

# **A FRAGILIDADE DA INFRAESTRUTURA NA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS BARRAGENS DE ACORDO COM A R143**

## **THE PRECARIETY OF THE INFRASTRUCTURE IN EVALUATING THE MAINTENANCE CONDITION OF DAMS ACCORDING TO R143**

Vanda Tereza Costa Malveira; UVA, Sobral-CE, Brasil, tmalveira@hotmail.com  
Fernanda de Almeida Furtado; UVA, Sobral-CE, Brasil, fernanda.ecivil@hotmail.com  
Francisco Hiago de Siqueira Gomes; UVA, Sobral-CE, Brasil, hiago\_eng@hotmail.com  
Ana Teresa Sousa Ponte; DNOCS, Fortaleza-CE, Brasil, ana.teresa@dnocs.gov.br

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta, através de aplicação de casos, as incertezas advindas com a escassa infraestrutura disponível para a aplicação da Resolução 143 (R143), mais especificamente em barragens de médio e pequeno porte no estado do Ceará (Brasil), usadas em sistemas de abastecimento de populações. Os casos apresentados são de barragens de médio porte, de acordo com critério estabelecido na citada resolução, localizadas a montante de cidades com população superior a 10.000 habitantes. A metodologia adotada para a avaliação segue as recomendações normativas do SNISB/Resolução143 e, iniciando-se com inspeções nas barragens, determinação da categoria de risco e, detalhamento do item "plano de segurança", no sentido de verificar se a pontuação colocada contempla uma boa ponderação desse item nas condições de segurança da barragem. A ponderação pretendida diz respeito à realidade estrutural das barragens de pequeno e médio porte, que apresentam peculiaridades não previstas na R143 e que, por não serem arrecadoras de tarifas para seu próprio plano de segurança, podem ficar permanentemente inseridas no grupo das barragens sem plano de operação e manutenção, independente do que é regulamentado.

### **ABSTRACT**

This paper presents some uncertainty in classification of dam safety due to existing infrastructure to small and medium dams in Ceará State (Brazil). The case studies concern to dams classified as medium size according to R143, located upstream of cities with more than 10,000 inhabitants, users of the dam for water supply. The applied methodology follows the legal recommendations of the current rules of SNISB/R 143 consisting in activities like inspection of the dams, elaboration of the safety report, classification of the dam according to risk and potential damages, upload the documentation in the national dams safety system. In this paper the "safety plan" is focused in way to detach the grade used to compose the classification, verifying the real weight of them in the dam safety, considering the specificity of the analyzed cases into the general rules of the R143. These dams are used mostly to water supply, the constructor and owner is not the agent who receives the water fees, what result in no granted budget for maintenance of the dams and, in consequence dams pertaining of the group without a safety plan whatsoever the current rule.

### **1 - INTRODUÇÃO**

A infraestrutura hídrica de barragens no Brasil atende, principalmente, ao sistema hidroelétrico, dominante nas regiões de rios com regime regular, e ao sistema de agricultura irrigada e abastecimento da região semiárida, com rios parcialmente regularizados pelas barragens.

O DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) é o maior proprietário das barragens no semiárido do Nordeste do Brasil, com 300 barragens de médio e grande porte, além das mais de 400 pequenas barragens construídas em cooperação com as prefeituras (Araújo et al. 2003; Pinheiro, 2004). De acordo com a legislação brasileira que ampara o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), toda barragem deve atender a um protocolo de operação e manutenção instituído pela Lei de Segurança (Lei 12.334/2010), Resolução ANA nº 91(R91) e Resoluções CNRH nº 143 (R143) e nº 144 (R144), que definem exigências e critérios para classificação de porte, de risco associado e de dano potencial associado a cada barragem, bem como a periodicidade das inspeções (Brasil, 2010; Brasil, 2012).

Devido a problemas estruturais internos que o DNOCS tem enfrentado nas últimas décadas, a política de inspeção de rotina de suas barragens foi instituída formalmente em 2012, com a criação de um Grupo de Trabalho de Segurança de Barragens. Foram selecionados três casos dentre suas barragens, em que a fragilidade da infraestrutura disponível as coloca em um patamar crítico de risco.

