XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.1/27

CÁLCULO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA DA BARRAGEM PRINCIPAL DO COMPLEXO OITICICA NO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

Iego Angelim Freire Agra
Eng. Civil, Quanta Consultoria, Fortaleza, Brasil, iegoagraa@gmail.com

Antônio Italcy de Oliveira Júnior
Eng. Civil Geotécnico, Quanta Consultoria, Fortaleza, Brasil, antonioitalcy@hotmail.com

Sandy Oliveira da Silva
Eng. Civil, Quanta Consultoria, Fortaleza, Brasil, sandyoliveiraugp@gmail.com

Jorge Mateus Aires Feitosa
Eng. Civil, Quanta Consultoria, Fortaleza, Brasil, mateusaires15@hotmai.com

Rui Santigo de Sousa
Eng. de Fortificação e Construção, Quanta Consultoria, Fortaleza, Brasil,
rui.santiago@quantaconsultoria.com

RESUMO: Este trabalho apresenta a aplicação da metodologia estabelecida pela Resolução nº 241 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) como ferramenta para a classificação de segurança da Barragem Oiticica, localizada no Rio Grande do Norte. Utilizando como fonte de dados o projeto executivo, inspeções in loco e demais documentações oficiais do empreendimento. O barramento principal do Complexo Oiticica consiste em uma estrutura construída em concreto compactado a rolo com altura máxima acima da fundação de 45,88 m, cota do coroamento 119,80 m, comprimento do coroamento 1.768,10 m, largura do coroamento 7 m e inclinação do paramento de jusante 0,8(H):1(V). O estudo detalha a análise dos critérios que compõem a Categoria de Risco (CRI) e o Dano Potencial Associado (DPA) da estrutura, conforme estabelecido pela resolução nº 241 da CNRH. Após a classificação, os resultados obtidos foram confrontados com trabalhos semelhantes para barragens construídas em CCR. e revelaram que a classificação da Barragem se enquadra na Categoria de Risco Médio, com 42 pontos, e Dano Potencial Associado Alto. A análise demonstra que a resolução é um instrumento detalhado que permite uma avaliação multifatorial, distinguindo a probabilidade de ocorrência de falha (risco) de suas potenciais consequências (dano).

PALAVRAS-CHAVE: Segurança de Barragens, Resolução nº 241 CNRH, Categoria de Risco, Dano Potencial Associado, Concreto Compactado a Rolo.

ABSTRACT: This study presents the application of the methodology established by Resolution No. 241 of the National Council of Water Resources (CNRH) as a tool for the safety classification of the Oiticica Dam, located in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. The analysis was based on data obtained from the executive design, in situ inspections, and other official documents related to the project. The main dam of the Oiticica Complex consists of a roller-compacted concrete (RCC) structure with a maximum height above the foundation of 45.88 m, crest elevation of 119.80 m, crest length of 1,768.10 m, crest width of 7 m, and a downstream slope of 0.8(H):1(V). The study presents a detailed evaluation of the criteria used to determine the Risk Category (CRI) and the Associated Potential Damage (DPA) of the structure, according to the provisions established in CNRH Resolution No. 241. After classification, the results were compared with similar studies involving RCC dams. The findings indicate that the Oiticica Dam is classified as Medium Risk Category, with a score of 42 points, and High Associated Potential Damage. The analysis demonstrates that

the resolution constitutes a comprehensive assessment instrument that enables a multifactorial evaluation, distinguishing the probability of failure occurrence (risk) from its potential consequences (damage).

KEYWORDS: Dam Safety, CNRH Resolution No. 143, Risk Category, Associated Potential Damage, Roller-Compacted Concrete.

1 INTRODUÇÃO

No cenário das infraestruturas hídricas de grande porte, a manutenção de níveis rigorosos de segurança constitui um requisito indispensável para a viabilidade operacional das estruturas e para a proteção das populações a jusante. No Brasil, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei Federal nº 14.066 de 2020, estabelece que a responsabilidade pela integridade dessas obras recai sobre o empreendedor, exigindo a adoção de instrumentos de gestão capazes de identificar precocemente vulnerabilidades estruturais e operacionais.

