

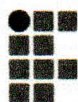
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MARCOS VINICIUS ALVES DA COSTA

GERENCIAMENTO DE RISCOS SEGUNDO O PMBOK APLICADO AO PROJETO
DE UMA BARRAGEM DE TERRA

APARECIDA DE GOIÂNIA

2018



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: *MARCOS VINÍCIUS ALVES DA COSTA*

Matrícula: *20322090040267*

Título do Trabalho: *GERENCIAMENTO DE RISCOS SEGUNDO O PMBOK APLICADO AO PROJETO DE UMA BARRAGEM DE TERRA*

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Ap. de Goiânia, 18/10/21.
Local Data

Marcos Vinícius Alves da Costa
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

MARCOS VINICIUS ALVES DA COSTA

GERENCIAMENTO DE RISCOS SEGUNDO O PMBOK APLICADO AO PROJETO
DE UMA BARRAGEM DE TERRA

Trabalho de Conclusão de Curso, no formato de artigo científico, apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Aparecida de Goiânia/IFG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Arlam Carneiro Silva Júnior

APARECIDA DE GOIÂNIA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

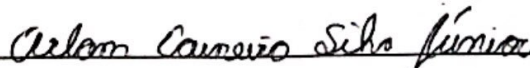
MARCOS VINICIUS ALVES DA COSTA

GERENCIAMENTO DE RISCOS SEGUNDO O PMBOK APLICADO AO PROJETO DE UMA BARRAGEM DE TERRA.

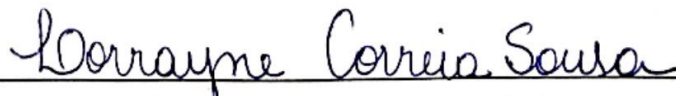
Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa Geotecnia sob orientação do Prof. Dr. Arlam Carneiro Silva Júnior

Aprovado em 26 de junho de 2018.

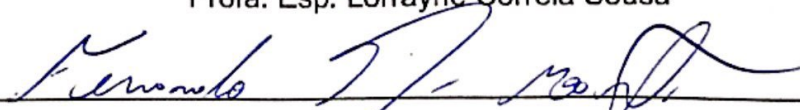
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Arlam Carneiro Silva Júnior (Orientador)



Profa. Esp. Lorryne Correia Sousa



Eng. Esp. Fernando Roberto Morato

GERENCIAMENTO DE RISCOS SEGUNDO O PMBOK APLICADO AO PROJETO DE UMA BARRAGEM DE TERRA¹

Marcos Vinicius Alves da Costa, Instituto Federal de Goiás - IFG
alves.marcoscosta@gmail.com

RESUMO

As barragens se apresentam como verdadeiros desafios aos conhecimentos da engenharia. A complexidade envolvida no projeto traz incertezas para as soluções adotadas. Desta forma, apesar do cuidado e dos estudos utilizados para a construção de barragens, falhas sempre aconteceram, por vezes com consequências catastróficas. Neste sentido, a prática do gerenciamento de riscos propõe que as falhas podem acontecer, porém devem ser gerenciadas. O Guia PMBOK (Project Management Body of Knowledge), é uma das publicações que fornece diretrizes para o gerenciamento de projetos individuais abordando inclusive o gerenciamento de riscos de um projeto. Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo principal a aplicação da metodologia de gestão de riscos presente no Guia PMBOK ao gerenciamento de riscos de barragens de terra por meio do estudo de caso de uma barragem. A legislação nacional quanto à segurança de barragens também é abordada no trabalho de forma a orientar o desenvolvimento da metodologia empregada. Após a conclusão do estudo, verificou-se que o modelo proposto para ser utilizado apresentou-se bastante proveitoso, trazendo resultados e sugestões que podem ser empregadas no gerenciamento do risco da barragem estudada.

Palavras-chave: Barragens de terra. Gerenciamento de riscos. PMBOK.

ABSTRACT

The dams present themselves as real challenges to engineering knowledge. The complexity involved in the project brings uncertainties to the solutions adopted. In this way, despite the care and studies used for the construction of dams, failures have always occurred, sometimes with catastrophic consequences. In this sense, the practice of risk management proposes that failures can happen, but they must be managed. The PMBOK (Project Management Body of Knowledge) Guide is one of the publications that provides guidelines for the management of individual projects, including the risk management of a project. In this context, this research has as main objective the application of the risk management methodology present in the PMBOK Guide to the management of risks of earth dams by means of the case study of a dam. National legislation on dam safety is also addressed at work in order to guide the development of the methodology employed. After the conclusion of the study, it was verified that the model proposed to be used was very useful, bringing results and suggestions that can be used to manage the risk of the studied dam.

Keywords: Earth dams. Risk management. PMBOK.

¹Costa, M. V. A. da. **GERENCIAMENTO DE RISCOS SEGUNDO O PMBOK APLICADO AO PROJETO DE UMA BARRAGEM DE TERRA**. Aparecida de Goiânia: IFG, 2018.