## 2 - CASOS: BARRAGENS DE MÉDIO PORTE COM OCUPAÇÃO A JUSANTE

Os casos selecionados para o presente trabalho seguiram os critérios de estarem localizadas a montante de unidades urbanas e, da proximidade com a instituição de ensino dessa pesquisa, sendo localizadas nos sistemas hidrográficos das bacias do rio Acaraú (Acaraú-Mirim e Forquilha) e Coreaú (Premuoca), região noroeste do Ceará, Brasil (Figura 1), considerando-os representativos dentro do universo de barragens do DNOCS.



Figura 1 – Localização da área da pesquisa com as 3 barragens selecionadas.

Um resumo das características técnicas das barragens é apresentado no Quadro 1, onde se verifica que, de acordo com a Lei de Segurança, todas se enquadram no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), pois têm acumulação superior a 3 hm<sup>3</sup> e altura superior a 15 m e, de acordo com a R143 são classificadas como barragens de médio porte, pois têm acumulação entre 5 e 75 hm<sup>2</sup>.

Quadro 1 – Características técnicas das barragens dos casos selecionados.

Barragem	Altura máxima (m)	Acumulação (hm <sup>3</sup> )	Extensão pela crista (m)	Idade (anos)
Acaraú-Mirim	20,0	52,0	360	107
Forquilha	26,3	51,2	300	93
Premuoca	15,4	5,2	700	33

As três barragens são de terra compactada, não tendo sido identificada documentação de projeto e, conseqüentemente, do tipo de drenagem interna adotada. As características das fundações foram inferidas a partir de observações na inspeção realizada, tendo-se como referência a litologia do antigo leito do curso d'água barrado, das ombreiras e perfis de escavação nos canais de acesso e restituição do vertedouro.

No caso da barragem Premuoca, foi possível observar que a profundidade do horizonte consolidado e impermeável para a fundação se encontra a cerca de três metros abaixo do nível do terreno natural, enquanto que, nas outras duas barragens a fundação é subsuperficial conforme ilustrado na Figura 2.

De acordo com as seções transversais levantadas para essa pesquisa, os taludes de montante e jusante das barragens Acaraú-Mirim e Premuoca têm inclinação de 2,0:1,0 (H:V). A barragem Forquilha possui bermas a montante e a jusante para suavização dos taludes, sendo o de jusante com inclinação de 2,0:1,0 (H:V) e o de montante apresenta uma mudança de talude de 2,0:1,0 (H:V) para 2,5:1,0 (H:V) a cerca de 10 metros abaixo da crista. (Figura 2).

Uma observação que pode ser destacada é a inclinação do talude de montante da barragem Acaraú-Mirim, com inclinação de 2,0:1,0 (H:V) e uma altura de máxima de 20 metros. De um modo geral a literatura recomenda uma inclinação de 2,5:1,0 (H:V) para barragens deste porte, considerando os solos mais resistentes ao cisalhamento, o que indica a necessidade de uma revisão conceitual que pode estar associada aos parâmetros definidos em laboratório ou critérios de segurança adotados. Maiores considerações sobre este aspecto serão elaboradas após a próxima fase da pesquisa, que consiste na retroanálise das condições de segurança das barragens.

