

FÁBIO DA SILVA MOURA

PROPOSTA DE MELHORIAS PARA INDICADORES DE BARRAGENS

Artigo Científico apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais; Escola Politécnica; Departamento de Engenharia Ambiental – DEA; Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista.

Orientador: Prof. Msc. Luis Edmundo Prado de Campos.

Salvador
2024

PROPOSTA DE MELHORIAS PARA INDICADORES DE BARRAGENS

Fábio da Silva Moura ¹
engofabio.moura@gmail.com

Resumo

Este trabalho aborda a importância dos indicadores de segurança de barragens, destacando sua relevância na prevenção de desastres ambientais e na proteção das comunidades. A subjetividade na definição desses indicadores e a falta de alinhamento com os processos de monitoramento são identificadas como desafios significativos. Além disso, a análise crítica revela a necessidade de uma abordagem holística que considere diferentes dimensões da segurança. O estudo propõe o desenvolvimento de um novo indicador baseado na legislação brasileira e na revisão da literatura especializada, visando garantir sua eficácia na avaliação do risco de acidentes e no monitoramento contínuo da segurança das barragens. A metodologia adotada inclui a análise do indicador existente, a revisão dos critérios e parâmetros, e a justificativa para a seleção dos novos critérios, orientada pelos princípios dos Indicadores Chave de Desempenho (KPIs). Essa abordagem visa propor um indicador mais robusto e eficiente, contribuindo para uma gestão mais segura e eficaz das barragens.

Palavras-Chave: Barragem, Segurança de Barragens, Indicadores, KPI

Abstract

This work addresses the importance of dam safety indicators, highlighting their relevance in preventing environmental disasters and protecting communities. The subjectivity in defining these indicators and the lack of alignment with monitoring processes are identified as significant challenges. Furthermore, the critical analysis reveals the need for a holistic approach that considers different dimensions of security. The study proposes the development of a new indicator based on Brazilian legislation and a review of specialized literature, aiming to guarantee its effectiveness in assessing the risk of accidents and in the

¹ Discente do Curso de Especialização em Segurança de Barragens – Universidade Federal da Bahia
Engenheiro Civil da Eletrobras Chesf

continuous monitoring of dam safety. The methodology adopted includes the analysis of the existing indicator, the review of criteria and parameters, and the justification for the selection of new criteria, guided by the principles of Key Performance Indicators (KPIs). This approach aims to propose a more robust and efficient indicator, contributing to safer and more effective management of dams.

Keywords: Dam, Dam Safety, Indicators, KPI

1. INTRODUÇÃO

As barragens desempenham um papel de grande relevância na disponibilização de recursos hídricos, na produção de energia, no controle de cheias e irrigação em várias partes do mundo. Todavia, ao mesmo tempo em que essas estruturas são fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico, também apresentam riscos relevantes associados a falhas durante sua fase de operação e vida útil. Esses riscos não podem ser subestimados e demandam um monitoramento permanente e eficaz de forma a garantir a segurança dessas estruturas, pois podem resultar em desastres ambientais, perdas de vidas humanas e danos econômicos irreparáveis. Dessa maneira, os indicadores de segurança de barragens assumem um papel crucial, assemelhando-se aos Key Performance Indicators (KPIs) aplicados a diversas áreas, podendo fornecer métricas objetivas para avaliar e acompanhar o desempenho das barragens, no que tange à segurança das mesmas.

Então, tal como os KPIs, os indicadores de segurança de barragens têm a incumbência de fornecer informações precisas e confiáveis sobre o estado das estruturas, permitindo uma tomada de decisão de forma prévia e assertiva. Porém, a escolha e aplicação inadequadas de indicadores de segurança podem potencializar os riscos associados às barragens e às comunidades localizadas a jusante dessas estruturas.

A subjetividade na definição de indicadores de segurança de barragens é um dos principais problemas enfrentados na gestão e operação dessas estruturas (ZUFFO, 2005). Muitas vezes, os indicadores são desenvolvidos com base em critérios imprecisos ou em conveniências

operacionais, se contrapondo a critérios técnicos e legais. Isso pode levar a uma interpretação inconsistente dos dados e à adoção de medidas inadequadas para reparar os problemas e mitigar os riscos identificados.

Outra preocupação, é que a falta de alinhamento entre os indicadores de segurança e os processos de monitoramento das barragens, o que constitui um aspecto que deve ser incorporado na gestão das estruturas. Indicadores que não estão diretamente relacionados aos processos de monitoramento das barragens podem não garantir informações confiáveis ou representativas sobre o estado da estrutura, tornando difícil a identificação prévia de problemas.

Além disso, a utilização de indicadores de segurança que não considerem tais aspectos, pode resultar em uma falsa sensação de segurança e na não adoção de medidas preventivas assertivas. Isso pode contribuir para o comprometimento da segurança das barragens, resultado de uma gestão equivocada e potencializar o risco de acidentes.

É importante ressaltar que os riscos associados às barragens vão além das falhas estruturais. Eventos climáticos extremos, mudanças ambientais e atividades humanas podem ter influência ou afetar diretamente as barragens e torná-las mais suscetíveis a falhas. Portanto, é essencial que os indicadores de segurança de barragens considerem não apenas os aspectos estruturais, mas também os fatores ambientais (PRENDA, 2014) e operacionais.

A segurança das barragens torna-se uma preocupação prioritária e indispensável para os empreendedores, autoridades reguladoras e comunidades afetadas, e todos os *stakeholders* que de alguma forma relacionam-se com esses empreendimentos.

Nesse conjunto de circunstâncias, os indicadores de segurança de barragens exercem ainda uma função mais decisiva para monitoramento contínuo das condições das estruturas e para prevenção de acidentes de barragens, que podem ser catastróficos e de grandes proporções. Esses indicadores fornecem informações valiosas sobre o comportamento o acompanhamento do estado das barragens e demais estruturas que compõe o barramento,

como vertedouros, eclusas, tomadas d'águas e casas de força. Além disso, possibilitam a identificação de forma precoce, com a antecedência, de problemas decorrentes de possíveis anomalias e a consequente implementação de medidas corretivas, caso necessário.