1. INTRODUÇÃO

As primeiras barragens de terra brasileiras foram construídas no Nordeste no início do século XX dentro do plano de obras de combate à seca e foram projetadas com bases totalmente empíricas. Somente em 1947 com a barragem do Vigário, atual barragem Terzaghi, localizada no Estado do Rio de Janeiro, é que se inaugurou o uso da moderna técnica de projeto e construção de barragens no Brasil (Massad, 2010).

A utilização de técnicas do estado da arte em projetos e construções de barragem não implica necessariamente em estruturas a prova de acidentes. Tratando-se de barragens, acidentes catastróficos geralmente apresentam grande repercussão, tanto pelas perdas de vidas que em geral provocam quanto pela extensão de seus danos materiais.

Segundo Massad (2010) um dos principais aspectos que devem ser observados é referente às lições que se devem extrair não só das rupturas, como também dos pequenos incidentes envolvendo as barragens. Terzaghi, considerado o pai da Mecânica dos Solos moderna, via-os como elos essenciais e inevitáveis na cadeia do progresso da engenharia, principalmente por não existirem outros meios de se detectar os limites da validade dos conceitos e processos utilizados.

Independente do cuidado com o projeto, construção e operação de barragens, sempre haverá a possibilidade de que o desempenho destas seja insatisfatório e ocorram falhas (Perini, 2009). Estas falhas podem ocasionar o colapso destas estruturas acarretando perdas de vidas e danos financeiros, ambientais e sociais (Colle, 2008). Desta forma, o planejamento e o projeto adequados de uma barragem se tornam essenciais no sentido de evitar ou mitigar estas possíveis perdas e danos.

A possibilidade de ocorrência de falhas em barragens é usualmente tratada como risco. Esta terminologia possui múltiplos significados na linguagem corrente. Na terminologia técnico-científica é um indicador de segurança e um operador de decisão (Fusaro, 2011). Modernamente o risco é usualmente definido como as consequências esperadas associadas a um evento adverso:

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade} \times \text{Consequência} \quad (1)$$

De acordo com Raz *et al.* (2002) *apud* Pardo (2009) os riscos não podem ser totalmente evitados, mas através dos sistemas de gerenciamento de riscos, é possível caracterizá-los previamente, preveni-los, estabelecer mecanismos de controle e adotar procedimentos de intervenção no caso de o evento ocorrer.

Neste sentido, o guia PMBOK (Project Management Body of Knowledge), publicação desenvolvida pelo PMI (Project Management Institute), fornece diretrizes para o gerenciamento de projetos individuais (PMI, 2013) abordando dentre outros aspectos o Gerenciamento de Riscos de um projeto.

Trabalhos abordando a utilização do guia PMBOK no Brasil, especificamente para o gerenciamento de risco, têm sido desenvolvidos recentemente, como pode-se ver em Mata e Barbosa (2016) e Rocha (2015). Entretanto, aplicações no campo da geotecnia ainda são escassas. Uma das exceções é encontrada em Eletrobrás (2003), que apresenta um estudo de viabilidade de aproveitamento hidrelétrico. Neste contexto, o presente trabalho se propõe ajudar na divulgação das práticas e diretrizes apresentadas no Guia PMBOK contribuindo com uma aplicação em um estudo do ramo da geotecnia.

2. Objetivos

A presente pesquisa tem como objetivo principal a adaptação da metodologia de gestão de riscos presente no guia PMBOK propondo um modelo metodológico a ser empregado no

gerenciamento de riscos de barragens de terra.

São objetivos específicos deste trabalho

- Desenvolver uma estrutura com base na gestão de riscos para classificação da barragem por categoria de risco e por dano potencial associado;
- Pesquisar os principais tipos de riscos relacionados à segurança de barragens;
- Levantar a legislação nacional relacionada à segurança em barragens de terra destinadas à múltiplos usos, principalmente quanto à gestão de riscos;
- Desenvolver um modelo para a gestão de riscos em barragens de terra;
- Aplicar o modelo proposto ao projeto do estudo de caso;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Barragens de terra

As barragens de usos múltiplos consistem em uma intervenção do homem na natureza com o intuito de controlar a vazão de mananciais de água durante períodos de chuva, enquanto proporcionam o acúmulo de água para ser utilizada em períodos de escassez.

Segundo a Lei Federal nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010), que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens, uma barragem é qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas.

Segundo na Resolução Nº 143 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 10 de julho de 2012 (BRASIL, 2012), que estabelece critérios de classificação de barragens por categoria de risco e dano potencial associado, tem-se de acordo com o material de construção barragens de concreto, alvenaria, pedra, terra ou mista.

Dentre estas, de acordo com Teixeira (2013), uma barragem de terra é o tipo mais elementar de barragem e possui recomendação para vales muito abertos, de transição entre a montanha e a planície, no terço médio dos rios. Normalmente podem ser construídas sobre qualquer tipo de fundação e permitindo inclusive enormes variedades de solos na construção do maciço. Exigem menor declividade nos parâmetros a montante e a jusante, resultando em maiores volumes de aterro, porém, apresentam um custo relativamente inferior se quando comparadas aos demais tipos construtivos.

