

Workshops para a identificação de modos de falha: Guia metodológico



Expressamos nossos agradecimentos ao Japan Special Fund (JSF) por tornar possível esta publicação por meio de cooperação técnica RG. T3528: Implementação da metodologia para fortalecer a resiliência ao risco de desastres e à mudança climática em projetos do BID.

Coautoria: A produção e a divulgação deste Guia Metodológico e de seus Catálogos foram coordenadas por Raimon Porta e Ginés Suárez com as valiosas contribuições de Julia Ciancio, María Alejandra Escovar e Adriana Zambrano. O desenvolvimento do conteúdo do Guia e a catalogação de Modos de Falha foram realizados por Ignacio Escuder, Adrián Morales, Sandra Navarro e Helena Yarritu, equipe técnica da empresa de consultoria iPresas.

Agradecimentos: O processo de revisão técnica se beneficiou da inestimável colaboração de Melissa Barandiarán, Karen Piñeros e Carolina Rogelis. O desenvolvimento do curso de treinamento online associado a este Guia foi realizado pela empresa TAEC como apoio da equipe de INDES e com o feedback de Álvaro Adam, Leandro Kazimierski e Luis Mora. A produção do conteúdo, sua publicação e divulgação foram possíveis graças a Edoardo Brovero, Lara Chinarro, Wilhelm Dalaison, Maricarmen Esquivel, Patricia Henríquez, Sergio Lacambra, Roberto Leal, Katherine López, David Maier, Lidia Marcelino, Pamela Ogando, Harold Rodríguez e Serge Troch.

Design e layout: Alejandro Scaff.

Citação sugerida: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Workshops de identificação de modos de falha. Guia metodológico. 2025.

Palavras-chave: modo de falha, infraestrutura, risco, desastre, resiliência, sustentabilidade.

Copyright©2025 Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 LEGAL CODE) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.es>). Ele deve estar em conformidade com os termos e condições indicados no link URL e deve ser concedido o reconhecimento correspondente ao BID.

Qualquer disputa que possa surgir sob esta licença e que não possa ser resolvida amigavelmente deverá ser resolvida de acordo com o procedimento a seguir. De acordo com uma notificação de mediação comunicada por meios apropriados por você ou pelo licenciante ao outro, a disputa será submetida a mediação não vinculante conduzida de acordo com as Regras de Mediação da OMPI. Qualquer controvérsia que não possa ser resolvida amigavelmente deverá ser submetida à arbitragem de acordo com as regras da Comissão das Nações Unidas para o Direito Comercial Internacional (UNCITRAL). Ambos o uso do nome do BID para qualquer finalidade que não seja o respectivo reconhecimento, como o uso do logotipo do BID não são autorizados por esta licença e exigem um contrato de licenciamento adicional. Por esta licença, exige-se um contrato de licenciamento adicional. Por favor, leve em conta que o link da URL inclui termos e condições que são parte integrante desta licença. As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente as opiniões do Banco Interamericano de Desenvolvimento, sua Diretoria Executiva ou dos países que representam.

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade exclusiva dos autores e não refletem necessariamente o ponto de vista do BID, de sua Diretoria Executiva nem dos países que representam.



ÍNDICE

Acrônimos e abreviações	5
Resumo executivo	6
Histórico	7
1. Introdução	8
2. Metodologia para avaliação de risco de desastres e mudança climática do BID	11
3. Conceitos iniciais	14
4. Participantes do Workshop	15
Facilitador	15
Outros participantes	16
5. Workshop de Identificação de Modos de Falha	20
Etapa 0: Ações prévias	21
Coleta e revisão das informações	22
Decisão de realizar o Workshop online ou pessoalmente	22
Identificação dos participantes	24
Coordenação e material necessário	24
Pré-treinamento	25
Etapa 1: Introdução pelo facilitador	26
Etapa 2: Revisão das informações	27
Etapa 3: Visita técnica	29
Etapa 4: Proposta individual de modos de falha	31
Etapa 5: Discussão em grupo dos modos de falha	35
Etapa 6: Classificação dos modos de falha	40
Etapa 7: Proposta de recomendações e medidas de redução de risco	45
Etapa final: Resultados pós-Workshop	48
6. Fatores que contribuem para um Workshop bem-sucedido	49
7. Transição da análise de risco qualitativa para a análise de risco quantitativa	51
Conclusões e tomada de decisões	52
Referências	54

Anexos	57
Anexo 1. Modelo de identificação de Modos de Falha individual	58
Anexo 2. Modelo de classificação de Modos de Falha individual	61
Anexo 3. Diretrizes para a elaboração de relatórios de Modos de Falha	66
Anexo 4. Termos de referência para a contratação de Workshops de Identificação de Modos de Falha	71

Documentos de apoio à aplicação do guia

Catálogo para Infraestrutura Viária

Catálogo para Obras de Proteção contra Inundações Fluviais, Pluviais e Costeiras

Catálogo para Barragens de Contenção, Irrigação e Hidrelétricas

Catálogo para Outras Tipologias: Usinas Fotovoltaicas e Aterros Sanitários

Acrônimos e abreviações

ANCOLD	Australian National Committee on Large Dams (Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens)
ASCE	American Society of Civil Engineers (Associação Americana de Engenheiros Civis)
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CDA	Canadian Dam Association (Associação Canadense de Barragens)
CCS	Divisão de Soluções para Mudanças Climáticas do BID
CPR	Comunidade de Prática de Resiliência do BID
CWC	Central Water Commission (Comissão Central de Água)
DRM	Unidade de Gestão de Risco de Desastres do BID
ESG	Divisão de Soluções Ambientais e Sociais do BID
ESR	Unidade de Gerenciamento de Riscos Ambiental e Social do BID
FERC	Federal Energy Regulatory Commission (Comissão Federal de Regulamentação de Energia)
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)
ICOLD	International Commission on Large Dams (Comissão Internacional de Grandes Barragens)
INE	Setor de Infraestrutura e Energia do BID
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Padronização)
MARDMC	Metodologia de avaliação de riscos de desastres e mudanças climáticas do
BID	(em inglês, DCCRAM)
MF	Modo de Falha
MPAS	Marco de Políticas Ambientais e Sociais do BID
OP-704	Política de gestão de risco de desastres do BID
PAE	Plano de Ação de Emergência
PGRD	Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres
SPANCOLD	Comitê Nacional Espanhol de Grandes Barragens
WIMF	Workshop de Identificação de Modos de Falha
USACE	United States Army Corps of Engineers (Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos)
USBR	United States Bureau of Reclamation (Escritório de Recuperação dos Estados Unidos)

Resumo executivo

O Banco desenvolveu em 2019 a Metodologia de Avaliação de Riscos de Desastres e Mudanças Climáticas em projetos de infraestrutura do BID para facilitar a identificação e avaliação de riscos de desastres e mudanças climáticas em diferentes setores. Esta Metodologia serve como base para orientar a tomada de decisões sobre questões de resiliência ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, vinculando-o aos diferentes estágios do gerenciamento de riscos. A Metodologia propõe uma aplicação gradual de técnicas, dividida em fases e etapas, a ser aplicada por meio de diferentes métodos, de acordo com o caso, nos quais os esforços e os recursos a serem alocados são proporcionais aos níveis de risco e complexidade de cada projeto.

A técnica do Workshop de Identificação do Modo de Falha (WIMF) é uma metodologia de análise de risco qualitativa completa e detalhada, enquadrada na Etapa 4 da Metodologia, e um dos principais marcos no processo de avaliação de riscos de desastres definido na Metodologia de Infraestrutura Crítica.

Os processos do WIMF avaliam o risco confiando no julgamento de especialistas por meio de sessões participativas nas quais um moderador ou facilitador conduz uma sessão de trabalho onde técnicos relacionados ao projeto e especialistas externos avaliam conjuntamente os riscos de desastres associados a uma infraestrutura no estágio de projeto ou operação e especialistas externos avaliam conjuntamente os riscos de desastre associado a uma infraestrutura na fase de projeto ou de operação.

O WIMF é desenvolvido de acordo com uma estrutura básica genérica, independentemente da tipologia da infraestrutura, que inclui: revisão das informações, visita técnica, identificação dos Modos de Falha, avaliação, classificação e recomendações. Essa é uma etapa fundamental para gerenciar a incerteza nos projetos e definir o escopo da análise quantitativa do risco, bem como as entradas-chave para o Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres e outros documentos associados (Plano de Emergências, Plano de Contingências, PAE, Plano de Operação e Manutenção, Plano de Monitoramento etc.). Essa técnica permite que se identifiquem as necessidades de melhoria em aspectos críticos dos estudos e critérios de projeto que serão decisivos nas etapas do projeto antes de sua execução.

Este guia é complementado por uma série de catálogos anexos que fornecem ao usuário uma compilação de Modos de Falha identificados nos últimos anos, bem como casos de aplicação em projetos do BID para tipologias de projetos de barragens, obras de proteção contra as inundações, infraestrutura viária e outros tipos de projetos singulares, como aterros sanitários e usinas fotovoltaicas.