A classificação de Segurança de Barragens no país fundamenta-se no binômio Risco e Dano. Conforme destacado por Fontenelle (2007), a avaliação de riscos, especialmente em barragens localizadas na região Nordeste, deve considerar a vulnerabilidade intrínseca da estrutura em consonância com as ameaças associadas ao seu entorno socioeconômico. Nesse contexto, a segurança não deve ser compreendida como um valor absoluto, mas como o resultado da interação entre a qualidade técnico-construtiva da obra e as consequências potenciais de uma eventual ruptura.

O ordenamento jurídico brasileiro, por meio da Resolução nº 241 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), operacionalizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através da Resolução nº 95/2021, estabelece critérios objetivos para o enquadramento das barragens. Essa normativa segmenta a Categoria de Risco (CRI) em três eixos principais: características técnicas, estado de conservação e gestão da segurança, distinguindo-a do Dano Potencial Associado (DPA), que se concentra nas consequências humanas, sociais, econômicas e ambientais decorrentes de uma falha estrutural. Aguiar et al. (2015) ressalta que, em barramentos de grande porte, as características técnicas tendem a elevar a pontuação base da CRI, reforçando a necessidade de excelência no estado de conservação para a manutenção de níveis aceitáveis de segurança. Em estruturas executadas com Concreto Compactado a Rolo (CCR), a estabilidade do índice de segurança encontra-se diretamente relacionada ao controle de subpressões e à eficiência do sistema de drenagem interna (AGUIAR et al., 2015).

Inserida nesse contexto normativo e técnico, a Barragem Oiticica, localizada no leito do rio Piranhas-Açu, no estado do Rio Grande do Norte, representa um dos principais eixos para a segurança hídrica e o controle de cheias na região do Vale do Açu. Seu Barramento Principal 0,8(H):1(V), executado em concreto compactado a rolo (CCR), apresenta altura máxima de 45,88 m e capacidade de armazenamento aproximada de 742.632.840 m³, além de integrar o sistema de recepção das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). Em função dessas características, a estrutura enquadra-se na classificação de Dano Potencial Associado (DPA**)** Alto, o que impõe a realização de avaliações técnicas detalhadas e contínuas.

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo detalhar o processo de classificação da Barragem Principal de Oiticica sob a ótica da Resolução nº 241 do CNRH. A análise fundamenta-se em dados do projeto executivo e em informações obtidas a partir de inspeções de campo, buscando consolidar o perfil de segurança da estrutura e fornecer subsídios técnicos para a gestão de riscos no complexo hídrico.