3.2. Fontes de riscos em barragens

A engenharia na maioria das situações utiliza modelos simplificados da realidade. Lidar com resultados obtidos desta forma implica necessariamente em lidar com incertezas. Esta característica intrínseca à engenharia torna os resultados obtidos inexatos quando comparados diretamente com a realidade. Segundo Fusaro (2011) pode-se considerar neste sentido que a gestão da segurança em barragens é uma questão de controle de riscos e tomada de decisões sob condições de incertezas. Neste sentido, várias abordagens são possíveis acerca da categorização de riscos em barragens. Neste trabalho foi utilizada a seguinte classificação:

- Riscos associados a fatores ambientais ou naturais;
- Riscos associados a fatores dependentes da barragem;
- Riscos associados a fatores socioeconômicos.

3.2.1. Riscos associados a fatores ambientais ou naturais

Dentre os riscos associados a fatores ambientais podem ser citados o risco hidrológico e a sismicidade. Segundo Fusaro (2011), risco hidrológico é a probabilidade de falha de uma estrutura hidráulica face à ocorrência de vazão superior àquela para a qual foi dimensionada. Costuma ser avaliado como o produto entre a probabilidade de ocorrência de uma cheia associada a um determinado período de retorno aos danos que se espera dessa ocorrência. A capacidade máxima para a qual uma barragem é projetada é denominada cheia de projeto.

Segundo Eletrobrás (2003), a cheia de projeto de uma barragem é caracterizada pela máxima hidrógrafa afluente ao reservatório, que define a capacidade do vertedouro para garantir a segurança da barragem, levando-se em conta o efeito de amortecimento do reservatório.

Porém, ainda segundo Fusaro (2011), além das forças naturais, certas ações do homem podem produzir terremotos localizados como, por exemplo, as explosões nucleares. A formação de lagos artificiais com o propósito de gerar energia também pode gerar tremores de terra denominados sismicidade induzida por reservatórios (SIR).

Desta forma, na construção de uma barragem deve-se avaliar a necessidade de instalação de uma estação sismográfica antes do início do enchimento do reservatório, para que se possa conhecer a atividade sísmica do local antes e após enchimento.

Fontes de riscos também podem advir da atuação das intempéries (chuva, vento, calor, frio). A ação destas forças naturais alternadamente sobre a barragem e estruturas associadas pode causar, ao longo do tempo, desagregação, envelhecimento, erosão e corrosão, dentre outros fenômenos térmicos, mecânicos e químicos. Como exemplo destas ações pode-se citar a desfragmentação das rochas devido às variações de temperatura.

3.2.2. Riscos associados a fatores dependentes da barragem

Uma barragem concebida de acordo com cheias de projeto adequadas não garante necessariamente que os vertedouros possam suportar as vazões demandadas. Dimensionamento por critérios empíricos, dados cadastrais e informações geométricas inconsistentes e ações hidrodinâmicas não consideradas no projeto podem levar a operações fora da capacidade de projeto gerando riscos que devem ser considerados.

De acordo com Fusaro (2011) riscos derivados de falhas em regras operacionais e de manutenção de dispositivos extravasores, riscos geológicos e geotécnicos, riscos estruturais e riscos quanto a situações de emergência são listados como associados a fatores dependentes da barragem. Os riscos de caráter geológico e geotécnicos são resultantes principalmente de estudos geológicos e geotécnicos insuficientes, enquanto os riscos estruturais são derivados de erros de projeto e soluções construtivas inadequadas. Riscos em situações emergenciais são geralmente associados a falhas de monitoramento ou decorrentes de uma má gestão das situações de emergência.

Riscos associados à ruptura de barragens em cascata também devem ser considerados. De acordo com Collischonn e Tucci (2007) quando ocorre a ruptura de uma barragem as vazões e os níveis resultantes podem ser muito superiores às máximas naturais no trecho a jusante do reservatório. Quando em um rio com vários reservatórios em cascata, o rompimento de uma barragem de montante pode resultar no colapso de todo o sistema, por rompimento sucessivo, no que se denomina por rompimento em cascata.

3.2.3. Riscos associados a fatores socioeconômicos

Os riscos ligados a fatores socioeconômicos são riscos externos à barragem e associados a consequências humanas e econômicas no caso de ruptura. Segundo Fusaro (2011) podem ser divididos como: consequências para a segurança pública, ocasionando mortes, lesões e doenças; consequências para o meio ambiente, acarretando perda de espécies e perda de habitat; consequências econômicas, podendo ocasionar a perda da barragem (custo de

reconstrução e perda de geração), danos à propriedade (edificações, indústria, comércio e agricultura) e danos à infraestrutura (transporte terrestre, navegação, suprimento de energia, água e esgoto).