A utilização de indicadores de segurança inadequados, que não estejam devidamente ajustados ou calibrados, pode levar a uma falsa sensação de segurança e à negligência na adoção de medidas preventivas e corretivas adequadas. Além do mais, pode dificultar ou impossibilitar a identificação de problemas emergentes, em evolução e a tomada de decisões apropriadas para mitigar os riscos. Portanto, é de suma importância garantir que os indicadores de segurança de barragens sejam objetivos, precisos e alinhados com os requisitos estabelecidos pela legislação e pelas melhores práticas de engenharia.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo principal propor um indicador de segurança de barragens que auxilie os empreendedores na gestão de barragens de usos múltiplos. Através de uma perspectiva baseada em evidências e alinhada com as necessidades reais e imperativas do monitoramento das barragens, busca-se desenvolver um indicador que colabore efetivamente para a prevenção de acidentes e para a proteção das comunidades e do meio ambiente circundante. Ao fazê-lo, espera-se fornecer uma contribuição significativa para a melhoria da segurança de barragens em todo o mundo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E REQUISITOS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A segurança de barragens no Brasil é regida por um conjunto amplo de legislações e regulamentos que tem como objetivo garantir a integridade e a segurança dessas estruturas essenciais para o desenvolvimento e proteção da sociedade. A principal legislação que estabelece as diretrizes e os instrumentos para a gestão da segurança de barragens é a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Esta legislação corresponde a um marco importante no

estabelecimento de padrões, regulamentações e requisitos mínimos para a segurança de barragens em todo o território nacional.

Foi estabelecido pela Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010), entre outros aspectos, critérios para classificação de barragens de acordo com sua categoria de dano potencial associado a uma eventual ruptura, assim como diretrizes para elaboração e implementação de Planos de Segurança de Barragens (PSB). Também, a lei determina a necessidade de regular inspeções e monitoramentos das barragens, assim como a divulgação pública de informações relacionadas à segurança das estruturas que compõe o barramento.

No ano de 2020, em complemento à Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010), foi promulgada a Lei nº 14.066 (BRASIL, 2020), trazendo importantes alterações na legislação brasileira de segurança de barragens. Dentre as principais mudanças trazidas por esta lei está a definição de critérios mais rigorosos para a classificação de barragens e a ampliação das responsabilidades dos empreendedores.

Ainda em relação a segurança de barragens, para além das leis específicas, as resoluções emitidas por órgãos reguladores, amparadas na legislação vigente, também desempenham um papel fundamental no gerenciamento das barragens. A Agência Nacional de Águas (ANA), por exemplo, emitiu a Resolução nº 121 em 9 de maio de 2022 (ANA, 2022), que estabelece diretrizes para o monitoramento hidrológico e a segurança de barragens. Esta resolução define os parâmetros e procedimentos que devem ser adotados para garantir a segurança das barragens e prevenir acidentes.

Neste mesmo contexto, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) emitiu a Resolução Normativa nº 1.064 em 2 de maio de 2023 (ANEEL, 2023), que determina critérios específicos para a segurança de barragens de usinas hidrelétricas. Esta resolução delibera sobre requisitos técnicos e operacionais que as concessionárias de geração de energia elétrica devem obedecer para assegurar a segurança das barragens sob sua responsabilidade.

A Agência Nacional de Mineração (ANM), por sua vez, também emitiu a Resolução nº 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022), que trata da regulação de barragens com fins de armazenamento de rejeitos, estabelecendo diretrizes e critérios para a segurança dessas estruturas. Porém como o objetivo deste artigo é trabalhar com indicadores de segurança de barragens de acumulação de água para usos múltiplos e geração de energia elétricas, não será feito um aprofundamento maior no campo de barragens de rejeitos.

Destarte, a legislação brasileira relacionada à segurança de barragens é bastante ampla e detalhada, estabelecendo e fixando diretrizes claras e requisitos específicos para assegurar a integridade e a segurança dos empreendimentos de barragens, que são indispensáveis para o país. Essas leis e resoluções representam um avanço considerável na regulamentação do setor e contribuem para a prevenção de acidentes e a proteção das comunidades afetadas. Contudo, é fundamental que essas legislações sejam adequadamente implementadas e fiscalizadas para garantir sua eficácia na prática.

2.2. INDICADORES DE SEGURANÇA EM BARRAGENS

Uma preocupação relevante para assegurar a integridade das estruturas e proteger as comunidades em área a jusante, é a gestão da segurança de barragens. Uma variedade de indicadores vem sendo utilizados para monitorar e avaliar a segurança dessas estruturas e, permitir uma abordagem extensa e eficaz para a gestão de riscos (LOPES & FIGUEIREDO, 2021):

- **Indicadores de Insumo (Indicadores de Esforço):**

Os recursos investidos nas atividades de gestão de segurança das barragens, são caracterizados como indicadores de insumo. Está incluso, por exemplo, o número de inspeções realizadas, a quantidade de investimentos em manutenção e reparos, e a disponibilidade de pessoal treinado para operar e monitorar as estruturas. Esses indicadores refletem o esforço dedicado à segurança das barragens, mas não significa dizer que garantem necessariamente resultados positivos em termos de segurança.

- **Indicadores de Processo (Indicadores de Esforço):**

A medida do desempenho das atividades de gestão de segurança de barragens é realizada pelos indicadores de processo. Neste caso, pode-se incluir, como exemplo, a eficácia das inspeções realizadas, o cumprimento de prazos para execução de manutenção preventiva e corretiva, e a conformidade com os procedimentos operacionais estabelecidos. São indicadores que fornecem insights sobre como as atividades estão sendo conduzidas, porém, não necessariamente indicam se as medidas adotadas são eficazes na proteção das barragens.

- **Indicadores de Produto (Indicadores de Resultado):**

Em relação aos indicadores de produto, estes medem os resultados diretos das atividades de gestão de segurança das barragens. Pode-se enumerar neste grupo alguns exemplos como, a redução da taxa de deformação das estruturas, medida por meio de instrumentação geotécnica, como inclinômetros e extensômetros de solo, que no caso da diminuição desse indicador pode indicar uma estabilização das condições geotécnicas e uma redução do risco de falha estrutural, ou ainda, podemos citar, a diminuição do número ou taxa de surgências detectadas ao longo do tempo, que pode ser medido, pela comparação do número de surgências identificados ou registrados em um determinado período com os registros históricos da barragem, o que no caso de uma redução, pode indicar uma melhoria na estanqueidade do maciço e na eficácia das medidas de manutenção preventiva adotadas. Indicadores como esses, fornecem uma avaliação mais direta dos resultados alcançados pelas medidas de segurança implementadas.

- **Indicadores de Impacto (Indicadores de Resultado):**

Por fim, os efeitos das medidas de segurança de barragens sobre o meio ambiente e as comunidades no vale a jusante do barramento, que são avaliados pelos indicadores de impacto. Como exemplos, podem ser inseridos,

a redução do risco de inundação para áreas urbanas e rurais, a preservação de habitats naturais e a proteção de recursos hídricos. São fornecidos por esses indicadores uma avaliação dos benefícios gerados pelas medidas de segurança implementadas, de forma abrangente, indo além dos resultados diretos nas estruturas dos barramentos.