2 METODOLOGIA

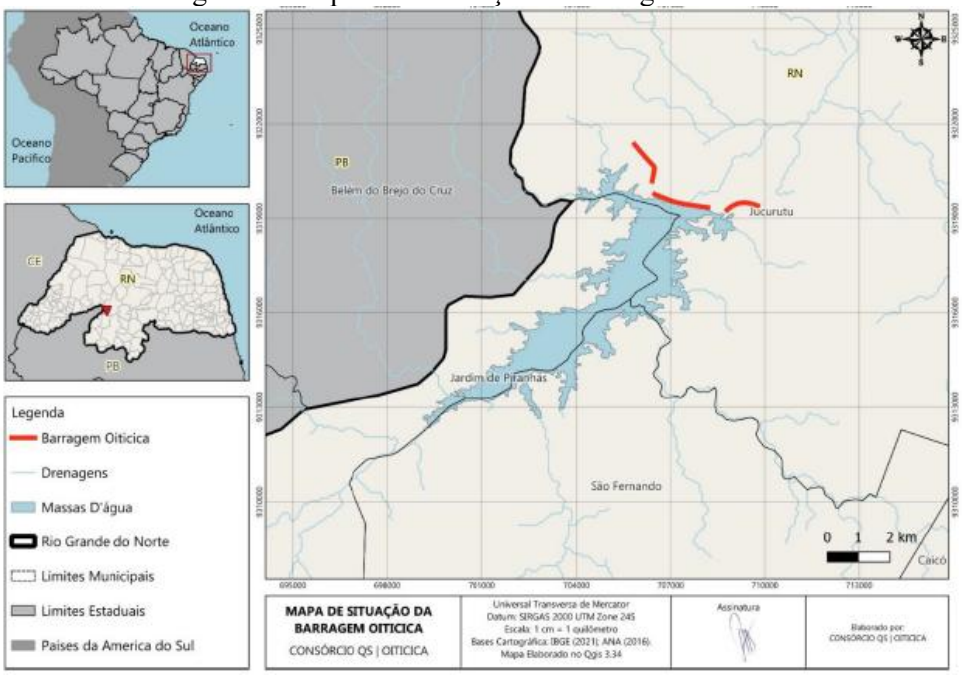
2.1 Caracterização da Área de Estudo

A Barragem Oiticica situa-se no rio Piranhas-Açu, no município de Jucurutu, no estado do Rio Grande do Norte, apresentando coordenadas geográficas aproximadas de latitude 6°09'13,88"S e longitude 37°07'26,26"O, conforme ilustrado na Figura 1. A montante da Barragem localiza-se o complexo Coremas–

Mãe d'Água, a cerca de 200 km de distância, enquanto a jusante encontra-se a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, aproximadamente 63 km a jusante da estrutura.

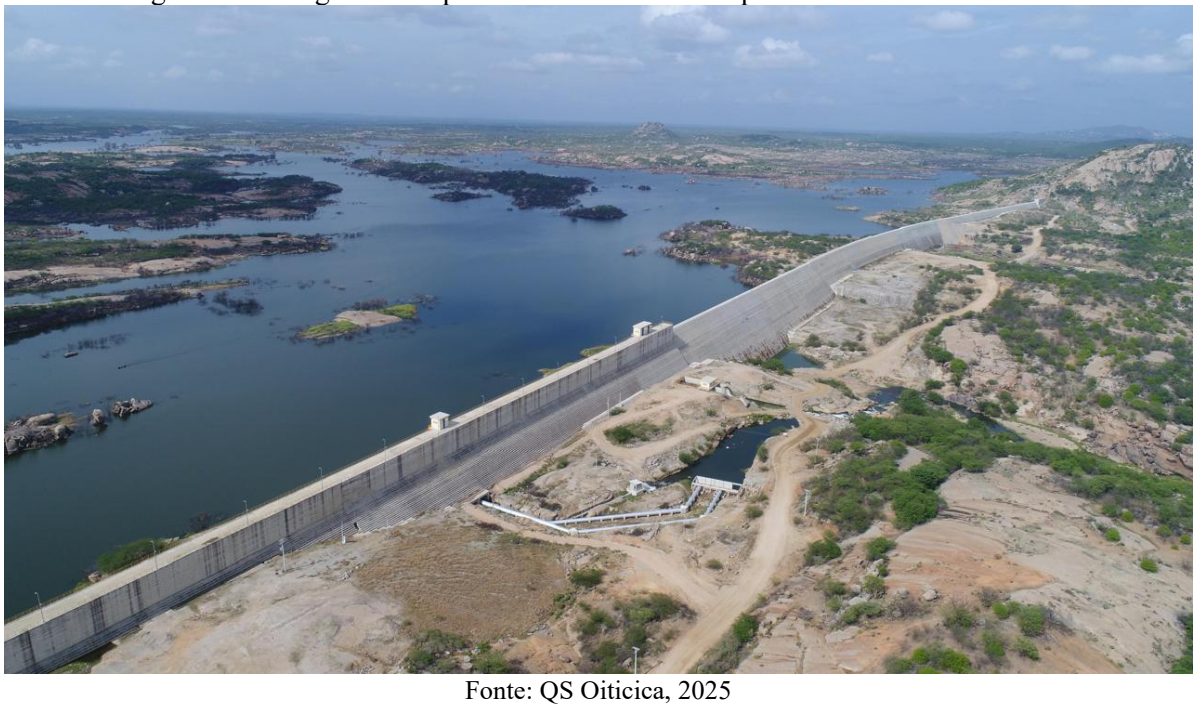
A Barragem principal de Oiticica (Figura 2) é um barramento do tipo gravidade em CCR, com volume total de concreto de 345.228 m³. Possui altura máxima acima da fundação de 45,88 m e coroamento na cota 119,80 m com largura de 7,00 m. O sistema extravaso é composto por um vertedouro central de soleira livre (tipo Creager) com comprimento de 758,68 m, dimensionado para cheias decamilenares.

