agência Nacional de águas. SNISB: Gráficos e Relatório de Barragens Cadastradas no Sistema. Disponível em: <<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/graficos/datazen>>. Acesso em: 06 dez. 2018, Recife, 2018.

ANA. **Instruções para Apresentação do Plano de Segurança da Barragem.** Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2016.

ANA. **Relatório de Segurança das Barragens 2017.** Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2018.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Bacias hidrográficas:** Rio Pajeú – Bacia do Rio Pajeú. Disponível em: <[http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=5&subpage\\_id=20](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=20)>. Acesso em: 29 maio 2018. Recife, 2010.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Histórico pluviométrico.** Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 16 jan. 2019. Recife, 2018.

ARAÚJO, G. Em audiência sobre barragens, DNOCS diz que faltam recursos para manutenção. **G1,** Teresina, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2018/12/03/em-audiencia-sobre-barragens-dnocs-diz-que-faltam-recursos-para-manutencao.ghtml>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

AZEVEDO, L. G. T. **Integração de bacias hidrográficas.** In: A Questão da Água no Nordeste / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília: CGEE, 2012, p. 333 – 374.

AZEVEDO, L. G. T.; PORTO, R. L. L.; MELLO JUNIOR, A. V.; PEREIRA, J. G.; ARROBAS, D. L. P.; NORONHA, L. C.; PEREIRA, L. P. **Transferência de Água entre Bacias Hidrográficas.** 1. ed. Brasília: Banco Mundial, 2005. v. 1, 93 p.

BEZERRA, N. F. **Água no Semiárido Nordestino Experiências e Desafios.** In: Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002. p. 35-52.

BORGES FILHO, E. F. A. **Acesso e gestão da água em situação de escassez: implantação de tecnologias sociais simples de captação e armazenamento de água no alto trecho da bacia do rio Pajeú, Pernambuco.** 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – CFCH, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 set. 2010.

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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens** – Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2002. 148 p. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/inspecao/ManualdeSegurancaeInspecao\\_deBarragens.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/inspecao/ManualdeSegurancaeInspecao_deBarragens.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação Semiárido**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <[http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Munic%C3%ADpios\\_Semi%C3%A1rido.pdf](http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <[http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=090e3f78-bde3-4a1b-a46c-da4b1a0d78fa&groupId=10157](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=090e3f78-bde3-4a1b-a46c-da4b1a0d78fa&groupId=10157)>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Unidade de Gerenciamento do Proágua/Semi-arido. **Diretrizes ambientais para projeto e construção de barragens e operação de reservatórios**. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica, Unidade de Gerenciamento do Proágua/Semi-arido. Brasília: Bárbara Bela Editora Gráfica e Papelaria Ltda., 2005.

CARDIA, R. J. R. Auditoria em segurança e controle de barragens. In: VI Simpósio Brasileiro sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, 2008. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Comitê Brasileiro de Barragens, 2008.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Análise do rompimento hipotético da barragem de Ernestina. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 191 – 206, 1997.

CONTI, J. B. A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 07 - 14, 2005.  
DURÃES, M. F.; MELLO, C. R.; BESKOW, S. Estresse hidrológico: aplicação às bacias dos rios Paraopeba e Sapucaí, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 352 – 359, 2014.

EMBRAPA. **Balanço hídrico da Bacia Hidrográfica do Submédio São Francisco utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. Petrolina, PE, 2015. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/bhsf/index.php?opcao=inicio>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

FARIA, A. P. Transporte de sedimentos em canais fluviais de primeira ordem: respostas geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 191 – 202, 2014.

G1. Cresce o número de barragens com problemas graves de estrutura, diz ANA. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2018/11/19/cresce-o-numero-de-barragens-com-problemas-graves-de-estrutura-diz-ana.ghtml>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

GUIMARÃES, R. C. **Bacia Hidrográfica**. In: GUIMARÃES, R. C.; SHAHIDIAN, S; RODRIGUES, C. M. **Hidrologia Agrícola**, 2<sup>a</sup> edição. Évora, Portugal: ECT da Universidade de Évora e ICAAM, 2017, p. 5-22.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada de Serra Talhada**: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/serra-talhada/panorama>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

LOPES, L. M. N. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, Betim, v. 5, n. 1, p. 1 – 14, 2016.

MARANHÃO, N.; AYRIMORAES, S. **Os usos da água e o desenvolvimento regional**. In: A Questão da Água no Nordeste / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília: CGEE, 2012, p. 123-156.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2002.