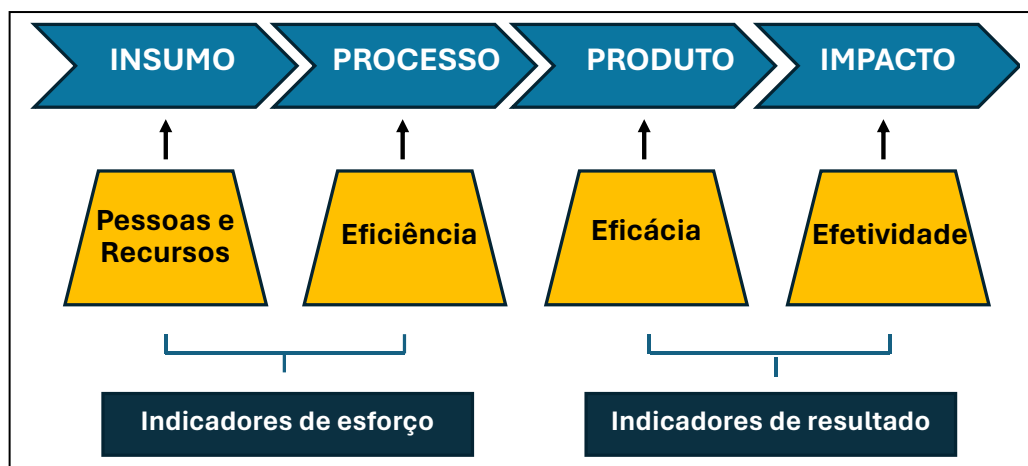


Figura 1: Indicadores de esforço e de resultado.
Adaptado de Bahia (2021) apud Lopes & Figueiredo (2021).

Quando da utilização de indicadores de segurança para barragens, a adoção de uma abordagem holística que considere as diferentes dimensões da segurança, é essencial, desde os recursos investidos até os impactos gerados. A combinação de indicadores de esforço e indicadores de resultado, pode possibilitar uma avaliação mais assertiva, mais ampla e com maior precisão para mensurar o desempenho e da eficácia das medidas de segurança implementadas, contribuindo para uma gestão de riscos, por parte do empreendedor, mais adequada e específica para cada barragem.

2.3. ANÁLISE CRÍTICA DOS INDICADORES DE SEGURANÇA EM BARRAGENS

A partir da análise crítica dos indicadores de segurança existentes para barragens, são revelados desafios a serem enfrentados e questões que precisam ser consideradas para garantir uma avaliação precisa e eficaz da segurança das estruturas.

Os indicadores de segurança devem desempenhar um papel de protagonismo na prevenção de acidentes e na proteção das populações a jusante das barragens, mas a escolha de critérios e/ou a aplicação inadequada dos mesmos podem comprometer sua eficácia e confiabilidade.

A seguir serão elencados alguns aspectos de subjetividade e falta de alinhamento com os processos de monitoramento das barragens, sendo necessário fazer uma correspondência dos indicadores de normas e regras e indicadores de gestão institucional, segundo as categorias de esforço e resultado.

- **Problemas de Subjetividade:**

Quando da elaboração de indicadores de segurança de barragens, um dos principais problemas a serem enfrentados é a questão da subjetividade no momento da definição de critérios e parâmetros. Muitos indicadores são desenvolvidos com base em julgamentos subjetivos dos especialistas envolvidos no processo, o que pode levar a interpretações divergentes e inconsistências na avaliação e gestão da segurança das barragens. Em se tratando de indicadores de resultado, isso é particularmente preocupante, no qual a subjetividade pode influenciar na compreensão ou análise dos dados e levar a conclusões equivocadas sobre o real estado ou condições das estruturas.

- **Falta de alinhamento com Processos de Monitoramento:**

A falta de alinhamento dos indicadores de segurança com os processos de monitoramento das barragens, constitui uma realidade bastante comum na gestão e operação dessas estruturas. Com base na disponibilidade de dados, ou pela facilidade de medição, alguns indicadores são selecionados, sem que seja considerado a sua relevância para o monitoramento eficaz das estruturas. Como resultado disto, pode resultar em uma maior importância de indicadores que não fornecem informações significativas sobre o estado da barragem, de forma que aspectos críticos podem ser negligenciados. Para indicadores de esforço, tem uma importância relevância, onde a falta de alinhamento com os

processos de monitoramento pode conduzir a uma alocação ineficiente de recursos e esforços.

- **Correspondência de Indicadores de Norma e Regras:**

Dentro da categoria de indicadores de esforço, enquadram-se geralmente os indicadores de normas e regras, uma vez que refletem o esforço investido na conformidade com as regulamentações e diretrizes estabelecidas. Neste caso, como exemplo, pode-se incluir, o atendimento de prazos para a realização de inspeções e manutenções, a implementação de medidas corretivas recomendadas por órgãos reguladores e fiscalizadores, bem como a documentação de procedimentos operacionais em conformidade com as normas vigentes. No entanto, é importante assegurar que esses indicadores estejam alinhados com os objetivos da segurança das barragens e que contribuam de forma efetiva para a mitigação de riscos.

Tabela 1: Correspondência Indicadores de Normas e Regras segundo Esforço e Resultado

Indicadores de risco	Tipo			
	Insumo	Processo	Produto	Impacto
Potencial de perdas de vida				●
Potencial de danos materiais				●
Potencial de impacto ambiental e cultural				●
Limite de Vulnerabilidade			●	
Valor de capital do projeto		●		
Inspeções/observações de rotina periódicas		●		
Inspeção de operação da FERC		●		
Inspeção de operação JoinPart12D e FERC		●		
Risco para a população			●	
Redeterminar a classificação da barragem		●		
Inspeção local e formal		●		

Fonte: Adaptado Lopes & Figueiredo (2021)

- **Correspondência de Indicadores de Gestão Institucional:**

Em relação aos indicadores de gestão institucional, estes podem abranger tanto esforços quanto resultados, dependendo da sua natureza e aplicação específica. Como exemplo, os indicadores relacionados à capacitação de pessoal e alocação de recursos financeiros podem ser enquadrados como indicadores de esforço, de tal forma que representam o esforço investido na melhoria da capacidade institucional para gerenciar a segurança das barragens. Por outro lado, indicadores relacionados à eficácia das medidas de gestão implementadas, como a redução da frequência de incidentes ou a melhoria da comunicação entre as partes interessadas, podem ser considerados indicadores de resultado, já que constituem os efeitos das ações tomadas.