Desde 2017, especialistas da Unidade de Gestão de Riscos de Desastres (DRM), da Divisão de Soluções Ambientais e Sociais (ESG), da Divisão de Mudanças Climáticas (CCS), da Unidade de Gestão de Riscos Ambientais e Sociais (ESR), juntamente com especialistas do Setor de Infraestrutura e Energia (INE) e da Comunidade de Prática sobre Resiliência (CPR), que coordena as ações do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), têm trabalhado com o objetivo de gerar e operacionalizar políticas, estratégias, ações e instrumentos de resiliência aos desastres e à sustentabilidade. A CPR constitui uma referência de boas práticas no nível de atuação multissetorial, no âmbito das agências multilaterais.

Histórico

A Divisão de Soluções Ambientais e Sociais é responsável por assegurar, em coordenação com as equipes de projeto, divisões e setores do Banco, que os projetos de infraestrutura financiados pelo BID identificam, avaliam e gerenciam os riscos para serem resilientes aos desastres e às mudanças climáticas, contribuindo assim para alcançar as metas de desenvolvimento sustentável e melhorar a qualidade de vida na região. As atividades de identificação, avaliação e gerenciamento de riscos de desastres e mudanças climáticas são obrigatórias para projetos de infraestrutura financiados pelo Banco de acordo com o [Marco de Políticas Ambientais e Sociais \(MPAS\) do BID de 2021 que substitui, neste aspecto específico, a Política de Gestão de Risco de Desastres OP-704 de 2007](#), ainda vigente e aplicável em outros temas. Desde sua publicação, em 2019, a ESG tem consolidado a Metodologia como base de sua atuação operacional para a conformidade com o MPAS, gerando, com isso, uma forte sinergia em sua adoção, o que levou a uma ampla gama de estudos de caso e lições aprendidas. Esse processo permitiu identificar desafios e oportunidades para acelerar a implementação da Metodologia.

Em 2021, como parte da revisão da implementação da Metodologia e da adoção de suas ferramentas de análise de risco em projetos de infraestrutura, o CPR determinou a necessidade de desenvolver uma série de guias metodológicos e manuais específicos, orientados para expandir a adoção de técnicas e processos fortemente demandados por nossos clientes, com o objetivo de fortalecer as capacidades técnicas na região e atender à crescente demanda por profissionais especializados.

Em 2022, o Banco contratou a empresa especializada iPresas para desenvolver uma consultoria que envolveu: (i) a revisão de casos em que a técnica WIMF foi aplicada e a identificação de melhores práticas e lições aprendidas, (ii) a compilação e catalogação tipológica dos Modos de Falha, (iii) o desenvolvimento de um guia e material complementar para a abordagem da Metodologia destinada a técnicos e tomadores de decisão e (iv) o desenvolvimento de produtos de conhecimento para facilitar o acesso e a transferência de tecnologia. Este guia pretende ser uma publicação de referência para a adoção ampla da técnica WIMF na região. O resultado desse trabalho está resumido nesta publicação.

1. Introdução

A importância da infraestrutura civil na nossa sociedade, bem como as ameaças naturais às quais está exposta, torna necessário o desenvolvimento de metodologias de análise de riscos que permitem avaliar os projetos de forma abrangente e completa, estudando as incertezas existentes. Desta forma, conseguem-se infraestruturas mais resilientes frente a desastres e mudanças climáticas ao longo de suas vidas úteis e, portanto, uma sociedade mais adaptada a eventos futuros.

O **objetivo** deste guia é desenvolver a metodologia dos Workshops para a Identificação de Modos de Falha (WIMF), os quais constituem a principal parte da **análise qualitativa dos riscos** de desastres e mudanças climáticas em infraestruturas.

O guia é desenvolvido principalmente a partir da **abordagem** do facilitador dos Workshops, oferecendo procedimentos detalhados para cada tarefa, bem como o material necessário para seu desenvolvimento adequado.

Organizar e desenvolver um Workshop de Identificação de Modos de Falha não é uma tarefa, mas é um processo relevante na avaliação dos riscos de uma infraestrutura e tem várias **vantagens**:

- Melhorar o conhecimento técnico da infraestrutura, o seu estado atual e sua relação com o ambiente.
- Com base na pergunta: *“O que poderia acontecer para que a infraestrutura falhe?”* se reduz a incerteza associada. Esta é uma das principais perguntas a serem respondidas na análise de risco, onde a percepção de risco e o conhecimento multidisciplinar são fundamentais.
- Permitem concentrar a análise quantitativa de riscos nos Modos de Falha mais críticos, que foram identificados com uma metodologia robusta baseada em critérios de especialistas.
- A participação de especialistas de diferentes disciplinas garante uma visão mais abrangente do risco, compreendendo as inter-relações entre os diferentes componentes.
- Envolve a equipe diretamente relacionada com o gerenciamento dos riscos a nível local, regional e nacional no processo de análise de riscos.
- Permite que melhorias sejam propostas na fase de projeto, reforçando a solução adotada e antecipando problemas futuros durante a fase de construção, operação e manutenção. Essas propostas de melhoria podem ser estruturais (alterações no projeto das obras) ou não estruturais (melhorias no gerenciamento de emergências, capacitação, entre outras).
- Propõe melhorias na infraestrutura de manutenção e vigilância para aumentar sua segurança, que são definidas em conjunto, favorecendo o consenso sobre as recomendações.
- Permite que proponha melhorias nos procedimentos para o gerenciamento de riscos e a coordenação entre as administrações.
- Detecta necessidades de pesquisa e/ou estudo para completar os projetos, identificando possíveis lacunas nas informações disponíveis.

O pioneiro na aplicação de metodologias baseadas em risco foi o setor aeroespacial juntamente com o setor nuclear. Na década de 1960, esse setor desenvolveu um processo sistemático conhecido como FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*). Desde então, a metodologia do Workshop de Modos de Falha vem sendo aplicada em inúmeros campos e, desde o final dos anos 80, em infraestruturas civis. Portanto, a FMEA é uma ferramenta flexível que pode ser adaptada às necessidades específicas do setor ou do produto.

Ao longo dos anos, a técnica usada nesses Workshops evoluiu para o método usado hoje em dia nos Workshops do BID. A sua prática, cada vez mais difundida, nos projetos do BID, demonstrou o seu valor agregado na busca de soluções mais adaptáveis e de baixo risco a partir do entendimento dos mecanismos de geração do risco, vinculados a um projeto e ao seu contexto específico. Incorporar às análises variáveis com elevada incerteza, como os impactos das mudanças climáticas ou as dinâmicas futuras de desenvolvimento territorial relacionadas ao próprio projeto, tem se mostrado eficaz para iniciar a transição para a análise quantitativa de forma racional e fundamentada no conhecimento fundamental da física do problema. Essa vantagem de possuir um conhecimento profundo permitiu, desde o início, identificar medidas para tornar os projetos mais resilientes, tanto em seu planejamento e gestão nas diferentes fases quanto em seu compartilhamento com os atores envolvidos.

Na avaliação dos riscos associados às infraestruturas civis, este guia particularizou a metodologia para quatro **tipologias** iniciais:

- Infraestrutura viária.
- Obras de proteção contra inundações fluviais, pluviais e costeiras.
- Barragens de contenção, irrigação e hidrelétricas.
- Outros tipos de projetos de singular prioridade: usinas fotovoltaicas, aterros sanitários etc.

Essas quatro tipologias servem de apoio para o desenvolvimento do guia de Workshops de Modos de Falha, que foi definido com base nas categorias levantadas na metodologia de avaliação de riscos de desastres e mudanças climáticas (MARDMC) do BID, conforme detalhado no Capítulo 2, e nos projetos disponíveis para o desenvolvimento deste guia. Estão previstas atualizações periódicas deste guia, estendendo-o a novas tipologias.

Este **guia** abrange dos conceitos iniciais da análise de riscos (Capítulo 3) até os componentes a serem considerados para o desenvolvimento dos Workshops (Capítulo 4). Em seguida, detalha-se etapa por etapa os diferentes estágios do Workshop, apresentando exemplos e dicas para seu correto desenvolvimento (Capítulo 5). Este capítulo está dividido em 9 etapas, que incluem as ações prévias e a Etapa Final. As ações prévias (Etapa 0) tratam, entre outros aspectos, da conveniência de realizar ou não os Workshops online e da necessidade de realizar treinamentos antes do Workshop. A seguir, são detalhados os principais aspectos a serem considerados para que o Workshop seja bem-sucedido (Capítulo 6) e a transição da análise qualitativa para a quantitativa (Capítulo 7), seguida, por fim, das conclusões do guia (Capítulo 8) e das referências de Workshops sobre Modos de Falha (Capítulo 9).

O guia é complementado com 4 anexos e 4 documentos de apoio.

Os **anexos** oferecem, em forma de modelos, o material necessário para o desenvolvimento dos Workshops (Anexos 1 e 2), recomendações sobre como elaborar um bom relatório de Modos de Falha após a realização do Workshop (Anexo 3) e um modelo de Termos de Referência (TdR) para a contratação de um Workshop de Modos de Falha (Anexo 4).