Situações como aumento da população no vale a jusante, ocupação indevida de áreas da planície de inundação ao longo do curso do rio a jusante da barragem, aumento da infraestrutura existente a jusante devido ao crescimento econômico, crescimento populacional, crescimento de áreas urbanas e industriais são fontes potenciais de riscos.

3.3. Política nacional de segurança de barragens

No Brasil, a legislação sobre a segurança de barragens foi iniciada com publicação em 21 de setembro de 2010, da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens.

A Lei nº 12.334 estabelece dentre outras coisas, o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado e o Plano de Segurança de Barragem. Toda barragem que se enquadre na classificação desta lei deve possuir um Plano de Segurança da Barragem (BRASIL, 2010).

De acordo com Fusaro (2011), os itens necessários a uma gestão adequada de riscos estão contemplados na Lei em questão, em especial na fase de operação da barragem. Apesar de não citados explicitamente, o projeto, a construção e a manutenção adequados da barragem estão incluídos nas Revisões de Segurança, tornando completo o conjunto de elementos necessários à sua gestão de riscos.

A regulamentação dos itens dispostos na Lei nº 12.334 se consolidou na Resolução Nº 143, de 10 de julho de 2012 (BRASIL, 2012), que indica que as barragens são classificadas quanto a três quesitos principais, a Categoria de Risco – CR, o Dano Potencial Associado – DPA e o seu volume. A classificação quanto à CR é realizada através de pontuações associadas às características técnicas da barragem e ao Plano de Segurança da barragem. A classificação quanto ao DPA é realizada também por meio de pontuações em que são avaliados o volume total do reservatório e o potencial de perdas de vidas humanas, o impacto ambiental e o impacto socioeconômico de um rompimento hipotético.

3.4. Gerenciamento de riscos em projetos segundo o PMBOK

Segundo Oliveira Junior (2014), com o objetivo de reunir e disseminar as melhores práticas sobre gerenciamento de projetos e assuntos correlatos, foi criado em 1969, nos Estados Unidos, o Project Management Institute (PMI), ou em tradução livre, o Instituto de Gerenciamento de Projetos. O conselho de administração do PMI autorizou em 1981 o desenvolvimento do que se tornou um guia, o Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), que contém as normas e diretrizes de práticas que são amplamente utilizadas em toda a profissão de gerenciamento de projetos.

A abordagem dos projetos do PMBOK se dá por meio de processos e suas interdependências. Estes processos são agrupados em cinco principais grupos: 1) Iniciação, 2) Planejamento, 3) Execução, 4) Monitoramento e controle e 5) Encerramento.

Os processos abordados no Guia PMBOK são separados em áreas do conhecimento, das quais a área de gerenciamento de riscos do projeto foi a abordada na presente pesquisa. Neste sentido, segundo Perini (2009) o gerenciamento de riscos envolve a cultura, os processos e as estruturas voltadas para a concretização de oportunidades potenciais ao mesmo tempo em que se gerenciam os efeitos adversos que venham a surgir. Neste contexto, O Guia PMBOK, aborda o gerenciamento de riscos de acordo com as etapas a seguir:

- Planejar o gerenciamento dos riscos;
- Identificar os riscos;

- Realizar a análise qualitativa dos riscos;
- Realizar a análise quantitativa dos riscos;
- Planejar as respostas aos riscos;
- Controlar os riscos.

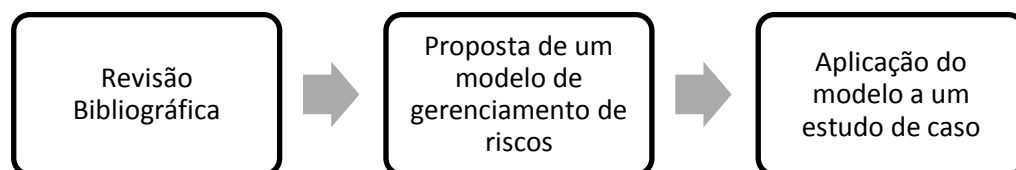
4. METODOLOGIA

A atividade de gerenciamento envolve geralmente o emprego de uma metodologia pré-definida. Neste sentido o PMBOK apresenta uma proposta de metodologia de gerenciamento de projetos que pode ser aplicada aos mais variados tipos de projeto. A metodologia apresentada abrange todas as áreas relacionadas a um projeto, como por exemplo, controle de custos, recursos humanos, compras e gerenciamento de riscos, este último sendo o foco da presente pesquisa.

Um dos principais desafios no emprego de uma metodologia de gerenciamento reside na adaptação de um modelo abrangente às peculiaridades de um caso específico. Neste contexto, o presente trabalho se propôs a adaptar a metodologia de gerenciamento de riscos presente no PMBOK ao gerenciamento de riscos enquanto projeto de uma barragem de terra. Esta adaptação residiu principalmente na consideração dos aspectos legais, que tangem ao projeto, construção e operação de uma barragem, e das peculiaridades de uma obra geotécnica. Destarte, como um dos objetivos desta pesquisa, esperou-se propor um modelo metodológico de gerenciamento de riscos que pode ser empregado em quaisquer projetos de barragens de terra.