Tabela 2: Correspondência de Indicadores de Gestão Institucional por Esforço e Resultado

Indicadores de risco	Tipo			
	Insumo	Processo	Produto	Impacto
Instrumentos centralizados/automáticos	●			
Instrumentos de leitura manual	●			
Instrumentos geodésicos	●			
Análise de ruptura		●		
Atualização de mapas de inundação		●		
Atualização de informações dinâmicas no PAE		●		
Indicadores de Governança				
Programa de conscientização		●		
Exercícios de simulação de resposta à emergência		●		

Fonte: Adaptado Lopes & Figueiredo (2021)

A análise crítica dos indicadores de segurança demonstra a necessidade de que seja realizado uma abordagem das questões subjetivas, de que se assegure o alinhamento com os processos de monitoramento e que possa refletir uma correspondência adequada entre os indicadores de normas e regras com os indicadores de gestão institucional. Ao tratar dessas questões, é possível melhorar a eficácia e confiabilidade dos indicadores, contribuindo para uma gestão mais eficiente e segura das barragens.

3. METODOLOGIA

A abordagem metodológica deste trabalho foi dividida em três etapas principais: descrição do indicador existente, análise dos critérios e parâmetros, e justificativa para a seleção dos critérios e parâmetros para o novo indicador. A proposta tem base em uma perspectiva ampla e multidisciplinar, que envolve a combinação de conhecimentos técnicos, revisão da literatura especializada e a análise a luz da legislação de segurança de barragens no contexto brasileiro.

3.1. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

Para a concepção do novo indicador de segurança de barragens, a metodologia partiu da análise do indicador utilizado por um empreendedor na gestão de suas barragens,

considerando sua aplicação real e os critérios e parâmetros no quais fundamentaram seu desenvolvimento. A revisão desses critérios e parâmetros permitiu identificar aqueles que são irrelevantes ou inadequados, os quais puderam ser desconsiderados na proposição de um novo indicador mais eficaz.

3.2. EXPLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS E PARÂMETROS CONSIDERADOS NO INDICADOR EXISTENTE

O indicador de segurança de barragens existente, IMSB (Índice de Monitoramento e Segurança de Barragem), adotado pelo empreendedor, baseou-se em critérios e parâmetros que contemplam aspectos classificados da seguinte forma:

- Estado de Conservação - EC (ReN nº 696/2015 - ANEEL), no qual foram contemplados critérios como confiabilidade das estruturas extravasoras, confiabilidade das estruturas de adução, percolação, deformações e recalques, deterioração dos taludes/ paramentos e eclusa.
- Estado de Manutenção Civil – EM, abrangendo índice de realização das programações de manutenção, índice de atendimento das demandas solicitadas por outras equipes internas não especialistas de segurança de barragens, índice de atendimento das demandas resultante de inspeções rotineiras mensais dentro de um plano de manutenção, condição de contrato de supressão de vegetação/ roço para atendimento de taludes e áreas de segurança de barragens, condição de contrato de manutenção civil, desassoreamento, índice de realização das leituras de auscultação, índice de atendimento das demandas com origem do relatório de segurança regular de barragem.
- Estado Segurança de Barragem – ES, no qual foram contemplados os parâmetros como dados do empreendedor; dados técnicos, estrutura organizacional, manuais de inspeção, regras operacionais de descarga, indicação de área de segurança; Plano de Ação de Emergência (PAE); Relatório de Inspeção de Segurança Regular; Revisão Periódica; e Formulário de Segurança de Barragem (FSB).

Critérios e Pontuações para formação do IMSB						Pontuação
Confiabilidade Estruturas						
Estado de Conservação - EC (ReN nº 696/2015 - Aneel)	Estruturas civis e hidroeletrônicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e hidroeletrônicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com estruturas danificadas (10)		0
	Confiabilidade das Estruturas de Adução					
	Estruturas civis e dispositivos hidroeletrônicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas (6)			0
	Percolação					
	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras estabilizadas e/ou monitoradas (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem tratamento ou em fase de diagnóstico (5)	Surgência nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras com carreamento de material ou com vazão crescente (8)		3
	Deformações e Recalques					
	Inexistente (0)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou monitoramento (5)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)		0
	Deterioração dos Taludes / Paramentos					
	Inexistente (0)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de monitoramento ou atuação corretiva (5)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)		0
	Eclusa					
	Não possui eclusa (0)	Estruturas civis e hidroeletrônicas bem mantidas e funcionando (1)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados e com medidas corretivas em implantação (2)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)		0
Estado de Manutenção Civil - EM	Índice de Realização das Programações de Manutenção					
	Índice entre 90% a 100% (0)	Índice entre 75% a 90% (1)	Índice entre 50% a 75% (3)	Índice abaixo de 50% (5)	Índice abaixo de 25% (8)	3
	Índice de atendimento das Demandas Solicitadas por Equipes internas não especialistas de Segurança de Barragens					
	Índice entre 90% a 100% (0)	Índice entre 75% a 90% (1)	Índice entre 50% a 75% (3)	Índice abaixo de 50% (5)	-	0
	Índice de atendimento das Notas originadas do Plano Manutenção					
	Índice entre 90% a 100% (0)	Índice entre 75% a 90% (1)	Índice entre 50% a 75% (3)	-	-	0
	Contrato Supressão de Vegetação / Roço					
	Contrato em Execução (0)	RC em Processo Licitatório (2)	Sem contrato em execução (7)	-	-	2
	Contrato de Manutenção Civil					
	Contrato em Execução (0)	RC em Processo Licitatório (2)	Sem contrato em execução (7)	-	-	0
	Desassoreamento					
	Contrato em Execução ou sem necessidade (0)	RC em Processo Licitatório (2)	Sem contrato em execução (7)	-	-	
	Índice de realização das Leituras de Auscultação					
	Índice entre 90% a 100% (0)	Índice entre 75% a 90% (1)	Índice entre 50% a 75% (3)	Índice abaixo de 50% (5)	Índice abaixo de 25% (8)	0
Estado Segurança - ES	Dados do Empreendedor; Dados Técnicos, Estrutura Organizacional, Manuais de Inspeção, Regras Operacionais de Descarga, Indicação de Área de Segurança					
	Atualizado e Disponibilizado (0)	Atualizado e Não Disponibilizado (2)	Não atualizado (4)	Não elaborado (6)		0
	Plano de Ação de Emergência (PAE)					
	Elaborado/Atualizado, disponibilizado e implantado (0)	Elaborado/Atualizado, disponibilizado e não implantado (3)	Elaborado/Atualizado e não disponibilizado (6)	Não elaborado (9)		3
	Relatórios de Inspeção de Segurança Regular - RISR					
	Emitido no prazo e Disponibilizado (0)	Emitido no prazo e Não Disponibilizado (3)	Emitido fora do prazo (5)	Emitido fora do prazo e Não Disponibilizado (7)	Não emitido no ano corrente (8)	0
	Revisão Periódica					
	Realizada ou Dentro do Prazo Legal (0)	Contrato em Execução (3)	RC em Processo Licitatório (4)	Inexistente (6)		0
	Formulário de Segurança de Barragem (FSB)					
	Emitido no prazo (0)	Emitido fora do prazo (4)	Não emitido no ano corrente (6)	-	-	0

Uma análise detalhada desses critérios foi essencial para identificar lacunas, redundâncias ou inadequações que possam comprometer a eficácia do indicador.