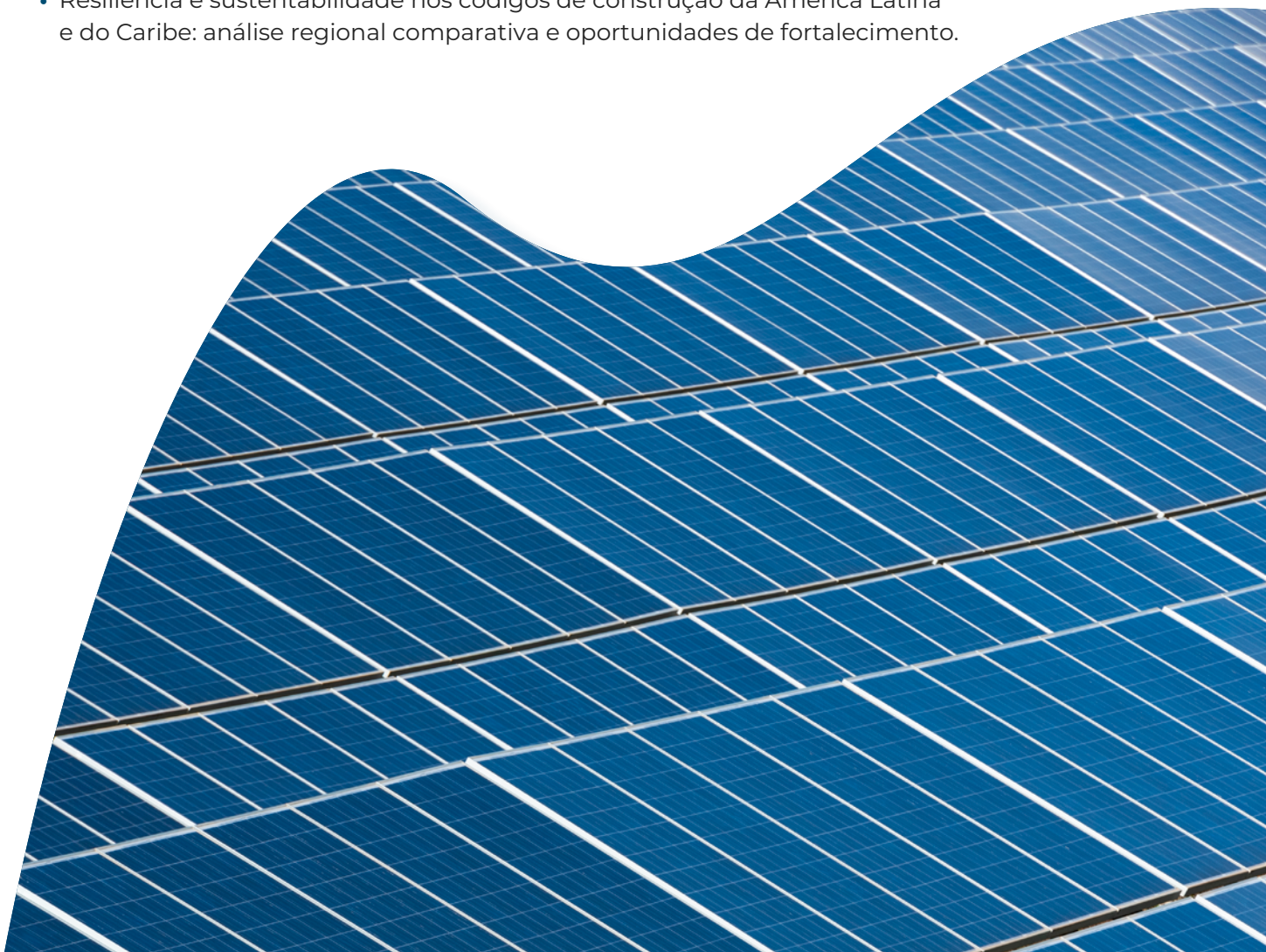
Os **documentos de apoio** são uma extensão do guia, onde são fornecidos exemplos e recomendações aos usuários para a sua aplicação prática em cada uma das quatro tipologias indicadas acima:

- Catálogo para infraestrutura viária
- Catálogo para obras de proteção contra inundações fluviais, pluviais e costeiras
- Catálogo para barragens de contenção, irrigação e hidrelétricas
- Catálogo para outras tipologias: usinas fotovoltaicas e aterros sanitários

Esta série de catálogos será atualizada e complementada regularmente, incorporando mais exemplos de Modos de Falha e um número maior de catálogos com novas tipologias de projetos.

Finalmente, vale destacar a existência de outros guias que podem servir de apoio à gestão e avaliação de riscos de desastres e mudanças climáticas em projetos de infraestrutura do BID.

- Diretrizes para planos de gestão de riscos de desastres para projetos de infraestrutura do BID.
- Diretrizes para incorporar avaliações simplificadas de riscos de desastres nas avaliações de impacto ambiental em projetos do BID.
- Manual de aplicação dos cubos de criticidade e vulnerabilidade.
- Bases gerais para o desenvolvimento de estudos de redução de riscos hidroclimáticos nas cidades.
- Resiliência e sustentabilidade nos códigos de construção da América Latina e do Caribe: análise regional comparativa e oportunidades de fortalecimento.

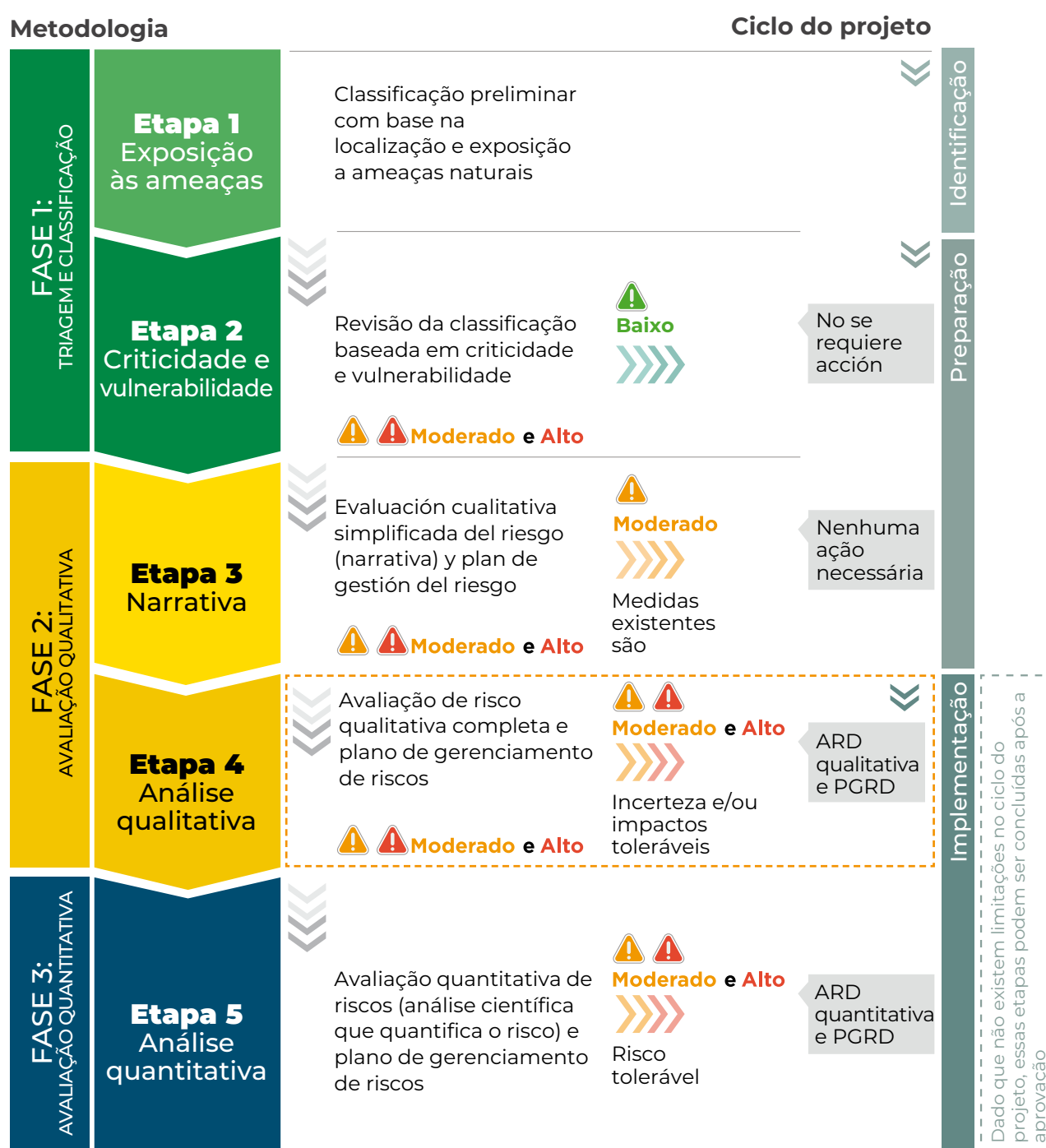


2. Metodologia para Avaliação de Risco de Desastres e Mudança Climática do BID

O BID desenvolveu uma metodologia própria denominada “Metodologia para Avaliação de Risco de Desastres e Mudança Climática” (MARDMC), baseada em um processo gradual e escalável que busca sistematizar as etapas necessárias para identificar, avaliar e gerir os riscos de desastres e mudanças climáticas em projetos de infraestruturas civis ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Essa metodologia parte do princípio de que nem todos os projetos são iguais, organizando o processo a partir de métodos, técnicas e ferramentas aplicáveis a todas as infraestruturas civis. Esse processo (Figura 1) divide-se em cinco etapas agrupadas em três fases: classificação, análise qualitativa de riscos e análise quantitativa de riscos.