Com o objetivo de chegar a um modelo com as características já mencionadas, a metodologia da presente pesquisa se resumiu, em termos genéricos, a uma revisão bibliográfica, seguida da proposta de um modelo e finalmente o emprego deste modelo a um projeto de uma barragem de terra. Estas etapas podem ser vistas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1- Fluxograma da metodologia da pesquisa.



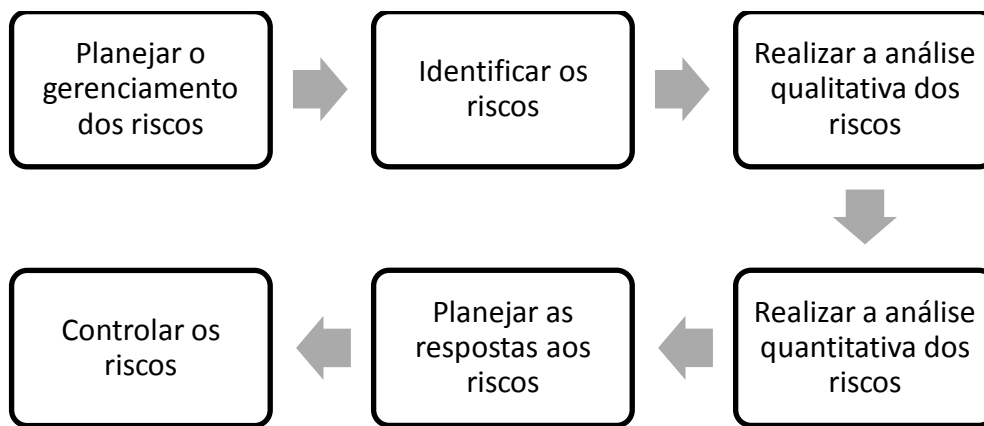
Fonte: autor.

A primeira etapa deste trabalho, revisão bibliográfica, foi constituída pela leitura da literatura selecionada. Os trabalhos relacionados com o gerenciamento de risco em barragens de terra formaram a base da pesquisa juntamente com a legislação vigente relacionada à segurança de barragens e a metodologia de gerenciamento de riscos presente no PMBOK.

4.1. Proposta de um modelo de gerenciamento de riscos

A segunda etapa foi obtenção de um modelo metodológico a ser utilizado para o gerenciamento de riscos. A proposta do PMBOK se baseia em um modelo com seis processos sequenciais: planejar o gerenciamento de riscos, identificar os riscos, analisar qualitativamente os riscos, analisar quantitativamente os riscos, planejar as respostas aos riscos e controlar os riscos. Esta proposta foi adotada como ponto modelo inicial adotado na pesquisa e pode ser observada no fluxograma da Figura 2.

Figura 2- Fluxograma do modelo proposto.



Fonte: autor.

O primeiro processo do modelo é referenciado como planejar o gerenciamento de riscos. O objetivo deste processo é propor e documentar as atividades que serão desenvolvidas ao longo do projeto. O PMBOK define como resultado deste processo dois documentos principais: o Plano de gerenciamento de riscos e o Registro de riscos. Nesta pesquisa foram definidos modelos para estes dois documentos.

Dentre as principais informações presentes no Plano de gerenciamento de riscos, tem-se a Estrutura Analítica de Riscos – EAR, que define as categorias de riscos e orienta a etapa de identificação dos riscos. A proposta de EAR para o modelo apresentado pode ser vista na Figura 3. Foram inseridas nesta estrutura as categorias de riscos listadas anteriormente na revisão bibliográfica.

O segundo processo é identificar os riscos. Enquanto definição de modelo a ser utilizado este processo não traz informações novas. Trata-se exclusivamente de identificar os riscos catalogando-os no documento Registro de riscos estabelecido anteriormente.

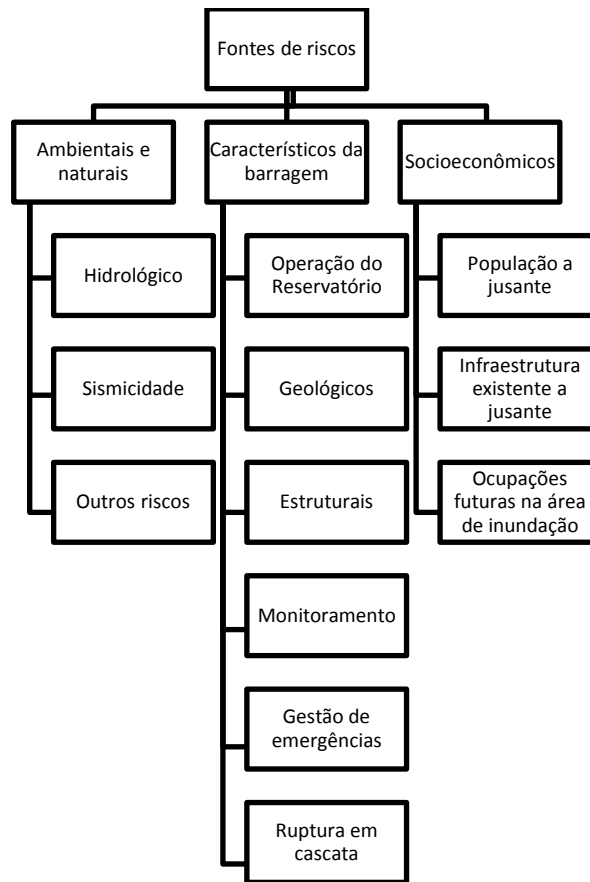
O terceiro processo é analisar qualitativamente os riscos. Para o modelo proposto, foram definidas para este processo duas principais análises: classificação por categoria de risco - CR e por dano potencial associado - DPA. As duas análises são baseadas na legislação específica de segurança de barragens citada previamente (BRASIL, 2012).