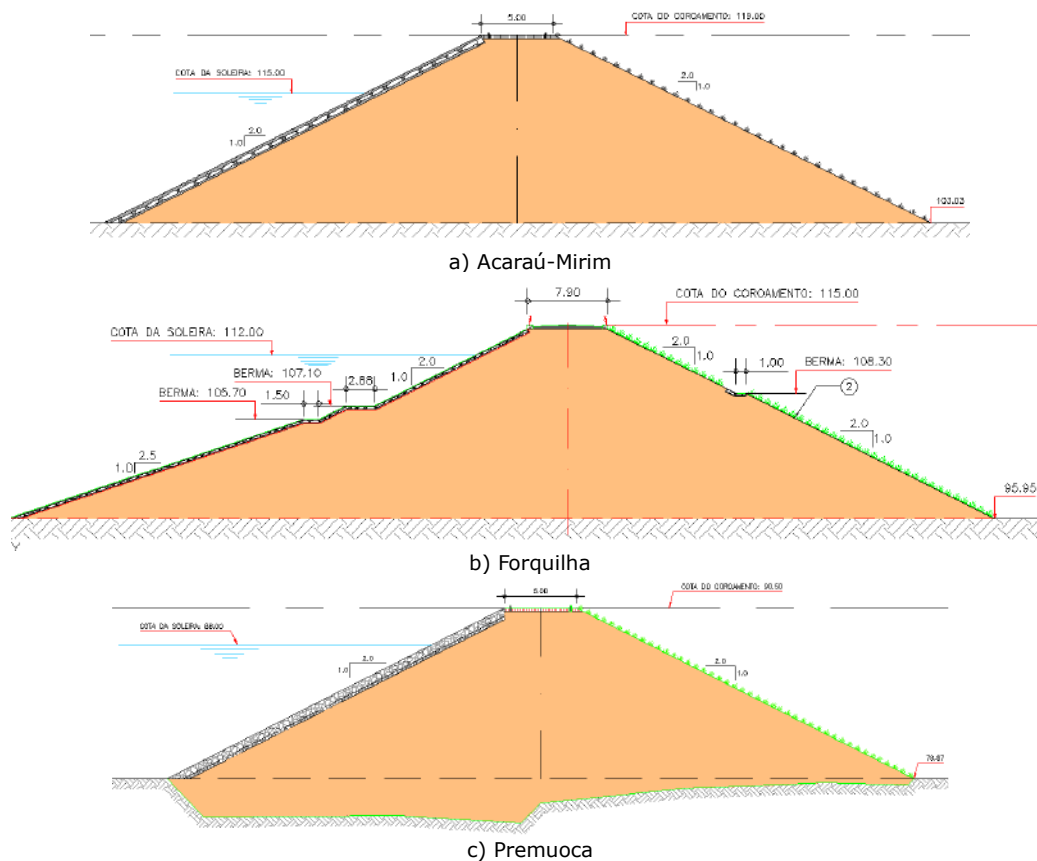


Figura 2 – Geometria externa das barragens a) Acaraú-Mirim; b) Forquilha; c) Premuoca

### 2.1 – Classificação de risco e dano potencial associado

Para cada um dos casos (Acaraú-Mirim, Forquilha e Premuoca) foi aplicado o protocolo de inspeção para posterior classificação de risco e dano potencial associado. No Quadro 2 destacam-se as anomalias de maior magnitude verificadas durante a inspeção realizada dentro dos critérios definidos pelo SNISB, e o Quadro 3 apresenta a classificação de risco e dano potencial de acordo com critérios estabelecidos na R143.

Não pôde ser avaliado ou informado pelos habitantes locais o período inicial das anomalias, mas algumas apresentam sinais de permanência, tais como forte oxidação do material erodido no talude de montante da barragem Premuoca e, nos buracos existentes no talude de montante da barragem Forquilha, a vegetação varia de rasteira a arbustiva.

No caso da barragem Forquilha foram observadas duas anomalias de alta magnitude que não estão listadas no *check list* recomendado pelo SNISB, que é a implantação recente de uma linha de transmissão de sistema de comunicação no talude de jusante e, o vertedouro, que foi projetado e construído com soleira livre em perfil Creager, teve seu canal de acesso aterrado e, conseqüentemente, o comprometimento do coeficiente de descarga, com a eliminação da altura de chegada, um dos parâmetros de cálculo da geometria da soleira (Figura 3).



Figura 3 – Anomalias excepcionais na baragem Forquilha: a) linha de transmissão no talude de jusante; b) aterramento do canal de aproximação do vertedouro.