Figura 1 - Mapa da localização da Barragem Oiticica



Fonte: QS Oiticica, 2024

Figura 2 - Barragem Principal e Vertedouro do Complexo Oiticica – Vista Geral



Fonte: QS Oiticica, 2025

2.2 Dados Gerais da Barragem Oiticica

A Tabela 1 apresenta os dados gerais da barragem principal de Oiticica, objeto do presente estudo.

Tabela 1- Características e descrições da Barragem Principal

Característica	Descrição
Tipo	CCR
Altura máxima acima da fundação	45,88 m
Cota do coroamento	119,80 m
Comprimento do coroamento	1768,10 m
Largura do coroamento	7 m
Inclinação do talude de montante	Vertical
Inclinação do talude de jusante	0,8(h):1(v)

2.3 Aplicação da Resolução nº 241 do CNRH como método de Classificação de Categoria de Risco (CRI)

A classificação das estruturas seguiu os critérios estabelecidos na Resolução nº 241/2024 do (CNRH), adotando-se o método de pontuação acumulada previsto no normativo. A Categoria de Risco da Infraestrutura (CRI) foi determinada a partir da soma das pontuações atribuídas aos grupos de critérios definidos pela resolução, conforme descrito a seguir.

A avaliação contemplou três grupos principais: Características Técnicas (CT), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança (PS). As Características Técnicas foram analisadas com base em informações nominais de projeto e parâmetros construtivos da estrutura. O Estado de Conservação considerou a identificação de anomalias estruturais, operacionais e a confiabilidade dos sistemas de instrumentação e monitoramento. O Plano de Segurança avaliou a existência, a conformidade e o grau de atualização do Plano de Segurança da Barragem (PSB) e do Plano de Ação de Emergência (PAE).

A pontuação final da CRI foi obtida pela soma das pontuações atribuídas a cada grupo de critérios. O enquadramento da barragem nas classes de Risco Baixo, Médio ou Alto foi realizado conforme as faixas de classificação apresentadas na Tabela 2. Ressalta-se que, conforme a resolução, a atribuição da pontuação máxima ao critério Estado de Conservação (EC = 6) implica automaticamente a classificação da estrutura como Risco Alto, independentemente do valor total da CRI, em função da relevância desse critério para a segurança estrutural.

Tabela 2 - Faixa de classificação quanto à Categoria de Risco

	Categoria de Risco	CRI
Faixa de Classificação	Alto	≥ 60 ou EC* = 8
	Médio	35 < CRI < 60
	Baixo	≤ 35

Fonte: Resolução CNRH nº 241, de 10 de setembro de 2024

2.4 Avaliação do Dano Potencial Associado (DPA)

A avaliação do Dano Potencial Associado (DPA) foi realizada conforme os critérios estabelecidos na Resolução CNRH nº 241/2024, com base na análise de cenários de ruptura e das respectivas manchas de inundação a jusante. A metodologia considerou os impactos potenciais sobre a população, o meio ambiente e as infraestruturas existentes.

A classificação do DPA foi obtida por meio de uma matriz de pontuação que contempla quatro componentes: volume do reservatório, potencial de perda de vidas humanas, impacto ambiental e impacto socioeconômico. A pontuação final resultou da soma dos valores atribuídos a cada componente, permitindo o enquadramento do dano potencial nas classes Baixo, Médio ou Alto, conforme as faixas definidas pela resolução (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação do DPA

	Dano Potencial Associado	DPA
Faixa de Classificação	Alto	≥ 16
	Médio	10 < DPA < 16
	Baixo	≤ 10

Fonte: Resolução CNRH nº 241, de 10 de setembro de 2024

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Síntese da Categoria de Risco (CRI)

A pontuação consolidada para o barramento principal de Oiticica foi de 42 pontos, enquadrando-o em Risco médio. A Tabela 4 apresenta o detalhamento da pontuação da Categoria de Risco da Infraestrutura (CRI) atribuída ao barramento principal do Reservatório de Oiticica, obtida a partir da aplicação dos critérios estabelecidos na Resolução nº 241/2024 do CNRH. A avaliação considerou os grupos de critérios Características Técnicas (CT), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança (PS), cujas pontuações foram somadas para a determinação do risco global da estrutura.