Figura 1. Esquema das fases e etapas da MARDMC



Cada uma dessas etapas inclui diferentes métodos de avaliação:

- **ETAPA 1– Screening** – avalia a exposição do projeto às ameaças naturais (terremotos, inundações etc.) por meio de mapas de risco temáticos.
- **ETAPA 2– Criticidade** – avalia a vulnerabilidade do projeto por meio de “cubos” específicos para cada setor, que analisam as três dimensões chave que podem acionar a criticidade do projeto.

Neste ponto é atribuída uma classificação a cada projeto. Projetos com classificação de risco de desastres e mudanças climáticas moderada ou alta exigirão a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres, desenvolvido proporcionalmente aos resultados das etapas descritas a seguir:

- **ETAPA 3– Narrativa** – esta etapa é realizada se o risco derivado das etapas 1 e 2 for moderado ou alto e consiste em reunir informações do projeto e avaliar o gerenciamento de riscos de desastres no projeto em relação ao seu contexto. Caso esse gerenciamento não seja considerado suficiente, são detalhados os estudos ou documentos necessários para realizar a análise de riscos e garantir sua gestão adequada.
- **ETAPA 4– Análise qualitativa do risco**– Análise qualitativa dos riscos – essa etapa é realizada caso o gerenciamento de riscos não tenha sido considerado correto ou completo no projeto, de acordo com suas características. Existem vários métodos qualitativos, como o método Delphi, que realiza entrevistas e pesquisas online com um painel de especialistas. Já as matrizes de risco classificam o risco de acordo com a magnitude e a frequência dos impactos. No entanto, o alcance do método Delphi ou das matrizes é muito mais limitado do que o de uma Análise de **Modos de Falha**, sendo recomendadas apenas para análises qualitativas preliminares.

A metodologia apresentada neste guia é a recomendada para infraestruturas ou intervenções mais complexas e consiste na realização de uma revisão detalhada de informações, identificação de Modos de Falha da infraestrutura e proposta de medidas de redução de risco. Tudo isso por meio de um Workshop participativo com especialistas da área de estudo familiarizados com o projeto. Em qualquer caso, é fundamental que a aplicação de qualquer uma das técnicas mencionadas conte com a participação de profissionais e técnicos locais para aproveitar seu conhecimento da infraestrutura.

- **ETAPA 5– Análise quantitativa do risco**– caso a incerteza ou o risco obtido na Etapa 4 justifiquem uma análise mais detalhada, é realizada uma análise quantitativa do risco, avaliando os danos, perdas econômicas e humanas que possam resultar da falha ou mau funcionamento da infraestrutura, sempre sob o ponto de vista das ameaças naturais. A análise qualitativa de riscos realizada na Etapa 4 permite delimitar a posterior análise quantitativa de riscos, pois, a partir da identificação e classificação dos Modos de Falha, decide-se quais deles serão incorporados ao modelo de cálculo quantitativo.

Dentro dessa metodologia do BID, uma das técnicas mais utilizadas para realizar a análise qualitativa – a Etapa 4 – em projetos de infraestrutura complexos é o **Workshop de Identificação de Modos de Falha (WIMF)** sendo a mais recomendada no processo de avaliação completa do risco de desastres nesse tipo de projeto por facilitar a compreensão profunda do caso, além de permitir um avanço conceitualmente robusto em direção a técnicas de avaliação quantitativas. Esses Workshops avaliam os riscos com base no julgamento especializado, identificando os Modos de Falha de uma infraestrutura por meio de sessões participativas em que um moderador/facilitador conduz a sessão na qual técnicos responsáveis pelo projeto e especialistas externos avaliam conjuntamente os riscos de desastres associados à infraestrutura.

Os Workshops têm uma **estrutura base**, independentemente da tipologia da infraestrutura, que inclui: revisão de informações, visita técnica, identificação dos Modos de Falha, classificação e recomendações.

A partir dessa estrutura, encontramos variações conforme a tipologia, podendo ser incluída alguma seção adicional ou variações na estrutura da revisão de informações, nos especialistas que devem participar das sessões ou nos eventos desencadeantes dos Modos de Falha.



3. Conceitos iniciais

Nesta seção, apresenta-se, de forma resumida, a estrutura do Workshop de Identificação de Modos de Falha, a qual será desenvolvida em profundidade nas seções seguintes. Da mesma forma, são detalhadas algumas definições básicas para compreender o processo do Workshop.

Em primeiro lugar, para entender o objetivo do Workshop, devemos definir o **que é um Modo de Falha** (MF).

Um Modo de Falha é definido como a sequência específica de eventos que pode levar ao funcionamento inadequado da infraestrutura ou do sistema de gestão. Essa série de acontecimentos está associada a um determinado cenário de solicitação e segue uma sequência lógica, que consta de um evento inicial desencadeante, uma série de eventos de desenvolvimento ou propagação, e culmina com a falha da estrutura, como mostrado na Figura 2.

Figura 2. Esquema genérico de eventos de um Modo de Falha



Em geral, qualquer Modo de Falha com potencial para gerar consequências sociais adversas (perda de vidas, deslizamentos, inundações de áreas urbanas etc.) ou consequências ambientais ou econômicas significativas deve ser identificado e analisado ao longo dos Workshops de Identificação de Modos de Falha. A identificação não se limita à estrutura física da infraestrutura, abrangendo qualquer característica ou componente do sistema.

De maneira geral, os Modos de Falha estão diretamente relacionados com cenários de solicitação, que são definidos pelos eventos naturais que podem afetar a infraestrutura. A seguir, na Figura 3, é possível observar alguns exemplos de ameaças naturais que podem ser um gatilho para o desencadeamento de um Modo de Falha.

Figura 3. Riscos por ameaças naturais



4. Participantes do Workshop

A realização de Workshops de Identificação de Modos de Falha permite a incorporação do **conhecimento especializado** no processo de análise de riscos, contribuindo para reduzir a incerteza, já que possibilita identificar possíveis cenários como resultado da interação entre os diferentes participantes. Por isso, para que um Workshop seja produtivo, é essencial contar com determinados atores que são indispensáveis no grupo de trabalho. Ao longo desta seção, são apresentados as funções e o perfil que esses atores devem cumprir.

É conveniente realizar Workshops com um número adequado de pessoas, pois um número elevado de participantes pode resultar em Workshops desorganizados ou prolongados, enquanto, por outro lado, contar com poucos participantes pode reduzir a riqueza desses Workshops, que são baseados no debate e na troca de opiniões. De acordo com a experiência acumulada, determinou-se **que o número ideal de participantes varia entre 10 e 30 pessoas**, sem incluir a equipe facilitadora.

Nota: em alguns casos particulares, podem ser utilizados exemplos de avaliação de Modos de Falha em capacitações, nas quais participe um número maior de pessoas.

Previamente à realização dos Workshops, deve-se elaborar uma lista com o máximo nível de detalhamento possível, de forma que os participantes sejam contatados com antecedência, que se colem as informações faltantes, que se compreendam os perfis disponíveis e identifiquem aqueles que podem estar ausentes etc.

Os integrantes dos Workshops podem ser diferenciados em dois grupos principais: o facilitador e os participantes.

4.1 Facilitador

A figura do **facilitador** é muito importante nos Workshops. É a pessoa encarregada de conduzir o Workshop, apresentar a revisão das informações e complementá-la com as opiniões dos técnicos; fornecer os formulários para avaliar o estado atual da infraestrutura, identificar os Modos de Falha e classificá-los; resolver dúvidas, caso existam, assim como resolver conflitos ou redirecionar a conversa caso ela se desvie do objetivo.

Essa figura deve ser **especialista na metodologia** e ter conhecimentos técnicos sobre a infraestrutura que está sendo analisada. No entanto, embora o facilitador deva ter experiência suficiente na área de estudo para garantir o respeito e a confiança dos participantes, deve também garantir que os participantes expressem suas opiniões e contribuam para o Workshop, de forma que a opinião do facilitador não prevaleça sobre a dos demais. Os facilitadores costumam ter perfil de engenharia, embora possam ser de outras disciplinas.

Além disso, o facilitador deve ter um perfil que atenda a certas **qualidades**:

- **Ser objetivo**, apresentar os fatos de forma clara e sem analisá-los ou opinar.
- Ter habilidades para lidar com expectativas e sensibilidades diversas no tratamento de temas complexos que afetam diferentes interesses.
- Capacidade para gerir grupos de pessoas e fomentar a participação ativa e homogênea.