MONTE-MOR, R. C. **Análise dos processos hidrológicos em bacias de rios intermitentes no semiárido mineiro**. 2012. 281 f. Tese (Doutorado em Saneamento,

Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

O ECO. **O que é a Lei das Águas**. Dicionário Ambiental. ((o)) eco, Rio de Janeiro, nov. 2014. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28797-o-que-e-a-lei-das-aguas/>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

PIERRE, L. F. Avaliação da segurança de pequenas barragens em operação. In: XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens, 2003. Salvador. **Anais...** Salvador: Comitê Brasileiro de Barragens, 2003.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: U.S. Salinity Laboratory, 1954.

SALGUEIRO, J. H. P. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Análise da distribuição espacial da precipitação na bacia do rio Pajeú em Pernambuco segundo método geoestatístico. **Rev. Tecnol. Fortaleza**, v. 29, n. 2, p.174 - 185, 2008.

SILVA, M. T.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R.; SILVA, B. K. N.; MARIANO, E. B.; AMORIM, M. R. B. Estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do submédio Rio São Francisco. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 2, n. 3, p. 203 – 2011, 2017.

SILVA, R. S. B.; SOUSA, A. M. L.; SODRÉ, S. S. V.; VITORINO, M. I. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. **Revista Ambiente e Água**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 1 – 17, 2018.

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no Semi-árido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 06 - 16, 2003.

ZUFFO, M. S. R. **Metodologia para avaliação da segurança de barragens**. 2005. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

## **7 APÊNDICE**

**APÊNDICE A – Roteiro de visita para qualificação das condições estruturais das barragens**

### **Qualificação técnica das estruturas hídricas**

Local: \_\_\_\_\_  
Data: \_\_\_\_\_

A) Condição geral do barramento:

Parede principal e ombreiras:

---

---

---

---

---

Vertedores: \_\_\_\_\_  

---

---

---

---

Comportas: \_\_\_\_\_  

---

---

---

---

---

Réguas limimétricas: \_\_\_\_\_  

---

---

---

---

---

Acesso: \_\_\_\_\_  

---

---

---

---

---

B) Volume armazenado

---

---

C) Qualidade da água

---

---

---

---

D) Condição das tomadas d'água (se existirem)

---

---

E) Vazões liberadas (medidas estimadas ou informadas)

---

---

F) Presença de operadores na área

( ) Sim ( ) Não

G) Se sim, qual a função exercida?

---

---

---

---

H) Observações relevantes

---

---

---

---

---

## APÊNDICE B - Roteiro de entrevista

### Entrevista com os gestores responsáveis pelo corpo hídrico

Corpo hídrico: \_\_\_\_\_

Entrevistado (a): \_\_\_\_\_

Órgão de atuação: \_\_\_\_\_

Local: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

A) Existe plano de operação das estruturas?

( ) Sim    ( ) Não

Se sim, quais são e como estão sendo aplicados?

---

---

---

---

---

---

B) Existe plano de manutenção das estruturas?

( ) Sim    ( ) Não

Se sim, quais são e como estão sendo aplicados?

---

---

---

---

---

---

C) Existem pessoas habilitadas para operação das atividades em atuação?

( ) Sim    ( ) Não

Se sim, quantas estão em atividade?

---

---

---

---

---

---

D) O número de pessoas contratadas é suficiente para realização das atividades de manutenção e proteção das instalações?

( ) Sim ( ) Não

Se não, foram encaminhadas solicitação para contratação de pessoas?

( ) Sim ( ) Não

Se sim, há quanto tempo?

( ) Sim ( ) Não

Existem empecilhos para contratação?

( ) Sim ( ) Não

Se sim, quais?

---

---

---

---

E) Com que periodicidade são realizadas obras de manutenção na estrutura?

---

---

---

---

F) Quais foram as obras de manutenção realizadas recentemente?

---

---

---

---

---

---

G) Qual o tempo médio entre as operações preventivas e de recuperação das estruturas?

---

---

---

---

---

H) Existem operações de manutenção, preventiva ou corretivas em andamento?  
 Sim     Não

Se sim, quais?

---

---

---

---

---

I) Existem solicitações de manutenção e de recuperação encaminhadas?  
 Sim     Não

Se sim, há quanto tempo foram encaminhadas?

---

---

---

---

---

Existem entraves que impedem o atendimento destas solicitações?

---

---

---

---