Tabela 4 - Detalhamento da Pontuação de Risco (CRI)

Grupo de Critérios	Pontuação	Justificativa Principal
Características Técnicas (CT)	15	Altura > 30 m; Volume > 50 hm³; Vertedouro para cheia decamilenar.
Estado de Conservação (EC)	6	Estrutura concluída em 2025; ausência de anomalias críticas no CCR.
Plano de Segurança (PS)	21	PSB e PAE implementados; instrumentação automatizada completa.
Total Acumulado	**42**	**Classificação: Risco Médio**

Fonte: QS Oiticica, 2023.

O grupo Características Técnicas (CT) obteve pontuação de 15 pontos, refletindo principalmente os parâmetros geométricos e hidráulicos do barramento. Destacam-se a altura superior a 30 m, o volume do reservatório superior a 50 hm³ e a concepção do vertedouro dimensionado para o atendimento de cheia com período de retorno deca milenar, fatores que, conforme a resolução, contribuem significativamente para o incremento do risco associado à estrutura.

No que se refere ao Estado de Conservação (EC), foi atribuída pontuação de 6 pontos, compatível com a condição atual do barramento, cuja construção foi concluída em 2025. As inspeções e registros disponíveis indicam a ausência de anomalias críticas no maciço em Concreto Compactado a Rolo (CCR), bem como o adequado desempenho estrutural e funcional dos elementos constituintes, justificando a pontuação intermediária observada.

O grupo Plano de Segurança (PS) apresentou pontuação de 21 pontos, associada à existência e implementação do Plano de Segurança da Barragem (PSB) e do Plano de Ação de Emergência (PAE), ambos em conformidade com as exigências normativas. Adicionalmente, a presença de sistema de instrumentação automatizado e plenamente operacional contribuiu para a redução do risco associado à gestão da segurança da estrutura.

A soma das pontuações dos três grupos resultou em um total acumulado de 42 pontos, enquadrando o barramento principal de Oiticica na classe de Risco Médio (Tabela 2), conforme os intervalos de classificação definidos pela Resolução nº 241/2024 do CNRH. Esse resultado indica que, embora a estrutura apresente

características técnicas relevantes do ponto de vista de risco potencial, suas condições de conservação e os mecanismos de segurança implementados contribuem para a mitigação dos riscos associados à sua operação.

3.2 Análise do Dano Potencial Associado (DPA)

A metodologia adotada considerou, de forma integrada, os impactos potenciais sobre a população, as infraestruturas existentes e o meio ambiente na área a jusante do barramento, conforme matriz apresentada no Quadro 1. O Dano Potencial Associado (DPA) foi de 28, classificado como alto a partir da aplicação dos critérios estabelecidos na Resolução nº 241/2024 do CNRH (Tabela 3).

Quadro 1 - Matriz de Classificação quanto ao DPA

Volume Total do Reservatório (s)	**Potencial de perdas de vidas humanas (t)**	**Impacto ambiental (u)**	**Impacto socioeconômico (v)**
PEQUENO = 5hm³ (1)	**INEXISTENTE**: Não existem pessoas permanentes ou temporárias na área a jusante. **(0)**	**SIGNIFICATIVO**: Área não representa interesse ambiental ou está descaracterizada. **(3)**	**INEXISTENTE**: Não existem instalações ou serviços de navegação na área afetada. **(0)**
MÉDIO 5 a 75hm³ (2)	**POUCO FREQUENTE**: Não há ocupação permanente, mas existe estrada vicinal de uso local. **(4)**	**MUITO SIGNIFICATIVO**: Área apresenta interesse ambiental relevante ou protegida por lei. **(5)**	**BAIXO**: Pequena concentração de instalações residenciais, comerciais ou agrícolas. **(4)**
GRANDE 75 a 200hm³ (3)	**FREQUENTE**: Não há ocupação permanente, mas existe rodovia ou empreendimento eventual. **(8)**	-	**ALTO**: Grande concentração de instalações, serviços de lazer, turismo ou portuários. **(8)**
MUITO GRANDE > 200hm³ (5)	**EXISTENTE**: Existem pessoas ocupando permanentemente a área a jusante. **(12)**	-	-
DPA = Σ (s até v)		**28**	