- **Ser receptivo** (ter mente aberta) aos argumentos ou ideias apresentados pelos participantes.
- Ter uma **personalidade diplomática** e dispor da **perseverança** necessária para lidar com situações complexas.
- Ser uma pessoa organizada e ter capacidade e interesse por aprendizado constante.
- Ter a capacidade de acelerar ou desacelerar o processo sempre que necessário.
- **Não ter conflito de interesses** com o projeto que será analisado.

Por fim, embora a figura do facilitador seja uma única pessoa, é recomendável que conte com uma **equipe de apoio** (1–2 pessoas) que colabore na revisão das informações, na elaboração dos formulários e na resolução de dúvidas durante os exercícios práticos.

La presentación de la revisión de información durante el taller la puede realizar tanto el facilitador como su equipo. En este segundo caso, mientras el miembro de apoyo expone, el facilitador puede hacer preguntas, aclaraciones, pedir apoyo específico a alguno de los asistentes, reconducir la conversación en beneficio de la evaluación técnicamente honesta e imparcial, etc.

4.2. Participantes

A diversidade de participantes nos Workshops é um ponto crítico. Recomenda-se pelo menos um especialista e um técnico por área do projeto, com o objetivo de enriquecer o Workshop a partir de uma perspectiva holística e cobrir todas as áreas envolvidas.

Nota: Por exemplo, para conduzir um Workshop sobre obras de proteção contra inundações, seria recomendável, no mínimo, a participação de um especialista para cada uma das seguintes áreas ou disciplinas: projeto, hidrologia e hidráulica, geologia e geotecnia, impacto ambiental e social, planejamento territorial, auscultação da infraestrutura e gestão de emergências.

Além de contar com especialistas em diferentes áreas, é fundamental incluir pessoas que conheçam o contexto ambiental e social da região onde a infraestrutura está localizada. Para atender a esse requisito, é importante convidar autoridades locais. Por exemplo, se o projeto estiver relacionado a atividades produtivas agrícolas, é essencial convidar pessoas com conhecimento nesse setor. Da mesma forma, devem ser convidados especialistas no contexto social, especialmente se houver grupos indígenas na área. Também é desejável considerar a perspectiva de gênero, que está fortemente relacionada aos diferentes usos que a infraestrutura pode ter e aos possíveis impactos dos Modos de Falha e das ações de redução de riscos.

Além disso, em muitos casos, foi identificada a importância de envolver os **responsáveis pelos projetos**, oferecendo-lhes um espaço para apresentar seu projeto e, assim, sentirem-se parte do processo. Esse aspecto melhora a atitude de toda a equipe do projeto em relação ao Workshop, promovendo uma postura positiva e participativa e evitando a percepção de que estão sendo submetidos a uma auditoria do projeto.

Em resumo, o perfil dos participantes deve ser variado, abrangendo desde técnicos que participaram do planejamento ou projeto da infraestrutura, até pessoal encarregado da gestão de emergências, assim como especialistas em impactos ambientais e sociais da região que possam fornecer informações sobre as consequências potenciais decorrentes de falhas na infraestrutura. Também devem participar especialistas externos que possam agregar valor aos Workshops, como universidades locais, serviços de meteorologia, institutos de pesquisa, entre outros.

Nos documentos de apoio à aplicação do Guia Metodológico, é possível encontrar informações detalhadas sobre os participantes recomendados para cada tipologia de infraestrutura. A seguir, apresenta-se, de forma geral, o quadro mínimo de participantes recomendados para os Workshops.

Nota: O leitor deve analisar as funções dos participantes e escolher aqueles perfis que são aplicáveis ao seu caso, adicionando outros complementares, se considerar necessário.

- Técnico em **hidrologia e hidráulica**. Se o projeto inclui um estudo hidrológico e/ou hidráulico ou se os riscos de inundações e/ou secas na região forem relevantes, recomenda-se convidar o(s) técnico(s) que tenha(m) participado do estudo, ou, na ausência destes, um especialista no tema que possa contribuir com sua opinião. Independentemente da fase do projeto em que o Workshop seja realizado, recomenda-se a participação dessa figura na sessão.
- Técnico com experiência em medidas de adaptação às **mudanças climáticas**. Se o projeto inclui um estudo hidrológico e/ou hidráulico ou se as mudanças climáticas puderem influenciar a intensidade das precipitações e o nível das cheias para um determinado período de retorno, recomenda-se convidar um especialista em riscos climáticos para participar do Workshop, independentemente da fase do projeto.
- **Geólogo/Geotécnico**. Na maioria dos projetos de infraestrutura é necessário conhecer o estado e a composição do solo de fundação, bem como os riscos geotécnicos e sísmicos da região. Por isso, recomenda-se a presença de um técnico especialista em geologia e geotecnia que possa oferecer sua opinião sobre os materiais e o projeto da fundação, os materiais da área do projeto e, se aplicável, os materiais usados na construção da infraestrutura. Se a infraestrutura estiver localizada em zona sísmica, os geólogos/geotécnicos devem ter conhecimento técnico suficiente para analisar os riscos derivados e projetar considerando essas solicitações. Essa participação é recomendada independentemente da fase do projeto.
- Técnico conhecedor do **projeto** da infraestrutura. Recomenda-se a presença dos técnicos responsáveis pelo projeto para que compartilhem sua experiência e os desafios enfrentados, independentemente da fase do projeto em que o Workshop ocorra. Esses participantes enriquecem os Workshops de Modos de Falha, mas não são críticos para seu desenvolvimento, exceto em projetos em fase de projeto, nos quais sua participação é essencial.
- Técnico que tenha participado da **construção**. Caso esteja sendo avaliada uma infraestrutura já construída ou em processo de construção, recomenda-se a presença de um dos técnicos responsáveis pela obra ou pela assistência técnica, para que compartilhem sua experiência, eventuais modificações no projeto original e o processo construtivo utilizado. Esses participantes agregam valor aos Workshops de Modos de Falha ao fornecer informações adicionais além daquelas apresentadas nos relatórios.

- Técnico de **operação e manutenção**. Caso esteja sendo avaliada uma infraestrutura em fase de operação, recomenda-se que participem do Workshop tanto os técnicos responsáveis pelas inspeções e manutenção, quanto o responsável pela operação da infraestrutura, pois sua experiência pode ser valiosa para identificar potenciais Modos de Falha por mau funcionamento e/ou operação. Por outro lado, se se tratar de um projeto de nova infraestrutura, recomenda-se convidar o pessoal técnico da entidade que será responsável pela operação e manutenção da infraestrutura, pois os resultados desses Workshops permitirão identificar riscos futuros.
- **Elementos hidromecânicos**. Caso a infraestrutura possua elementos hidromecânicos, é recomendável que pelo menos uma pessoa especialista no funcionamento desses elementos participe dos Workshops quando forem críticos para a segurança da infraestrutura.
- **Gestão de emergências**. Ter uma gestão de emergências organizada e estruturada é muito importante para a gestão de desastres, por isso, recomenda-se convidar para os Workshops o pessoal responsável pela gestão de emergências em caso de falha ou mau funcionamento da infraestrutura. Esses participantes ajudam a compreender as consequências decorrentes da falha ou mau funcionamento da infraestrutura e a entender como o sistema de gestão de emergências está organizado.
- **Especialistas ambientais e locais**. Em alguns casos, pode ser interessante contar com a participação de especialistas ambientais e sociais locais. Esses participantes podem contribuir com conhecimentos relevantes da região para o desenvolvimento do Workshop, como, por exemplo, sobre a efetividade dos meios de aviso à população em caso de emergência, ameaças naturais específicas da região (como vulcões), o impacto da infraestrutura nas comunidades vizinhas, a inter-relação dessa infraestrutura com outras já existentes (p. ex., rodovias–drenagem, barragens–rede de irrigação, etc.) ou o próprio uso da infraestrutura e seu impacto social e/ou de gênero.
- Técnicos relacionados à **governança do risco** na área de influência do projeto. Recomenda-se que esses participantes colaborem com comitês de Gestão de Riscos ou sejam responsáveis institucionais pela execução de planos de gestão de riscos.
- É recomendável a presença de **especialistas externos** ao projeto. Esses especialistas não apenas contribuem com seu vasto conhecimento técnico, como também oferecem uma visão externa ao projeto, destacando aspectos que podem passar despercebidos pelos técnicos responsáveis, por estarem imersos no projeto.
- Por fim, e dependendo do caso, é desejável avaliar a conveniência de contribuições oriundas do conhecimento da comunidade por meio de seus representantes técnicos comunitários ou das prefeituras. Essa participação deve ser incentivada e circunscrita ao âmbito técnico, ao objetivo da avaliação e ao caso tratado, somando à avaliação o conhecimento e a experiência em primeira mão para uma compreensão próxima e específica do contexto particular, bem como possíveis medidas adaptadas às capacidades locais. É recomendável garantir que a linguagem, as informações e os procedimentos permitam uma participação efetiva desse perfil de participantes. Também devem ser integradas ou incentivadas ferramentas de coleta de conhecimento comunitário, como mapas de risco comunitários, pesquisas de percepção ou levantamento de dados de eventos históricos.