Em nenhum dos três casos foi identificado qualquer evidência da existência de drenagem interna no maciço de terra das barragens e, como nos critérios de classificação definidos na R143, não foi prevista essa possibilidade, os mesmos foram enquadrados na situação mais crítica possível no processo de ponderação das condições de percolação pelo maciço, devido à real possibilidade de surgências no talude de jusante.

Quadro 2 – Anomalias de maior magnitude presentes nas barragens.

Barragem	Anomalias destacadas			
	Talude de jusante	Talude de montante	Área de jusante	Vertedouro
Acaraú-Mirim	Falhas na proteção e; Canaletas quebradas		Ocupação com balneário	Erosão regressiva no canal de restituição
Forquilha	Presença de vegetação; Implantação de postes	Falhas na proteção; Buracos e tocas de animais	Ocupação com residências	Soleira livre aterrada; Obstrução da bacia de dissipação
Premuoca	Falhas na proteção; Presença de vegetação	Presença de vegetação; Erosão acentuada com movimento de material	Ocupação com residências e vacaria	Erosão regressiva no canal de restituição

Quadro 3 – Classificação das barragens de acordo com a R143.

Barragem	Categoria de Risco (CRI)			Dano Potencial Associado (DPA)	Classificação R143	
	Características técnicas (CT)	Estado de Conservação (EC)	Plano de Segurança (PS)		CRI	DPA
Acaraú-Mirim	24	18	21	21	Alto	Alto
Forquilha	24	27	21	21	Alto	Alto
Premuoca	16	27	21	21	Alto	Alto

## 2.2 – Estado de conservação das barragens

De acordo com os resultados resumidos no Quadro 3, o estado de conservação das barragens está situado acima do valor considerado crítico pela R143, que seria  $EC \leq 8$ . Para as barragens Forquilha e Premuoca o maior peso no valor do EC está associado às condições dos taludes de montante das barragens, enquanto que, na barragem Acaraú-Mirim, o maior peso é o desconhecimento do sistema de drenagem interna, o que ocorre também nas outras duas estruturas.

Ampliando-se essa análise dentro do contexto apresentado pela R143, verifica-se a dependência direta do estado de conservação da barragem a seu plano de segurança. Como antes da publicação da Lei 12.334/2010 não existia propriamente um processo contínuo de inspeções e recuperação das barragens do proprietário dos casos selecionados, reitera-se a condição de vulnerabilidade da segurança do seu sistema hídrico à atual infraestrutura disponível.

Destacando-se pontos considerados comuns para as duas fases de classificação de risco, é possível fazer um exercício de melhoramento da atual classificação de risco das barragens.

### 2.2.1 - Documentação versus percolação

A inexistência de documentação com detalhamento de componentes essenciais das estruturas de terra tais como seu sistema de drenagem interna, resulta uma ponderação negativa tanto para a qualificação de seu estado de conservação como para a avaliação de seu plano de segurança. Resgatada essa documentação ter-se-ia um impacto positivo com a redução de 8 pontos no estado de conservação e 6 no plano de segurança para os três casos(Quadro 2).

### 2.2.2 – Documentação versus vertedouro

A inexistência de documentação com dados e parâmetros de cálculo adotados para os vertedouros, resulta uma ponderação negativa tanto para a qualificação de seu estado de conservação como para a

avaliação de seu plano de segurança. Resgatada essa documentação ter-se-ia um impacto positivo com a redução de 4 pontos no estado de conservação e 6 no plano de segurança para os três casos (Quadro 2).

### 2.2.2 – Técnicos versus deformações e recalques

A falta de uma equipe qualificada atuando em toda a infraestrutura hídrica resulta uma ponderação negativa tanto para a qualificação de seu estado de conservação como para a avaliação de seu plano de segurança. Instituída uma logística de infraestrutura organizacional ter-se-ia um impacto positivo com a redução de 15 pontos no estado de conservação nas barragens Forquilha e Premuoca, 5 na barragem Acaraú-Mirim e, 6 no plano de segurança para os três casos (Quadro 2).