Fonte: Resolução CNRH nº 241, de 10 de setembro de 2024

A classificação do Dano Potencial Associado (DPA) foi realizada conforme os critérios estabelecidos na Resolução CNRH nº 241/2024, a qual define metodologia baseada na soma de pontuações atribuídas a parâmetros relacionados às consequências potenciais de uma eventual ruptura da barragem.

A avaliação considera quatro componentes principais:

- **Volume total do reservatório (s)**;
- **Potencial de perdas de vidas humanas (t)**;
- **Impacto ambiental (u)**;
- **Impacto socioeconômico (v)**.

A soma desses componentes resulta na pontuação final do Dano Potencial Associado (DPA).

No caso em análise, o reservatório foi classificado como muito grande, por apresentar volume superior a 200 hm³, resultando em pontuação elevada para o critério (s). Esse enquadramento indica maior magnitude potencial da onda de cheia decorrente de eventual ruptura, com possibilidade de ampliação da área atingida.

Quanto ao potencial de perdas de vidas humanas (t), foi identificada a existência de ocupação permanente na área a jusante da estrutura, caracterizando situação de risco direto à população. Este critério possui maior peso na matriz, refletindo a prioridade normativa atribuída à salvaguarda de vidas humanas.

No que se refere ao impacto ambiental (u), a área potencialmente afetada apresenta relevância ambiental ou encontra-se sob regime de proteção legal, sendo, portanto, classificada como de impacto muito significativo. Tal condição indica possibilidade de danos expressivos aos ecossistemas locais em caso de evento adverso.

Em relação ao impacto socioeconômico (v), verificou-se a presença de significativa concentração de atividades e infraestruturas na área a jusante, incluindo serviços e empreendimento econômicos, o que caracteriza impacto alto sob o ponto de vista socioeconômico.

A soma das pontuações atribuídas aos quatro critérios resultou em DPA = 28, enquadrando a Barragem na categoria de Dano Potencial Associado Alto conforme Quadro 1.

Importa destacar que o DPA não está relacionado à probabilidade de ocorrência de falha estrutural (Categoria de Risco), mas sim às consequências potenciais caso a ruptura venha a ocorrer. Assim, a classificação obtida evidencia a necessidade de rigor na gestão da segurança da barragem, incluindo manutenção atualizada do Plano de Segurança da Barragem (PSB) e do Plano de Ação de Emergência (PAE), bem como monitoramento sistemático da estrutura.

Além dos aspectos socioeconômicos, a análise também indicou potenciais impactos ambientais relevantes, associados à inundação de áreas naturais e à alteração abrupta das condições hidrossedimentológicas a jusante. A conjugação desses fatores, presença de população exposta, comprometimento de infraestruturas essenciais e impactos ambientais expressivos, atende aos critérios normativos para a classificação do DPA como alto, independentemente da probabilidade de ocorrência da falha.

3.3 Comportamento da Barragem em CCR e Gestão de Riscos

Os resultados obtidos a partir da avaliação da Categoria de Risco (CRI) e do Dano Potencial Associado (DPA) indicam que o barramento principal do Reservatório de Oiticica apresenta comportamento estrutural compatível com os parâmetros de projeto, típico de barragens em Concreto Compactado a Rolo (CCR), aliado a um sistema de gestão de riscos tecnicamente estruturado.

A pontuação atribuída ao Estado de Conservação (EC) reflete o bom desempenho do maciço em CCR, cuja construção foi concluída recentemente, não sendo identificadas anomalias críticas de natureza estrutural ou hidráulica. As inspeções de rotina e os registos de monitoramento indicam comportamento estável do barramento, com respostas coerentes às condições de carregamento, corroborando a adequação das soluções adotadas em projeto e execução.