A classificação quanto à CR é realizada através de pontuações associadas às características técnicas da barragem e ao Plano de Segurança da barragem. As características técnicas a serem avaliadas são a altura da barragem, seu comprimento, o tipo material de construção, o tipo de fundação, a idade da barragem e a vazão de projeto. Quanto ao Plano de Segurança da barragem são avaliados a documentação de projeto, a estrutura organizacional e a qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem, os procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento, a existência de regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem e os relatórios de inspeção.

As pontuações obtidas quantificam a nota de cada parâmetro a ser observado e com base no resultado da soma de todos são realizadas as classificações de categoria de risco do barramento. São estabelecidas três possíveis classificações de risco: Alta, Média ou Baixa.

A classificação quanto ao DPA é realizada também por meio de pontuações, de acordo com Brasil. Os itens avaliados são o volume total do reservatório e o potencial de perdas de vidas humanas, o impacto ambiental e o impacto socioeconômico de um rompimento hipotético. De acordo com o resultado do somatório das pontuações a barragem é classificada quanto ao DPA em categoria de risco Alta, Média ou Baixa. Ao final deste processo é atribuído a cada risco identificado e listado no documento Registro de riscos uma probabilidade de ocorrência e sua respectiva consequência.

Figura 3- Estrutura Analítica de Riscos – EAR.



Fonte: autor.

O quarto processo é analisar quantitativamente os riscos. De acordo com o PMBOK é esta análise é de caráter opcional e nesta pesquisa optou-se por sua não utilização. O quinto processo, enquanto definição do modelo, foi caracterizado exclusivamente pelas estratégias a serem adotadas enquanto respostas aos riscos. Neste sentido as estratégias escolhidas foram prevenir, transferir, mitigar ou aceitar ou riscos.

O sexto processo, controlar os riscos, não apresenta relevância na definição do modelo. Este processo aborda exclusivamente como os riscos levantados serão controlados, sendo assim esta abordagem depende do projeto e suas definições somente ocorrem enquanto aplicação do modelo. Ademais, com os processos definidos e o modelo proposto teve-se o término da segunda etapa da pesquisa.

4.2. Aplicação do modelo a um estudo de caso

A terceira etapa da pesquisa foi a aplicação do modelo proposto ao projeto de uma barragem de terra. O projeto escolhido foi o de uma barragem em construção no Ribeirão Pari, no município de Catalão – GO. A escolha se baseou inicialmente nas características construtivas da barragem. A barragem em questão é uma barragem de terra, considerada de grande porte devido à altura de seu talude. Posteriormente foi considerada também a disponibilidade de documentação do projeto. Neste sentido o projeto escolhido apresenta estudos hidrológicos, geológicos e geotécnicos detalhados que poderiam contribuir de forma positiva para a pesquisa.

O primeiro processo do modelo proposto é o planejamento de gerenciamento de riscos. A aplicação prática do processo é documentar como os riscos serão abordados no decorrer do projeto por meio do preenchimento do documento Plano de gerenciamento de riscos.

A identificação de riscos, segundo processo do modelo proposto, teve início com a revisão da

documentação do projeto. Nesta análise foram consultados mapas de localização da bacia hidrográfica e da área a jusante da barragem, o projeto executivo da barragem e a respectiva topografia do local da barragem e da bacia hidrográfica. Os riscos levantados foram listados no documento Registro de riscos.

O terceiro processo do modelo, analisar qualitativamente os riscos, teve início com a classificação da barragem quanto à categoria de risco segundo a legislação vigente. Foram avaliadas nesta etapa as características técnicas da barragem segundo o projeto e o atendimento ao Plano de Segurança de Barragens. A classificação foi realizada de acordo com a metodologia proposta anteriormente.