3.3. JUSTIFICATIVA PARA A SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS E PARÂMETROS

Para o novo indicador, a escolha dos critérios e parâmetros foi baseada na legislação brasileira de segurança de barragens, hoje vigente, na revisão da literatura especializada e na análise crítica do indicador existente. Critérios considerados irrelevantes ou inadequados foram descartados, enquanto novos critérios relevantes e alinhados com os objetivos de segurança foram propostos.

A seleção dos critérios e parâmetros foi orientada pelos princípios e conceitos básicos para a criação de Indicadores Chave de Desempenho (KPIs), garantindo que o novo indicador fosse mensurável, relevante e eficaz na avaliação e gestão da segurança das barragens.

Essa abordagem metodológica permitiu a proposição de um novo indicador de segurança de barragens mais robusto e eficiente, contribuindo para a melhoria contínua dos processos de segurança e monitoramento das barragens.

3.4. DESENVOLVIMENTO DO INDICADOR DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

No desenvolvimento do indicador de segurança de barragens, é crucial identificar e descartar critérios e parâmetros irrelevantes que não contribuem significativamente para a prevenção de acidentes ou para a gestão eficaz dos riscos das barragens. Com base na análise detalhada, os seguintes critérios e parâmetros serão descartados do indicador existente:

- **Índice de realização das programações de manutenção:** Este critério aborda a programação para atendimento de demandas originadas de inspeções rotineiras mensais dentro de um plano de manutenção, bem como demandas solicitadas por outras equipes internas não especialistas de segurança de barragens. No entanto, as demandas já estão sendo consideradas no índice de atendimento das demandas solicitadas por outras equipes internas não especialistas de segurança de barragens e no índice de atendimento das demandas resultantes de inspeções rotineiras mensais dentro de um plano de manutenção. Além disso, as programações de atividades de

manutenção civil que não estão diretamente relacionadas à segurança de barragens, como o atendimento de demandas civis de prédios administrativos, também estão contempladas neste critério.

- **Índice de atendimento das demandas solicitadas por outras equipes internas não especialistas de segurança de barragens:** Este critério aborda todo tipo de demanda civil, que em sua maioria está relacionada a problemas que não dizem respeito à segurança de barragens, como demandas de instalações administrativas. No entanto, essas demandas já estão sendo consideradas em outros critérios, como o índice de atendimento das demandas resultante de inspeções rotineiras mensais dentro de um plano de manutenção. Portanto, manter este critério seria redundante e não contribuiria de forma significativa para a avaliação da segurança das barragens.
- **Eclusa:** A eclusa, de certa forma, pode ser considerada uma estrutura extravasora, sendo assim, já está contemplada dentro do critério de confiabilidade das estruturas extravasoras. Manter um critério exclusivo para a eclusa seria redundante, e considerando também que são estruturas de baixa ocorrência nos complexos de barragens pelo Brasil, sua exclusão do indicador não afetaria significativamente a avaliação da segurança das barragens.
- **Formulário de Segurança de Barragem (FSB):** Este instrumento inicial é utilizado pela ANEEL para classificar as barragens de empreendimentos hidrelétricos de acordo com a Categoria de Risco (CRI) e por Dano Potencial Associado (DPA). Contudo, as informações referentes às obrigações que devem ser observadas pelos agentes de geração, como a elaboração do Plano de Segurança de Barragem (PSB), Inspeção de Segurança Regular (ISR) e Plano de Ação de Emergência (PAE), já estão contempladas em outros critérios, como dados técnicos, estrutura organizacional, manuais de inspeção, regras operacionais de descarga, indicação de área de segurança, PAE e relatório de ISR.

Com a exclusão de critérios e parâmetros considerados irrelevantes, para aprimorar a eficácia e abrangência do indicador de segurança de barragens, é necessário que seja selecionado novos elementos. Devem ser incluídos aspectos que contribuam diretamente para prevenir incidentes, gerenciar riscos e garantir a segurança das barragens. Isso inclui uma visão ampla

das condições estruturais, operacionais e de gestão, além de indicadores para resposta rápida em emergências. Os novos critérios devem ser selecionados com base em práticas de engenharia de barragens e regulamentações, de modo a contribuir com a eficácia e a relevância do indicador proposto. Na sequência, apresenta-se os seguintes critérios e configurações que foram inseridos ou ajustados na formulação do novo indicador para gestão de segurança de barragens:

- **Assoreamento:** foi excluído o critério como estava descrito no indicador existente, “desassoreamento”, que fazia referência ao fato da existência ou não de uma contratação para o serviço de desassoreamento, o que não passa uma informação clara o objetiva em relação a questão do assoreamento propriamente dito, de tal forma, que a proposta ajusta para a existência ou não de assoreamento, já que devido aos efeitos que o acúmulo de sedimentos pode ter acerca da pressão exercida sobre as estruturas das barragens. Embora a pressão hidrostática exercida direta pela água possa diminuir devido ao assoreamento, o acúmulo de sedimentos próximo à base montante da barragem pode ocasionar um incremento na pressão sobre a estrutura. Essa pressão adicional pode comprometer a estabilidade da barragem e aumentar os riscos associados à sua segurança.
- **Plano de Segurança de Barragens:** a substituição do parâmetro anterior, "dados do empreendedor; dados técnicos, estrutura organizacional, manuais de inspeção, regras operacionais de descarga, indicação de área de segurança de barragens", por um critério mais abrangente e regulamentado, como o "Plano de Segurança de Barragens (PSB)", representa uma evolução no processo de monitoramento e avaliação da segurança das barragens. Esta mudança é justificada por várias razões estratégicas e regulatórias, alinhadas com as diretrizes mais recentes estabelecidas pela ANA e ANEEL. Como justificativas para esta mudança, tem-se: integração e simplificação: O PSB consolida múltiplos aspectos da segurança em um único documento, simplificando a gestão e eliminando redundâncias; Conformidade regulatória: a substituição assegura que o indicador esteja em conformidade com as resoluções normativas recentes da ANA e da ANEEL; Atualização dinâmica: o PSB exige atualizações regulares, garantindo que o indicador permaneça relevante e eficaz na identificação e prevenção de riscos.