Figura 4. Esquema ilustrativo dos integrantes (por cores) de um Workshop



Uma vez identificados os perfis necessários para o Workshop, deve-se proceder ao convite dos participantes. Neste convite, é recomendável expor as expectativas do Workshop, definindo o que se espera deles em termos de participação e dedicação de tempo. Alguns dos pontos-chave a serem destacados no convite são:

- ✓ **Objetivo:** Definir o que se espera obter com o Workshop e por que a participação deles é relevante.
- ✓ **Agenda:** Detalhar a agenda do Workshop, na qual é prevista a participação dos convidados, e destacar os momentos em que se espera uma contribuição ativa, especialmente nos momentos de debate.
- ✓ **Especificar** que não é necessária uma preparação prévia por parte dos participantes, embora se solicite uma participação ativa durante o Workshop e a promoção de um ambiente colaborativo e integrador.

Nota: Durante as sessões do Workshop de Identificação de Modos de Falha, é recomendável que cada participante disponha de um crachá de identificação (como um letreiro, adesivo, etiqueta pendurada ou similar) com seu nome, profissão e entidade à qual pertence. Essa prática permite tanto ao facilitador quanto aos demais participantes interagirem de forma mais direta, além de identificar quem está intervindo no debate e em qual área de especialização atua.

5. Workshop de Identificação de Modos de Falha (WIMF)

O Workshop de Identificação de Modos de Falha deve ser desenvolvido em um ambiente colaborativo e integrador, no qual diversos especialistas compartilham seus conhecimentos com o objetivo de identificar os Modos de Falha potenciais que poderiam ocorrer na infraestrutura analisada.

5.1 Estrutura do WIMF

Nas seções seguintes, apresenta-se a estrutura que sustenta o processo do WIMF. Esse processo é composto por 7 etapas (Figura 5), variando ligeiramente conforme a tipologia da infraestrutura e a modalidade do Workshop (online ou presencial). Acrescenta-se a essas etapas a Etapa 0 (ou ações prévias), que ocorrerá antes da realização do Workshop, bem como uma Etapa final, que incluirá produtos específicos derivados do Workshop.

- 0 Etapa 0: Ações prévias.** Antes de começar o Workshop propriamente dito, deve-se incluir uma lista com os perfis solicitados, o tempo de dedicação e uma agenda provisória. Deve-se indicar a informação a ser coletada e a logística para a realização do Workshop.
- 1** A primeira etapa do Workshop é a **introdução pelo facilitador (Etapa 1)**. Esta inclui uma explicação da metodologia e dos principais conceitos de risco, análise qualitativa de riscos e Modos de Falha.
- 2** Em seguida, realiza-se uma revisão integral das informações disponíveis sobre a infraestrutura (**Etapa 2**). Esta é uma etapa-chave, pois é necessário ter um conhecimento profundo do sistema, das infraestruturas e elementos que o compõem, assim como dos potenciais consequências que possam derivar de uma falha ou mau funcionamento. O objetivo é que todos os participantes estejam alinhados e disponham das mesmas informações ao realizar a identificação dos Modos de Falha.
- 3** Uma vez conhecida a infraestrutura, realiza-se uma visita técnica com todos os participantes do Workshop (**Etapa 3**). Esta visita deve servir para verificar ou contrastar as informações analisadas durante a revisão. A visita permite entender os aspectos fundamentais em matéria de desenho e execução, assim como aprofundar nos pontos críticos identificados.
- 4** Após a revisão de informação e a visita técnica, procede-se à identificação dos Modos de Falha. A primeira fase é individual (**Etapa 4**), onde cada participante realiza uma primeira identificação preenchendo um formulário.
- 5** Em seguida, passa-se à fase em grupo (**Etapa 5**), onde todos os Modos de Falha identificados são compartilhados, definidos, desenhados e identificam-se os fatores que podem aumentar ou diminuir seu risco (**Etapa 6**).
- 6** A seguir, os Modos de Falha identificados são analisados em detalhe e classificados em função de sua probabilidade de ocorrência, consequências e incerteza associada.
- 7** Finalmente, propõem-se medidas para reduzir o risco, assim como para reduzir a incerteza associada, se necessário (**Etapa 7**).
- 8** Uma vez concluído o Workshop (**Etapa final**), a equipe facilitadora deve desenvolver certos produtos que recolham os insumos do Workshop para que o conhecimento adquirido não se perca. Da mesma forma, deve-se estabelecer o plano de ação ou Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres

Uma vez concluído o Workshop de Identificação de Modos de Falha as tarefas que se seguem são:

- Roteiro de compromissos.
- Revisões dos documentos gerados.
- Socialização dos resultados.

Figura 5. Estrutura dos Workshops de Identificação de Modos de Falha



5.2 Etapas do WIMF

A seguir, detalha-se cada uma das principais etapas do Workshop.

Etapa 0: Ações prévias

Antes da realização do Workshop, há um trabalho prévio de escritório que deve ser considerado ao programar a sessão e/ou licitar o contrato. De forma geral, estima-se que esse processo possa levar entre 20 e 30 dias.

Há **5 aspectos-chave** que devem ser desenvolvidos antes de iniciar o Workshop:

- coleta e revisão de informações,
- decisão sobre a realização do Workshop de forma online ou presencial,
- identificação dos participantes,
- coordenação e materiais necessários,
- e capacitação prévia.

Esses aspectos são detalhados a seguir, e os **produtos** esperados antes do início do Workshop são:

- Apresentação de apoio para o desenvolvimento do Workshop: apresentação que serve de guia para o facilitador e que inclui explicações e exemplos do processo. Normalmente está estruturada nas 7 Etapas do Workshop, embora, como se indica a seguir, recomenda-se que a Etapa 2 seja apresentada separadamente por questões logísticas.
- Apresentação da revisão de informações, vinculada à Etapa 2.
- Formulários necessários para o desenvolvimento do Workshop, vinculados principalmente às Etapas 4 e 6. Ver Anexo 1 e Anexo 2.

Coleta e revisão de informações

Entre outros aspectos, o facilitador e sua equipe devem coletar todas as **informações** necessárias para realizar a revisão de informações que será apresentada aos participantes durante o Workshop, bem como preparar a apresentação correspondente.

Essas informações devem ser fornecidas pelo cliente, mas pode levar tempo para reuni-las. Da mesma forma, para infraestruturas de grande porte, pode ser recomendável realizar uma visita prévia que permita a correta coleta de informações por parte do facilitador e sua equipe. Essa visita prévia também pode ser útil para ter uma ideia da situação atual e permitir que o facilitador oriente o Workshop de forma mais eficaz.

Por fim, também é importante considerar o tempo necessário para revisar as informações coletadas e gerar a apresentação que será utilizada durante a Etapa 2.



Recomendações antes de iniciar a revisão de informações

- **Recomenda-se definir a estrutura da apresentação/documento antes de começar a revisá-la.**
- **Verifique se estão disponíveis os documentos necessários antes de iniciar.**
- **Às vezes, pode ser aconselhável compartilhar a revisão das informações com os participantes alguns dias antes do Workshop.**

Decisão de realizar o Workshop online ou presencial

A digitalização dos processos está em plena expansão. Embora seja verdade que realizar as reuniões de forma online flexibiliza os horários e se traduz em uma maior participação, nem tudo é vantagens, e essa nem sempre é a melhor opção. Ao longo desta seção são apresentadas as vantagens e desvantagens de realizar os Workshops online, com base na experiência obtida na última década.

No entanto, antes de começar, vale mencionar alguns aspectos:

- A rápida digitalização ocorrida em 2020 devido à pandemia de COVID-19 contribuiu para a ampliação da cobertura de conexão à internet para realização de videoconferências. Isso expandiu a viabilidade de realizar **Workshops** de forma online, ou até mesmo em modalidade híbrida caso algum dos especialistas não possa comparecer presencialmente.

- Por outro lado, na etapa de identificação individual dos Modos de Falha (Etapa 4) e na classificação (Etapa 6), há **formulários** que devem ser preenchidos pelos participantes. Desde a digitalização dos processos, esses formulários podem ser preenchidos eletronicamente, agilizando o pós-processamento dos dados e gerando bases de dados homogêneas.

Tendo em mente esses dois aspectos, a seguir são apresentadas as vantagens e desvantagens de realizar Workshops online, presenciais ou híbridos.

WORKSHOPS ONLINE

Vantagens

- ✓ Permite mais atendimento e participação.
- ✓ Horários mais flexíveis e abarcando mais regiões.
- ✓ Uso de formulários online para facilitar o pós-processamento de dados.

Desvantagens

- ✗ O número de participantes do Workshop pode ficar fora de controle.
- ✗ O workshop torna-se impessoal.
- ✗ É mais difícil obter a contribuição dos participantes, incentivar sua participação e criar um ambiente proativo.
- ✗ Para evitar a perda de atenção, há uma tendência de condensar os Workshops para menos tempo, o que é prejudicial para o processo e os resultados.
- ✗ A visita técnica é realizada virtualmente por meio de imagens de campo. Através de imagens de campo, satélite e drone, sendo de menor profundidade.