Em seguida foi definido o dano potencial associado, também segundo legislação vigente. Esta parte do trabalho iniciou-se com o levantamento da área de inundação no caso de um rompimento hipotético. O programa ArcGIS foi utilizado para determinação desta área de acordo com o volume armazenado na barragem. O método utilizado foi desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal e os programas em Python utilizados no software ArcGIS foram desenvolvidos pela equipe da área de Segurança de Barragens da Agência Nacional de Águas - ANA. Posteriormente, por meio do programa GoogleEarth foi realizado o levantamento das estruturas presentes na área de inundação. Os dados levantados foram classificados de com a metodologia apresentada previamente.

O quarto processo do modelo não foi abordado para este projeto, desta forma, o quinto processo, planejar resposta aos riscos teve início. Com as estratégias de respostas aos riscos já definidas no modelo, restou determinar para cada risco constante no documento Registro de riscos a sua estratégia de resposta. Esta escolha foi determinada a partir de sua probabilidade de ocorrência e a consequência associada a ocorrência. Cada situação abordada na identificação dos riscos foi listada com sua respectiva ação de resposta.

O último processo, controlar os riscos foi abordado basicamente como uma listagem de sugestões para monitoramento dos riscos do projeto. Estas sugestões são apresentadas no próximo capítulo do trabalho.

5. RESULTADOS

Neste trabalho foram realizadas a proposta de um modelo de gerenciamento de riscos e a aplicação deste modelo a um estudo de caso. Desta forma, este capítulo apresenta dois tipos principais de resultados: aqueles obtidos em função do desenvolvimento do modelo e aqueles obtidos enquanto a aplicação do modelo ao projeto de barragem escolhido.

Enquanto desenvolvimento do modelo, os resultados obtidos tratam quase em sua totalidade de documentos orientadores à aplicação do modelo. O primeiro documento resultante desta etapa foi o Plano de gerenciamento de riscos, já citado anteriormente, e cujo conteúdo inclui a Estrutura Analítica de Riscos – EAR, esta resultada da categorização dos riscos definida para o modelo. O segundo documento resultante foi o Registro de riscos que acompanha a aplicação do modelo e também já foi citado previamente. A exceção quanto à documentação em meio aos resultados desta etapa é a proposta de utilização da legislação vigente juntamente com uma metodologia para determinação do dano potencial associado, por meio dos programas ArcGIS e GoogleEarth.

O primeiro resultado da aplicação do modelo proposto foi o documento Plano de gerenciamento de riscos, preenchido de acordo com os dados do projeto, de forma a orientar o restante da aplicação do modelo. Posteriormente, na etapa identificar os riscos, estes riscos foram catalogados sendo obtida então, uma versão preenchida do documento Registro de riscos.

Na etapa seguinte do trabalho foi realizada a classificação da barragem quanto à categoria de risco. A análise quanto às características técnicas foi realizada com dados obtidos através do projeto executivo da barragem. Os dados necessários para análise quanto ao Plano de

segurança da barragem foram obtidos junto aos responsáveis pela operação da barragem. Os dados obtidos são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Pontuação quanto às características técnicas de construção e quanto ao plano de segurança da barragem.

Características técnicas	Classificação	Pontuação	Pontuação Total
Altura	22	1	15
Comprimento	113	1	
Tipo de Barragem quanto ao material de construção	Terra Homogênea	3	
Tipo de Fundação	Rocha alterada sem tratamento	3	
Idade da Barragem	< 5 anos	4	
Vazão de Projeto	Decamilenar	3	
Plano de segurança de barragens	Classificação	Pontuação	Pontuação Total
Existência de documentação de projeto	Projeto executivo e "como construído"	0	14
Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem	8	
Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento	Possui e aplica apenas procedimentos de inspeção	3	
Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem	Sim ou Vertedouro tipo soleira livre	0	
Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação	Emite os relatórios sem periodicidade	3	
Pontuação Total			29

Fonte: autor.

A legislação citada previamente, propõe categoria de riscos baixa às barragens com pontuação obtida menor que 35 pontos nesta classificação. Pontuações maiores que 65 pontos indicam categoria de risco alta, e o restante categoria de risco média. Observa-se que a pontuação final obtida para a barragem do estudo foi de 29 pontos resultando em uma classificação de riscos baixa. Ressalta-se neste resultado que o estado de conservação da barragem não foi considerado na pontuação, já que a barragem está em construção.

Os resultados referentes ao dano potencial associado dependeram inicialmente dos resultados obtidos para a mancha de inundação para um rompimento hipotético. A metodologia utilizada definiu a mancha de inundação com 7,9 Km de extensão à jusante da barragem, ao longo do vale do rio. A mancha de inundação, obtida do programa ArcGIS, para levantamento do dano potencial associado à barragem é apresentada na Figura 2.

A partir da sobreposição da imagem gerada para a mancha de inundação com as imagens de satélite obtidas pelo programa GoogleEarth foram identificadas construções e instalações que pudessem ser atingidas no caso de uma eventual ruptura. Instalações comerciais, industriais, residenciais, de turismo e lazer inclusive com rodovia de considerável importância econômica para a região foram identificadas nesta análise. O Quadro 2 apresenta a associação destes resultados a pontuações que definem então, a categoria de risco do dano potencial associado.