O desempenho hidráulico e estrutural da barragem é continuamente acompanhado por meio de um sistema de instrumentação automatizado, que inclui piezômetros de fundação e dispositivos de controle de drenagem. As leituras indicam níveis de pressão intersticial compatíveis com os valores esperados e baixas vazões nos drenos das galerias, evidenciando a eficiência do sistema de drenagem interna e a adequada estanqueidade das juntas do CCR. Esses aspectos são fundamentais para a segurança de barragens de concreto e estão em consonância com as recomendações da literatura técnica especializada (PEYRAS et al., 2011).

No âmbito da gestão de riscos, a existência e a implementação do Plano de Segurança da Barragem (PSB) e do Plano de Ação de Emergência (PAE) contribuem de forma significativa para a mitigação dos riscos associados à operação da estrutura. Embora a Barragem tenha sido classificada como Risco Médio, em função principalmente de suas características técnicas e porte, os mecanismos de monitoramento, inspeção e resposta a emergências atuam como elementos compensatórios, reduzindo a probabilidade de falhas não detectadas.

Por outro lado, a classificação do Dano Potencial Associado (DPA) como Alto reforça a necessidade de manutenção rigorosa dessas práticas de gestão, uma vez que eventuais falhas poderiam resultar em consequências severas a jusante. Assim, os resultados indicam que a segurança da Barragem de Oiticica está fortemente condicionada à continuidade do monitoramento sistemático, à atualização periódica dos planos de segurança e à pronta capacidade de resposta operacional, assegurando que o desempenho satisfatório observado no maciço em CCR seja mantido ao longo de sua vida útil.

4 CONCLUSÕES

A aplicação da Resolução nº 241/2024 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos permitiu avaliar de forma sistemática as condições de segurança da Barragem Principal de Oiticica, resultando em sua classificação como Categoria de Risco Médio e Dano Potencial Associado Alto. Essa condição evidencia a distinção fundamental entre risco e consequência adotada pela Política Nacional de Segurança de Barragens,

na qual a probabilidade de falha pode ser moderada, enquanto as possíveis consequências a jusante permanecem significativas.

Os resultados indicam que o bom estado de conservação da estrutura, aliado ao funcionamento adequado dos sistemas de drenagem e instrumentação, contribui para o controle das condições hidráulicas internas do maciço em Concreto Compactado a Rolo. Nesse contexto, o monitoramento sistemático das subpressões e o acompanhamento contínuo das condições estruturais constituem elementos essenciais para a manutenção do desempenho da barragem ao longo de sua vida útil.

Adicionalmente, a implementação do Plano de Segurança da Barragem (PSB) e do Plano de Ação de Emergência (PAE) desempenha papel fundamental na gestão preventiva de riscos, ampliando a capacidade institucional de resposta a eventuais situações adversas.

Dessa forma, o estudo reforça a importância da aplicação integrada dos instrumentos previstos na Resolução nº 241/2024, demonstrando sua relevância para a avaliação e gestão da segurança de barragens de grande porte executadas em CCR, bem como para o aprimoramento das práticas de monitoramento e tomada de decisão no âmbito da Política Nacional de Segurança de Barragens.

5 REFERÊNCIAS

AGUIAR, D.P. O; FAIS, L.M.C.F.; GENOVEZ, A.I.B; DALFRE FILHO, J.G. (2015). “Contribuição ao estudo do índice de segurança de barragens”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 20(2), pp. 360-368.

RAMBO, L. H. Avaliação da segurança da barragem labourrie/ap à luz de diferentes metodologias. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pará.

TSCHIEDEL, A.F.; PAIVA, R.C.D. “Uncertainty assessment in hydrodynamic modeling of floods generated by dam break” (2018). Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 23 (e30).

PEYRAS, L.; GERVAIS, R.; SERRE, D.; CHOUINARD, L.; DIAB, Y.; TOURMENT, R. (2011). Condition evaluation of water retaining structures by a functional approach. Comparative practices in Canada and France. European Journal of Civil and Environmental Engineering, 15, 335-356.

FONTENELLE, Alexandre de Sousa. Proposta metodológica de avaliação de riscos em barragens do nordeste brasileiro-estudo de caso: barragens do estado do Ceará. 2007.