WORKSHOPS PRESENCIAIS

Vantagens

- ✓ Número de participantes monitorados.
- ✓ Há proximidade com os participantes, criando confiança e promovendo uma atmosfera proativa.
- ✓ Uso de formas físicas que facilitem o desenho dos diagramas de Modos de Falha e discussão entre os participantes.
- ✓ Gerenciamento de tempo mais flexível que permite dedicar mais tempo a determinados pontos e aprofundá-los.
- ✓ Ele permite uma visita técnica no local, o que é altamente recomendado em muitos casos.

Desvantagens

- ✗ Menor flexibilidade de agendamento e mais demorado.
- ✗ Necessidade de deslocamentos entre regiões, o que pode aumentar significativamente os custos.

WORKSHOPS HÍBRIDOS

Vantagens

- ✓ Permite mais participação e flexibilidade de tempo.
- ✓ Realização de formulários online, que facilita o pós-processamento de dados.

Desvantagens

- ✗ Maior tempo de espera durante as apresentações presenciais, pois os participantes online dependem do andamento da sessão.
- ✗ Necessidade de respeitar rigorosamente a vez de falar, para que os participantes online consigam acompanhar o Workshop sem interrupções.
- ✗ Número de participantes limitado: é recomendável definir previamente a quantidade máxima para evitar sobrecarga na gestão do Workshop.
- ✗ Por não poder levantar a mão, a equipe de apoio do facilitador deve estar muito atenta para garantir que os participantes online possam participar.
- ✗ O facilitador deve monitorar de perto os horários para evitar que os participantes online se desconectem.
- ✗ Dificuldade de criar um ambiente proativo, já que as partes interessadas ficam divididas entre o espaço presencial e o online.
- ✗ Mistura de formulários online e físicos.
- ✗ Existe o risco de exclusão dos participantes online durante a visita técnica. Para evitar isso, recomenda-se realizar a visita de forma online ou, caso isso não seja possível, preparar um resumo fotográfico detalhado após a visita presencial.

Identificação dos participantes

Outra das tarefas a serem realizadas durante esta Etapa 0, uma vez conhecida a modalidade do Workshop (online/presencial/híbrida), é a identificação dos **participantes** que devem comparecer à sessão, bem como o gerenciamento de seus convites e confirmações.

Esse é um aspecto fundamental para o bom andamento do Workshop e deve ser considerado na organização da sala que será utilizada.

Coordenação e material necessário

O facilitador e sua equipe devem preparar, durante a fase prévia ao Workshop, o **material** de apoio necessário para a identificação dos Modos de Falha (formulários, questionários etc.), assim como definir a **agenda** do Workshop.

Para definir a agenda, é necessário conhecer a duração do Workshop, o que representa um fator essencial para alcançar bons resultados. Idealmente, um Workshop de Identificação de Modos de Falha deve **durar entre 2 e 3 dias**, seguindo uma agenda como a apresentada na Figura 7. Isso deve-se ao fato de que realizar o Workshop em um único dia tornaria muito difícil assimilar todas as informações e desenvolver corretamente os Modos de Falha.

Figura 6. Exemplo de agenda das sessões de identificação de Modos de Falha



DIA 1	
8:00	Introdução da metodologia do Workshop e os principais conceitos de risco, análise de risco qualitativa e Modos de falha.
10:00	 Intervalo
10:15	Revisão das informações existentes e das principais conclusões de estudos e auditorias realizados no passado.
12:00	 Almoço
13:30	Continuação da revisão de informações.

DIA 2	
8:00	Visita técnica a sites de interesse da infraestrutura.
12:00	 Almoço
14:00	Continuación de la visita técnica.

DIA 3	
8:00	Fase individual de identificação de Modos de Falha.
10:00	 Intervalo
10:15	Fase em grupo de identificação de Modos de Falha.
12:00	 Almoço
13:30	Classificação dos Modos de Falha identificados.
16:00	Recomendações propostas para reduzir o risco e a incerteza.

Capacitação prévia

Pode ser conveniente realizar capacitações prévias ao Workshop para **nivelar os conhecimentos sobre a dinâmica de trabalho** que os participantes já possuem, assim como fortalecer o interesse pela participação. Além disso, apresentar a dinâmica de trabalho permite reforçar a visão e a coesão do grupo antes de iniciar a atividade.

As sessões de capacitação para os Workshops de Identificação de Modos de Falha costumam ser gerais e ter uma **duração de três a quatro horas**, as quais podem, inclusive, ser realizadas imediatamente antes do início do Workshop. Da mesma forma, há formatos de capacitação que podem se estender por até 30 horas e ser realizados online ou presencialmente.

Essa capacitação prévia **pode ser ministrada pelo próprio facilitador**, para que se familiarize com os participantes antecipadamente, ou por um especialista em análise de riscos que conheça bem a metodologia a ser utilizada na sessão.

Escolher entre Workshops **online ou presenciais** apresenta vantagens e desvantagens semelhantes às mencionadas na Etapa 0: Ações prévias. Embora a opção presencial ofereça uma experiência mais completa e possa incluir visitas a infraestruturas, também é mais difícil que todos os atores disponham de tempo para participar tanto da capacitação quanto do Workshop em um curto espaço de tempo. Por outro lado, a opção online permite a conexão a partir de qualquer lugar, o que a torna mais flexível; no entanto, o interesse dos participantes e a proximidade entre eles diminuem, tornando o processo menos eficaz.

Nesse sentido, o BID dispõe de **cursos especializados** sobre análise de risco de desastres e mudança climática para infraestruturas, que podem ser muito úteis para capacitar os participantes e facilitadores desses Workshops.

A capacitação prévia dos participantes é muito útil para **agilizar o Workshop**, pois, ao conhecerem a metodologia, os participantes chegam com uma ideia clara do processo e conseguem se adiantar, o que resulta em sessões mais produtivas.

Os cursos oferecidos pelo BID estão disponíveis em duas modalidades:

- **SPOC** (*Small Private Online Course*), que deve ser coordenado com a equipe do BID.
- **MOOC** (*Massive Open Online Course*), de livre acesso através da plataforma edX com o título: **Análise de risco de desastres e mudança climática em projetos de infraestrutura**.
- **PDAS4** ([Padrão de Desempenho Ambiental e Social 4](#)), que fornece uma introdução à política de saúde e segurança comunitária nos projetos do BID, sendo a identificação, avaliação e gestão do risco uma parte fundamental.

Mais informações podem ser encontradas no site da Metodologia de Avaliação de Riscos de Desastres e Mudanças Climáticas.

Etapa 1: Introdução pelo facilitador

A **função** do facilitador será a de conduzir o **Workshop e moderar** as conversas em grupo. A pessoa responsável por essa função deve atender a determinadas características (ver seção 4.1) e possuir um perfil relacionado à tipologia da infraestrutura foco do Workshop.

A primeira tarefa do facilitador será **definir os objetivos do Workshop, apresentar a metodologia e explicar os principais conceitos de risco**, análise qualitativa de riscos e Modos de Falha. Esta etapa é fundamental caso não tenha sido realizada uma capacitação prévia para os participantes, pois oferece uma visão geral do processo, permite que pensem na Etapa seguinte e contribui para padronizar os conceitos e a terminologia entre todos os participantes. Por fim, durante a introdução, é importante destacar quais resultados se espera obter do Workshop e quais serão as próximas etapas.

Realizar o Workshop sabendo o que virá a seguir contribui para o engajamento dos participantes, pois lhes permite identificar os pontos críticos de cada etapa e que podem ser úteis para a seguinte, favorecendo uma compreensão geral do processo e dos resultados esperados de cada fase.

Além disso, uma vez apresentada a metodologia, recomenda-se abrir um espaço para que os **responsáveis pelo projeto** possam contextualizá-lo. Dessa forma, a sessão começa oferecendo a oportunidade para que os responsáveis expliquem seu projeto.

Na mesma linha, o facilitador deve criar um **ambiente descontraído**, em que se esqueçam os possíveis conflitos entre os atores, para que os participantes se concentrem em contribuir

com o Workshop. Esta tarefa não é simples, mas é um ponto-chave para o bom andamento do Workshop. Por exemplo, para evitar conflitos entre os responsáveis pela análise de riscos e os que executam o projeto, deve-se deixar claro em todo momento que a análise que está sendo realizada é para evitar falhas futuras. O objetivo é contribuir para identificar os potenciais eventos externos que possam impactar o projeto, causando mau funcionamento ou falhas.

Por fim, em qualquer processo de identificação de Modos de Falha, é necessário definir as características principais do sistema em função da infraestrutura que se deseja analisar e os resultados esperados do Workshop. Nesse sentido, esta etapa inclui a **gestão das expectativas** dos participantes, definindo as etapas do processo de Modos de Falha, já que, dependendo da infraestrutura que está sendo analisada, alguns casos específicos podem necessitar de uma etapa extra.