A classificação resultante com a instituição de uma infraestrutura organizacional com técnicos qualificados para as demandas exigidas pelo arcabouço legal, implica na redução total no estado de conservação de 19 pontos para as barragens Forquilha e Premuoca e 17 pontos na barragem Acaraú-Mirim e, conseqüentemente, o rebaixamento do patamar de risco de Alto para Baixo, conforme apresentado no Quadro 4. O cenário definido como Ideal corresponderia, assim, a uma situação a ser conquistada após a recuperação das anomalias apresentadas ou inferidas pelas inspeções.

Quadro 4 –Classificação das barragens de acordo com a R143.

Barragem	Categoria de Risco (CRI)					Dano Potencial Associado (DPA)	Classificação R143		
	Características técnicas (CT)	Estado de Conservação (EC)		Plano de Segurança (PS)			CRI		DPA
		Atual	Ideal	Atual	Ideal		Atual	Ideal	
Acaraú-Mirim	24	18	1	21	15	21	Alto	Baixo	Alto
Forquilha	24	27	1	21	15	21	Alto	Baixo	Alto
Premuoca	16	27	1	21	15	21	Alto	Baixo	Alto

A rotina de inspeção e formalização de relatórios periódicos das condições de segurança das barragens exige uma equipe de profissionais qualificados e uma logística estrutural mínima para realização dessas atividades. Os serviços necessários para reparação das anomalias exigem um projeto de recuperação dentro dos padrões de segurança geotécnicos atuais, bem como o acompanhamento dos serviços de recuperação por técnicos especializados em geotecnia.

## 3 - INFRAESTRUTURA DO EMPREENDEDOR

O desafio maior do grupo de trabalho criado no DNOCS para aplicar o protocolo legal instituído de 2010 a 2012 é formalizar o processo de remediação das anomalias detectadas nas inspeções de rotina, diante da restrição orçamentária limitada dentro do orçamento do Departamento. A inexistência de uma ferramenta legal de retorno das receitas originadas pelo uso da água para o DNOCS, proprietário da infraestrutura hídrica, constitui o ponto mais crítico.

A regulamentação do retorno de parte da receita originada pelo uso da água seria uma alternativa para o início de um ciclo virtuoso no sistema de operação e manutenção da infraestrutura hídrica. Esta prática de retorno de benefícios para garantir sua continuidade está prevista em leis nacionais e internacionais. A legislação nacional prevê a figura da compensação financeira no âmbito dos recursos hídricos, citando-se a Lei 9.648/1998, que trata da reestruturação de centrais elétricas brasileiras e a Lei 9.984/2000 que criou a Agência Nacional de Águas (ANA), ambas muito claras com respeito a fonte de recursos oriundos de receitas de uso da água para um competente sistema de gestão.

O preenchimento da lacuna que se observa na formalização de receitas oriundas de uso da água dos reservatórios construídos e sob a responsabilidade do DNOCS, como ocorre no sistema elétrico, promoveria também a formalização e obrigatoriedade, a curto prazo (2 a 5 anos), de uma retroavaliação das condições de segurança de suas barragens e, a longo prazo, um programa de recuperação dessas estruturas já de posse dos projetos *as built*, conforme previsto pelo SNISB (Brasil, 1998; Brasil, 2000).

O atual organograma do Departamento (Figura 4) não possui uma coordenação que abrigue as funções exigidas pela legislação e, em se tratando de um órgão federal, onde a tramitação de alterações estruturais é muito lenta, as modificações solicitadas no organograma demandada por seus técnicos, não gerou ainda a formalização das ações urgentes ao processo de segurança das barragens, que exigem a contratação de técnicos especialistas no mínimo em geotecnia, hidrologia, hidráulica e estruturas, ações estas que poderiam ser formalizadas no contexto do exposto no parágrafo anterior.

Uma análise do organograma do DNOCS apresentado na Figura 4, simplificado para destaque dos setores que exercem atividades de engenharia na área de barragens, verifica-se, preliminarmente, o distanciamento do setor responsável pela segurança de obras e o setor de projeto. Embora localizados dentro da mesma diretoria, o fato de estarem divididos em distintas coordenações pode prejudicar o cronograma de ações previstos no SNISB que, em se tratando de atividades multidisciplinares e fortemente vinculadas, seriam mais eficientes se geridas por uma única coordenação, o que poderia ser contemplado com o organograma apresentado na Figura 5.