- **Recomendações da Revisão Periódica:** além da realização das revisões periódicas, considera-se de grande relevância o atendimento das recomendações feitas por equipe multidisciplinar com base nos resultados da revisão periódica, principalmente por se tratar de recomendações ligadas diretamente a segurança das estruturas. O não atendimento destas recomendações, a depender do aspecto que trata a recomendação, pode elevar o risco da estrutura.

Para o novo indicador de segurança de barragens, foi mantido uma série de critérios e parâmetros essenciais dos estados de Conservação, Manutenção Civil, e Segurança de Barragem. Esses critérios foram selecionados devido à sua relevância contínua para a avaliação eficaz da segurança das barragens, alinhados com as regulamentações atuais e práticas de segurança.

- Estado de Conservação (EC), critérios mantidos: confiabilidade das estruturas extravasoras; confiabilidade das estruturas de adução; percolação; deformações e recalques; e deterioração dos taludes/ paramentos.

Para a avaliação da condição física da barragem, esses critérios são fundamentais, identificando potenciais falhas estruturais antes que se tornem críticas. A permanência destes critérios garante uma monitorização contínua da integridade física das barragens, crucial para a prevenção de acidentes.

- Estado de Manutenção Civil (EM), critérios mantidos: índice de atendimento das demandas resultantes de inspeções rotineiras mensais dentro de um plano de manutenção; condição do contrato de supressão de vegetação/roço para atendimento de taludes e áreas de segurança de barragens; condição do contrato de manutenção civil; índice de realização das leituras de auscultação; índice de atendimento das demandas com origem do relatório de segurança regular de barragem.

A permanência desses critérios assegura que as operações de manutenção são realizadas de forma eficaz e que as condições contratuais necessárias para a segurança são mantidas. Eles ajudam a garantir que a barragem permaneça funcional e segura sob condições operacionais normais e em casos de emergência.

- Estado de Segurança de Barragem (ES), critérios mantidos: Plano de Ação de Emergência (PAE); Relatório de Inspeção de Segurança Regular; e Revisão Periódica.

Estes critérios são cruciais para a gestão de segurança, proporcionando processos estabelecidos e documentados para lidar com emergências, inspeções regulares e revisões periódicas. Eles formam a base para uma resposta rápida e eficaz a qualquer incidente, garantindo que as medidas de segurança sejam revistas e atualizadas regularmente.

Anteriormente baseado na Resolução Normativa nº 696/2015 da ANEEL, o Estado de Conservação no novo indicador foi atualizado para refletir as disposições das Resoluções nº 121 da ANA e nº 1.064 da ANEEL. Esta mudança assegura que os critérios de avaliação estejam em conformidade com os normativos mais atuais e rigorosos, oferecendo um entendimento mais abrangente e atualizado da integridade das barragens.

Em relação aos critérios de Estado de Conservação, que incluem a Confiabilidade das Estruturas Extravasoras, Confiabilidade das Estruturas de Adução, Percolação, Deformações e Recalques, e Deterioração dos Taludes/Paramentos, para a composição do novo indicador de segurança de barragens, foram considerados essenciais para avaliar a integridade física das barragens. Para esses critérios, a métrica estabelecida no novo indicador proposto baseou-se na pontuação indicada para esses parâmetros na matriz de classificação quanto à categoria de risco. Esta matriz está detalhadamente descrita na Resolução Normativa nº 1.064, emitida em 2 de maio de 2023, pela ANEEL.

A utilização desta métrica para avaliar o estado de conservação não é uma novidade no novo indicador, visto que já era empregada no indicador existente utilizado pelo empreendedor. Este método de pontuação permite uma quantificação objetiva da condição das estruturas, facilitando a identificação de áreas críticas que requerem atenção imediata ou manutenção. Essa abordagem sistemática e padronizada garante que a avaliação da segurança das barragens seja consistente e alinhada com os mais recentes padrões regulatórios, proporcionando um entendimento claro e atualizado dos riscos associados a cada barragem com base em sua condição estrutural atual.

A seguir, é apresentado o quadro com o novo indicador proposto, que inclui os critérios e parâmetros ajustados, garantindo a aderência às regulamentações vigentes e melhorando a eficácia do monitoramento e gestão da segurança das barragens.

Critérios e Pontuações para formação do IGSB						Pontuação
Estado de Conservação - EC (Re nº 121/2022 - ANA e ReN nº 1.064/2023 - ANEEL)	Confiabilidade Estruturas Extravasoras					
	Estruturas civis e hidroeletrônicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e hidroeletrônicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com estruturas danificadas (10)		0
	Confiabilidade das Estruturas de Adução					
	Estruturas civis e dispositivos hidroeletrônicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas (6)			0
	Percolação					
	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras estabilizadas e/ou monitoradas (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem tratamento ou em fase de diagnóstico (5)	Surgência nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras com carreamento de material ou com vazão crescente (8)		3
	Deformações e Recalques					
	Inexistente (0)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou monitoramento (5)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)		0
	Deterioração dos Taludes / Paramentos					
	Inexistente (0)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de monitoramento ou atuação corretiva (5)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos expressivos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)		0
Estado de Manutenção Civil - EM	Índice de atendimento das demandas resultantes de inspeções rotineiras mensais dentro de um plano de manutenção					
	Índice entre 90% a 100% (0)	Índice entre 75% a 90% (1)	Índice entre 50% a 75% (3)	-	-	0
	Condição do Contrato Supressão de Vegetação / Roço para atendimento de taludes e área de segurança de barragens					
	Contrato em Execução (0)	RC em Processo Licitatório (2)	Sem contrato em execução (7)	-	-	2
	Condição do Contrato de Manutenção Civil					
	Contrato em Execução (0)	RC em Processo Licitatório (2)	Sem contrato em execução (7)	-	-	0
	Assoreamento					
	Contrato em Execução ou sem necessidade (0)	RC em Processo Licitatório (2)	Sem contrato em execução (7)	-	-	
	Índice de realização das Leituras de Auscultação					
	Índice entre 90% a 100% (0)	Índice entre 75% a 90% (1)	Índice entre 50% a 75% (3)	Índice abaixo de 50% (5)	Índice abaixo de 25% (8)	0
Estado Segurança - ES	Índice de atendimento das demandas com origem do Relatório de Segurança Regular de Barragem					
	Índice entre 90% a 100% (0)	Índice entre 75% a 90% (3)	Índice entre 50% a 75% (5)	Índice abaixo de 50% (8)	-	0
	Plano de Segurança de Barragens (PSB)					
	Atualizado e Disponibilizado (0)	Atualizado e Não Disponibilizado (2)	Não atualizado (4)	Não elaborado (6)		0
	Plano de Ação de Emergência (PAE)					
	Elaborado/Atualizado, disponibilizado e implantado (0)	Elaborado/Atualizado, disponibilizado e não implantado (3)	Elaborado/Atualizado e não disponibilizado (6)	Não elaborado (9)		3
	Relatórios de Inspeção de Segurança Regular					
	Emitido no prazo e Disponibilizado (0)	Emitido no prazo e Não Disponibilizado (3)	Emitido fora do prazo (5)	Emitido fora do prazo e Não Disponibilizado (7)	Não emitido no ano corrente (8)	0
	Revisão Periódica (Indicador de que avalia a qualidade e a abrangência das revisões periódicas)					
	Realizada ou Dentro do Prazo Legal (0)	Contrato em Execução (3)	RC em Processo Licitatório (4)	Inexistente (6)		0
Estado Segurança - ES	Recomendações da Revisão Periódica					
	Emitido no prazo (0)	Emitido fora do prazo (4)	Não emitido no ano corrente (6)	-	-	0