Figura 2 - Mancha de inundação da barragem



Fonte: autor

Quadro 2 - Pontuação quanto ao dano potencial associado

Características	Classificação	Pontuação	Pontuação Total
Volume Total do Reservatório	Pequeno	1	19
Potencial de perdas de vidas humanas	Existente	12	
Impacto ambiental	Significativo	3	
Impacto socioeconômico	Baixo	4	

Fonte: autor.

A legislação citada previamente, propõe categoria de dano potencial associado baixa às barragens com pontuação obtidas menor que 7 pontos nesta classificação, categoria média para resultados entre 7 e 13 e para valores superiores a 13 categoria de riscos alta. Observa-se que a pontuação final obtida para a barragem do estudo foi de 19 pontos resultando em uma classificação de riscos alta.

Os resultados obtidos enquanto à barragem estudada indicam pequenas probabilidades de eventos de falha, entretanto suas consequências podem ser graves. Neste sentido, como últimos resultados do trabalho, propõe-se sugestões para controle dos riscos associados ao rompimento da barragem. Sistemas de alerta da população ocupante da área de inundação são essenciais no sentido de evitar perdas de vidas humanas. Quanto às instalações comerciais, industriais, e de turismo e lazer presentes na área citada, recomenda-se a contratação de seguros por parte dos responsáveis pela operação da barragem, para cobrir eventuais danos decorrentes de um rompimento.

6. CONCLUSÕES

Os conceitos relacionados à gestão de risco se apresentam como fundamentais na busca, pela sociedade, por responsabilidade e transparência nas tomadas decisão. Quando se trata de decisões que podem resultar em graves consequências, como riscos em barragens, as análises de risco podem ser ferramentas valiosas. Neste contexto, o emprego da metodologia descrita no PMBOK para o estudo de caso, se apresentou bastante proveitosa. A facilidade de adaptação às peculiaridades da obra de uma barragem aliada à possibilidade de adequação da metodologia à legislação existente foram quesitos primordiais nesta avaliação.

Apesar de possuir projetos bem elaborados e documentados, a barragem estudada se encontra em uma região que apresenta possibilidade de perdas econômicas e sociais, inclusive perdas de vidas humanas. Neste sentido, o risco associado ao empreendimento é considerado alto, tornando-se imprescindíveis medidas de gerenciamento dos riscos no decorrer da obra e da operação da barragem.

A presente pesquisa, em suma, conseguiu alcançar seus objetivos no sentido propor um modelo que possa ser utilizado no gerenciamento de riscos de um projeto de uma barragem de terra. Ressalta-se, porém, que estudos de maior profundidade devem ser realizados para validação do modelo proposto e possíveis sugestões de melhorias.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 12334, de 20 de setembro de 2010.** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e cria o Sistema Nacional de Informações sobre segurança de barragens.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012.** Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

COLLE, G. A. **Metodologias de Análise de Risco para Classificação de Barragens segundo a Segurança.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia Departamento de Hidráulica e Saneamento – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

COLLIISCHONN, W., TUCCI C. E. M. **Análise do Rompimento Hipotético da Barragem Ernestina.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 2 n.2 Jul/Dez 1997, 191-206.

ELETROBRÁS. **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas.** - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS, 2003.

FUSARO, T. C. **Curso de Segurança de Barragens.** Material produzido no âmbito do Convênio nº 001/ANA/2011 – SICONV nº 756001/2011, firmado entre a Agência Nacional de Águas - ANA e a Fundação Parque Tecnológico de Itaipu - Brasil – FPTI, 2011.

MASSAD, Faíçal. **Obras de Terra: curso básico de geotecnia.** 2ª Ed. -São Paulo - Oficina de Textos, 2010.

MATA, T. da; BARBOSA, R. V. **Gerenciamento de riscos em projetos: aplicação prática em um projeto da construção civil.** Revista Petra, v. 2, n. 2, p. 190-208, ago. /dez. 2016.

PARDO, J. A. R. **Metodologia para análise e gestão de riscos em pavimentos ferroviários.** Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – NUGEO - Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2009.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. Guia PMBOK®.** 5ª edição. EUA – Project Management Institute, 2013.

ROCHA, B. F. da. **O Guia PMBOK e as Pequenas Empresas Construtoras: Estudo De Caso.** Dissertação (mestrado acadêmico) - Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2015.

TEIXEIRA, W. L. **Um Estudo das Condições de Percolação e Estabilidade em Barragens de Terra mediante Métodos Geofísicos: Caso do Dique de Sant Llorenç De Montgai – Espanha.** Tese de doutorado – UFRN – Centro de Ciências Exatas e da Terra – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS

Documento Digitalizado Público

TCC Versão Final

Assunto: TCC Versão Final
Assinado por: Matheus Souza
Tipo do Documento: Documentos
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Matheus Pereira de Souza, ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO**, em 18/10/2021 15:18:08.

Este documento foi armazenado no SUAP em 18/10/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 209447

Código de Autenticação: 4ceaed1a2c