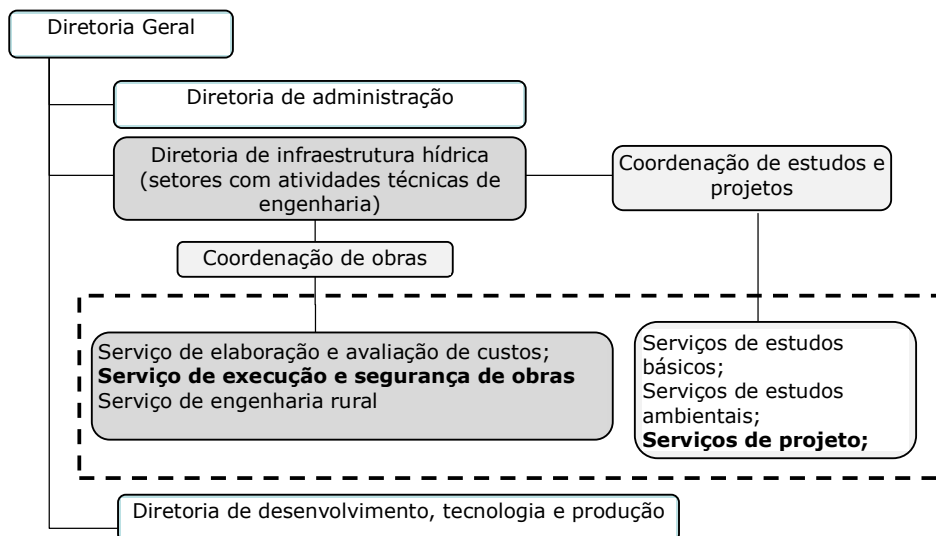


Figura 4 – Organograma atual simplificado do DNOCS modificado de Baima e Ponte, 2013.



Figura 5 – Organograma proposto para formalização das atividades do SNISB

Sabe-se que a capacitação de profissionais implica numa série de atividades tais como treinamentos institucionais, reuniões de trabalho, viagens técnicas, seminários, intercâmbio de práticas, cursos presenciais ou à distância, aprimoração de competências. A Figura 5 ilustra conteúdos mínimos a serem abordados em uma trilha de qualificação em monitoramento e segurança de barragens, o que pode e deve ser considerado quando da abertura de concurso público para contratação de profissionais, etapa obrigatória dentro do processo de formalização das atividades do SNISB pelo DNOCS.

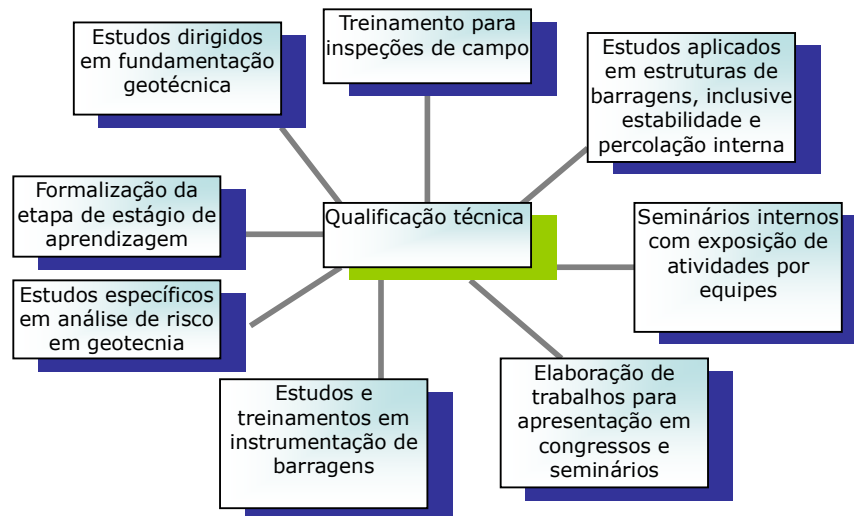


Figura 5 – Trilhas de qualificação de profissionais em segurança de barragens

O tempo estimado para qualificação de um técnico, incluindo cursos intensivos com abordagem de conteúdos é de dois anos (Brasil, 2009). Considerando a quantidade de barragens que o DNOCS possui e, ainda, que nenhuma foi objeto de retroanálise de suas condições de segurança, seria necessário uma equipe mínima de quinze profissionais qualificados para atender à demanda atual.