Para o indicador de segurança de barragens proposto, nomeado como Índice de Gestão de Segurança de Barragens (IGSB), durante seu desenvolvimento, foi mantido uma série de critérios essenciais agrupados nos estados de Conservação, Manutenção Civil e Segurança de Barragem. Esses critérios são avaliados através de uma pontuação estabelecida que reflete a conformidade com as práticas de segurança e operações das barragens. Esta pontuação, já

utilizada no indicador existente, permite uma avaliação quantitativa e objetiva das condições da barragem.

MATRIZ DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS

CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO AO ESTADO DE SEGURANÇA

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	Pontos
Estado de Conservação - EC	0
Manutenção Civil (MC)	0
Segurança de Barragens (SB)	0
PONTUAÇÃO TOTAL = EC + MC + SB	0
CLASSIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS	ÓTIMO

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS	INDICADOR - NOME
	ÓTIMO	≤ 6
	BOM	7 a 31
	REGULAR	32 a 58
	INSATISFATÓRIO	59 a 70
	PÉSSIMO	≥ 71

Destaca-se que as pontuações adotadas no novo indicador são flexíveis e podem ser calibradas durante o processo de gestão da barragem pelo empreendedor. Ajustes podem ser necessários para refinar o sistema de pontuação com base em critérios técnicos de segurança de barragens, especialmente se forem detectados desvios ou se observarem que a pontuação não reflete significativamente a realidade operacional ou de segurança. Essa capacidade de segurança assevera que o indicador permaneça relevante e eficaz ao longo do tempo, adaptando-se às mudanças nas condições ou nas práticas de gestão de barragens.

A abordagem baseada em pontuação é fundamentada nas diretrizes pelas resoluções da ANA e da ANEEL, bem como nos princípios dos Indicadores Chave de Desempenho (KPIs). Essa metodologia não só ajuda a manter a consistência e comparabilidade ao longo do tempo, mas também facilita a implementação de melhorias contínuas, garantindo a segurança e a eficiência operacional das barragens.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui é apresentado uma análise comparativa dos resultados obtidos através da aplicação do indicador de avaliação de barragem existente e do indicador proposto. Ambos os indicadores são de polaridade negativa, onde uma pontuação mais baixa indica um melhor desempenho.

4.1. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS INDICADORES

O indicador existente registrou uma pontuação total de 11, enquadrando-se na faixa de "resultado bom". O novo indicador proposto mostrou uma pontuação ainda mais baixa, 8, evidenciando uma melhoria substancial, também classificado como "resultado bom". A tabela abaixo resume as propostas previstas para critérios específicos avaliados por ambos os indicadores:

Comparação de Pontuação entre Indicadores de Avaliação de Barragem		
Critérios Avaliados	Indicador Existente	Indicador Proposto
Confiabilidade Estruturas	0	-
Confiabilidade Estruturas Extravasoras	-	0
Confiabilidade das Estruturas de Adução	0	0
Percolação	3	3
Deformações e Recalques	0	0
Deterioração dos Taludes/ Paramentos	1	1
Eclusa	1	-
Índice de realização das programações de manutenção	0	-
Índice de atendimento das demandas solicitadas por outras equipes internas não especialistas de segurança de barragens	3	-
Índice de atendimento das demandas resultante de inspeções rotineiras mensais dentro de um plano de manutenção	0	0
Condição de contrato de supressão de vegetação/ roço para atendimento de taludes e áreas de segurança de barragens	0	0
Condição de contrato de manutenção civil	0	0
Desassoreamento	0	
Assoreamento		0
Índice de realização das leituras de auscultação	0	0
Índice de atendimento das demandas com origem do relatório de segurança regular de barragem	0	0
Dados do Empreendedor; Dados Técnicos, Estrutura Organizacional, Manuais de Inspeção, Regras Operacionais de Descarga, Indicação de Área de Segurança	0	-
Plano de Segurança de Barragens (PSB)	-	0
Plano de Ação de Emergência (PAE)	3	3
Relatório de Inspeção de Segurança Regular - ISR	0	0
Revisão Periódica	0	0
Formulário de Segurança de Barragem (FSB)	0	-
Recomendações da Revisão Periódica	-	1