#### 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Lei de Segurança de Barragens (12.334/2010) sinaliza como um avanço na política de operação e monitoramento das barragens pertencentes a empreendedores que não a tem praticado plenamente. As exigências inseridas nas ferramentas legais garantem não somente a possibilidade de um cenário de transparência das reais condições de estruturas em que o risco é uma condição inerente, mas, diante dos casos expostos, a possibilidade de qualificação de profissionais em áreas da engenharia que são correntemente deficitárias de especialistas.

A instituição definitiva das atividades exigidas pela Lei requer que o DNOCS supere suas restrições estruturais e orçamentárias, ambas atreladas à burocracia própria da gestão pública. Os técnicos do Departamento vêm lutando continuamente pela reforma estrutural necessária à dinamização de suas atividades no semiárido. Além disso, verifica-se a necessidade de mais ferramentas de regulação da Lei 12.334/10, ajustando benefícios e obrigações dos produtores de água.

O DNOCS tem a missão de promover a infraestrutura hídrica no semiárido, outras instituições distribuem a água e recebem as receitas de seu uso, sem a obrigação de retorno destas para preservação do patrimônio estrutural da infraestrutura hídrica do Departamento.

O setor elétrico brasileiro possui regulamentação que formaliza claramente as tarifas e a parcela dessa receita que deve retornar para reestruturação de suas barragens (9.648/1998). Assim, a formalização legal para o retorno de um percentual da tarifa de cobrança de água para os empreendedores do setor de abastecimento e irrigação, é prática já existente no sistema nacional de recursos hídricos, podendo ser objeto de uma resolução das instituições que regulam o sistema. Em tempos de necessidade de controle orçamentário público não teria sentido se criar mais uma rubrica de despesa, quando a receita pela uso da água já é cobrada por agentes públicos.

Enquanto este tipo de ajuste não ocorrer, é provável que barragens como as adotadas para estudo de caso do presente trabalho sejam condenadas sistematicamente à classificação na categoria de risco Alto, à falta da infraestrutura geotécnica mínima destacada no presente trabalho, para as atividades de operação e manutenção.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio da UVA no apoio para o desenvolvimento da pesquisa e, ao DNOCS, pela viabilização das atividades de campo.

## **REFERÊNCIAS**

- Araújo, M. Z. T; Ponte, A. T. M. M. S.; Malveira, V. T. C. (2003). *Barragens do Nordeste do Brasil*. 3ª edição. DNOCS, Fortaleza.
- Baima, S. K. O.; Ponte, A. T. M. M. S. (2013). *Desafios para a implementação da lei 12.334/2010 no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS*. In: XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens. CBDB:Porto de Galinhas – PE – Brasil.
- Brasil. (1998). Presidência da República . Subchefia de assuntos jurídicos. *A reestruturação da centrais elétricas brasileiras*. D.O.U. 11.17. Brasília.
- Brasil. (2000). Presidência da República . Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Criação da agência nacional de águas*. D.O.U. 11.17. Brasília.
- Brasil. (2010). Presidência da República . Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Lei de segurança de barragens*. D.O.U. 11.17. Brasília.
- Brasil. (2012). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução N° 143*. D.O.U. 11.17. Brasília.
- Brasil. (2009). Ministério do Planejamento. *Orientações para formação e capacitação continuada*. MPOG. Brasília.
- Pinheiro, F.D. (2004). *Açudes em cooperação no estado do Ceará*. DNOCS, Fortaleza.