4.2. ANÁLISE DE MELHORIAS E EFICÁCIA

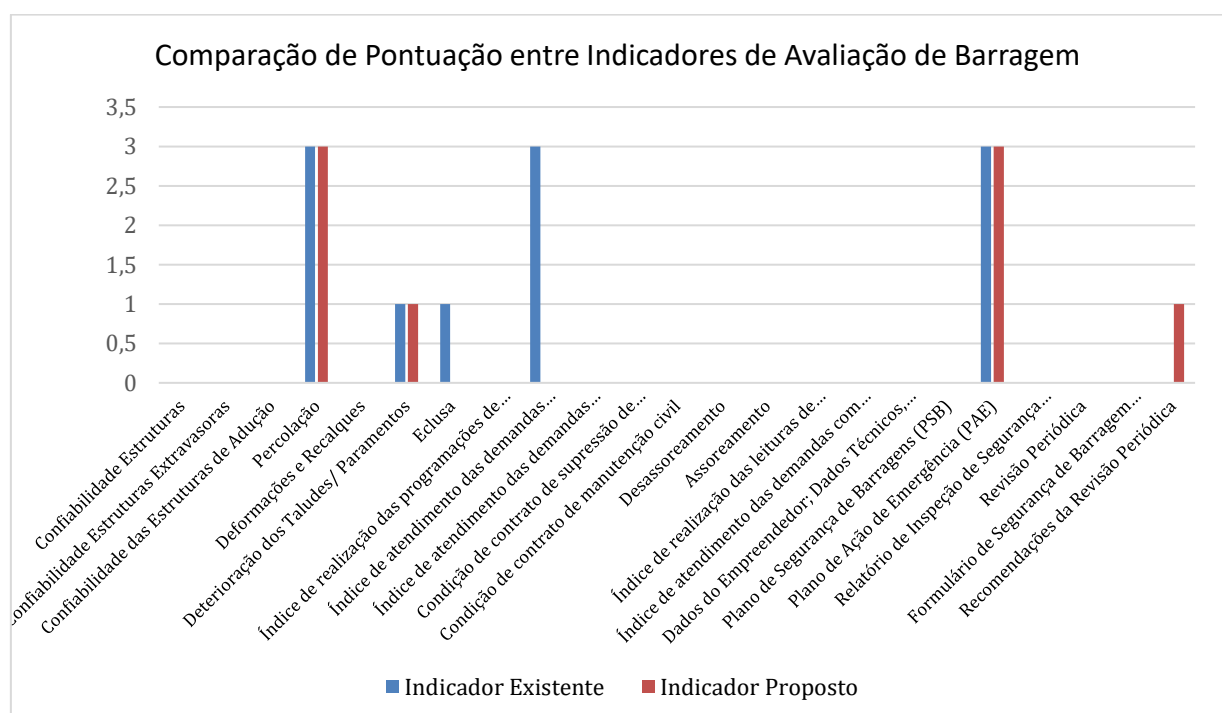
A introdução de novos critérios como a "Recomendações da Revisão Periódica" no indicador proposto demonstra uma melhoria relevante na abrangência da avaliação de segurança. A redução na pontuação total reforça a eficácia do novo indicador em fornecer uma medida mais precisa e confiável do desempenho da barragem em relação aos aspectos de segurança.

4.3. IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO E SEGURANÇA

As alterações no indicador proposto resultam em impactos diretos na segurança das barragens, fornecendo avaliações mais acuradas que auxiliam na prevenção de falhas e incidentes. Além disso, estas avaliações mais precisas são fundamentais para a gestão das barragens, pois permitem decisões mais fundamentadas e agilizam as respostas às demandas de manutenção e outras intervenções necessárias.

4.4. CRÍTICA DOS RESULTADOS E LIMITAÇÕES

Embora os resultados demonstrem a uma melhora no desempenho da avaliação da barragem, através do resultado do novo indicador, algumas limitações devem ser consideradas. A aplicabilidade e a receptividade do novo indicador por parte dos gestores de barragem ainda precisam ser avaliadas em um contexto mais amplo. Além disso, ajustes em configurações específicas podem ser necessárias para aprimorar a precisão das avaliações.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise crítica e proposição de um novo indicador de segurança para barragens, ressaltando a necessidade de alinhamento com a legislação brasileira vigente e as práticas internacionais mais eficazes. A revisão da literatura e a legislação específica revelaram a complexidade do monitoramento da segurança de barragens e destacaram as lacunas existentes nos indicadores atualmente utilizados.

O novo indicador proposto neste trabalho demonstrado, através de uma análise comparativa rigorosa, é mais eficaz e abrangente do que o indicador existente. Com uma pontuação mais baixa em testes aplicados, indicou uma melhoria substancial na capacidade de prever e mitigar riscos, refletindo uma gestão de segurança mais precisa e responsiva. Esta melhoria é atribuída à inclusão de critérios como "Recomendações da Revisão Periódica", que ampliam a visão gerencial sobre as condições operacionais e estruturais das barragens.

Os resultados obtidos reforçam a importância de uma abordagem holística na avaliação dos indicadores de segurança, onde não apenas os aspectos técnicos são considerados, mas também a integração de fatores operacionais e de gestão. Assim, a implementação do novo indicador pode contribuir significativamente para uma melhor gestão de riscos, prevenção de acidentes e proteção das comunidades e ambientes afetados pelas barragens.

Finalmente, ressalta-se que, embora o novo indicador tenha mostrado resultados promissórios, a sua adoção em larga escala requer avaliação contínua e possíveis ajustes. É essencial que os gestores de barragens tenham abertura para incorporar novas práticas de monitoramento e avaliação, garantindo assim a efetividade dos indicadores em diferentes cenários operacionais e ambientais. Com esse estudo, espera-se que possa contribuir para o aprimoramento contínuo da segurança das barragens, alinhando práticas de monitoramento com as exigências regulatórias e as necessidades práticas do campo.

6. REFERÊNCIAS

BAHIA, Leandro Oliveira. Guia referencial para construção e análise de indicadores. ENAP, 2021.

CALDEIRA, Jorge. 100 Indicadores da Gestão - Key Performance Indicators. Editora Actual; 1ª edição, 2012.

DE JESUS, Michele Bispo Aspectos de gestão frente à Política Nacional de Segurança de Barragens / M. B. de Jesus -- versão corr. -- São Paulo, 2021.

FRANCISCHINI, Paulino G. Indicadores de Desempenho: Dos objetivos à ação – métodos para elaborar KPIs e obter resultados/ Paulino G. Francischini, Andresa S. N. Francischini – Rio de Janeiro : Alta Books, 2017.

LOPES, Daniel/ Figueiredo, Eduarda. Gestão de segurança de barragens: experiências internacionais / Daniel Lopes. Escola Nacional de Administração Pública (Enap) Universidade de Brasília (UnB).

PINTO, Willian Leandro Henrique, 1994- P658i PinÍndice de Segurança de Pequenas Barragens (ISPB) como método para a avaliação da segurança de pequenas barragens de água / Willian Leandro Henrique Pinto. – Limeira, SP : [s.n.], 2020.

PRENDA de Oliveira Aguiar, Daniel, 1985 - Contribuição ao estudo do índice de segurança de barragens - ISB / Daniel Prenda de Oliveira Aguiar. - Campinas, SP : [s.n.], 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO. Guia para Elaboração de Indicadores. Recife -PE. Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento Institucional – PROLAN.

ZUFFO, Monica Soares Resio Metodologia para avaliação da segurança de barragens / Monica Soares Resio Zuffo. -- Campinas, SP: [s.n.], 2005.