Aspectos-chave que o facilitador deve considerar para que o Workshop se desenvolva de forma eficaz.

- Apresentar a metodologia e os objetivos.
- Destacar as vantagens de realizar um Workshop de Identificação de Modos de Falha.
- Criar um ambiente descontraído entre os participantes.
- Dar voz aos responsáveis pelos projetos para que apresentem seus projetos.
- Envolver todos os integrantes do Workshop.
- Gerenciar as expectativas, explicando o tipo de resultados que serão obtidos por meio do Workshop e como podem ser úteis no futuro.

Etapa 2: Revisão das informações

A revisão e análise das informações existentes constitui a primeira Etapa para a identificação de Modos de Falha e **deve abranger todos os aspectos-chave** em matéria de gestão da segurança, começando pelos aspectos relacionados às fases de projeto e construção da infraestrutura, passando pela avaliação do sistema, funcionamento e estado atual da infraestrutura.

Esse processo não se limita a uma simples coleta de informações; **essas informações devem ser discutidas** em profundidade e confrontadas ao longo da primeira parte do Workshop, na qual os participantes podem complementar as informações apresentadas ou trazer clareza a temas com incertezas ou falta de especificidade. A coleta de informações deve ter sido realizada antes do Workshop, sendo o prazo mínimo para entrega da documentação para revisão de 2 a 3 semanas antes do evento.

O principal **objetivo** de realizar uma revisão completa das informações é obter uma **visão global** da infraestrutura (projeto, comportamento e estado atual) e de sua operação (contexto social, ambiental, operação e manutenção, por exemplo), mas, sobretudo, garantir que cada um dos presentes no Workshop tenha o mesmo nível de conhecimento técnico sobre a infraestrutura e possa realizar a identificação dos Modos de Falha com todas as informações disponíveis. Por essa segunda razão, é muito importante que as revisões sejam realizadas de forma ordenada e bem estruturada, seguindo uma lógica que permita consolidar os conhecimentos.

A revisão das informações é **realizada pelo facilitador e sua equipe** a partir dos documentos fornecidos pelos responsáveis pelo projeto. Isso significa que a colaboração para a troca de informações deve ser iniciada semanas antes da realização do Workshop; recomenda-se iniciar o processo com pelo menos um mês de antecedência, sendo o prazo para entrega da documentação aos consultores de 2 a 3 semanas antes do Workshop aos consultores para sua coleta e revisão de 2 a 3 semanas antes do Workshop.

Nota: O processo de coleta de informações é uma atividade chave que requer uma revisão detalhada dos dados e a elaboração da apresentação de apoio para esta parte do Workshop. Dependendo da complexidade do projeto, serão necessários pelo menos de dois a três dias para revisar todas as informações disponíveis e integrá-las na apresentação do Workshop.

A revisão das informações deve incluir os pontos-chave dos documentos, mas **não deve conter interpretações nem julgamentos** por parte do facilitador. Por isso, nas apresentações são incluídos trechos de textos relevantes escritos de forma literal, extraídos diretamente dos documentos analisados.

Para facilitar a rastreabilidade da origem de cada texto, dado ou informação apresentados, recomenda-se gerar um **código** que faça referência ao documento-fonte. Esse código pode conter de 3 a 4 letras identificativas e o ano de publicação; por exemplo, um estudo geotécnico do ano 2020 seria [GEOT-20].

Adicionalmente, essa revisão integral permite realizar uma primeira identificação de lacunas de informação e de estudos complementares potenciais, que serão definidos mais adiante no processo.

Do ponto de vista conceitual, os elementos que devem ser considerados para a análise de cada tipologia de infraestrutura derivam do conteúdo da revisão de informações. A seguir, são apresentados alguns aspectos-chave que devem ser considerados durante a revisão e três exemplos dos conteúdos mínimos que deveriam ser considerados de acordo com a tipologia de infraestrutura analisada.



Obras de proteção contra inundações

- Documentos revisados e código associado
- Descrição de área de estudo
- Análise da bacia hidrográfica e da precipitação
- Consideração do impacto da mudança climática
- Avaliação hidrológica e hidráulica
- Descrição das obras de proteção
- Impacto ambiental
- Impacto social e gestão de emergências



Barragens

- Documentos revisados e código associado
- Projeto e construção
- Estado de corpo de barragem e auscultação
- Situação geotécnica, geológica e sísmica
- Estabilidade estrutural e parâmetros de projeto
- Suficiência hidrológica
- Funcionamento hidráulico dos órgãos de descarga
- Consideração do impacto da mudança climática
- Estado de órgãos de drenagem e equipamentos
- Estado das centrais e condutos forçados
- Impacto ambiental
- Impacto social e gestão de emergências



Infraestrutura viária

- Documentos revisados e código associado
- Descrição das obras
- Identificação de ameaças naturais
- Consideração do impacto da mudança climática
- Situação geotécnica, geológica e sísmica
- Avaliação hidrológica e hidráulica
- Impacto ambiental
- Impacto social e gestão de emergências



Aspectos-chave a serem considerados durante a revisão das informações.

- Apresentar as informações de forma objetiva, evitando emitir opiniões sobre a qualidade das informações.
- Caso se identifique algum aspecto crítico durante a revisão, questioná-lo durante a sessão.
- Lembrar que os textos incluídos devem ser cópias literais dos documentos originais.
- Referenciar cada texto com seu respectivo código e incluir a lista no primeiro slide.
- Ter à mão os documentos revisados, caso seja necessário consultá-los.
- Confirmar os pontos abordados na revisão.
- Garantir que os participantes tenham ciência de todas as informações disponíveis.

Etapa 3: Visita técnica

Uma vez que as informações tenham sido revisadas por todo o grupo, recomenda-se, sempre que possível, realizar uma **inspeção** da infraestrutura e da área de estudo para verificar seu estado atual e identificar elementos para a caracterização dos Modos de Falha. Esta visita é particularmente recomendável quando estão sendo avaliadas infraestruturas existentes. É necessário realizar a visita de forma **conjunta** com todos os participantes do Workshop, para que se alcance uma compreensão dos possíveis processos de falha da infraestrutura, os efeitos de desastres, os riscos a que ela está exposta e os impactos potenciais decorrentes de sua implantação no território.

Ao longo da visita, devem ser observados os **pontos críticos** identificados durante a revisão das informações, bem como os aspectos que tenham gerado dúvidas, a fim de esclarecê-los. As principais constatações da visita técnica também devem ser incluídas no **Relatório do Workshop**, no qual são listados e avaliados os riscos identificados.

A **digitalização dos processos** também influenciou os Workshops de Modos de Falha e, embora seja possível realizar a visita técnica de forma online em certas infraestruturas, por meio de fotografias ou até mesmo sobrevoos com drones, há aspectos importantes que devem ser avaliados antes de optar por esses métodos. Esses aspectos estão relacionados à fase do projeto, ao tipo de infraestrutura e ao nível de detalhe da inspeção exigido. Nos anexos neste guia, esses elementos são abordados de acordo com o tipo de infraestrutura, definindo sua viabilidade e, quando aplicável, identificando as vantagens e desvantagens de realizar a visita técnica de forma online.

O **objetivo da visita técnica** é **inspecionar exaustivamente** todas as partes da infraestrutura, especialmente no caso de ser uma obra concreta como uma ponte ou uma barragem, dando atenção aos seus componentes críticos. Além disso, **deve-se obter uma visão global** da infraestrutura e da área de estudo no caso de intervenções extensas, como por exemplo, obras lineares de transporte ou obras de proteção contra inundações.

Da mesma forma, durante a visita, não se inspeciona apenas a infraestrutura principal, mas também devem ser visitadas as áreas próximas a ela, permitindo visualizar outras atividades econômicas presentes no território, os diversos usos da infraestrutura e sua relação com outros investimentos existentes, as potenciais consequências em caso de falha, assim como os pontos mais críticos diante de desastres. Por todos esses motivos, nem sempre é recomendável realizar uma visita técnica online, embora ela possa ser complementar; recomenda-se, primeiro, realizar uma visita com drones e, em seguida, uma visita em campo.

Figura 7. Fotos de visitas técnicas





Aspectos-chave das visitas técnicas

- Ter em mente os aspectos críticos identificados na etapa de revisão das informações.
- Observar e avaliar as potenciais ameaças geotécnicas e hidrológicas na área de estudo.
- Identificar aspectos sociais e ambientais, bem como as interações da infraestrutura com outros investimentos e atividades existentes.
- Observar os arredores da infraestrutura e identificar possíveis fatores desencadeadores de falhas.
- Avaliar visualmente as consequências que poderiam decorrer da falha da infraestrutura.
- Avaliar se é necessário realizar a visita de forma presencial ou online, por meio de fotos e voos de drones.



Etapa 4: Proposta individual de Modos de Falha

A primeira fase de identificação de Modos de Falha consiste em uma **proposta individual** feita por cada participante do Workshop sobre os possíveis Modos de Falha que podem ocorrer na infraestrutura e no sistema de gestão de risco de desastres.

Essa proposta é elaborada a partir de um modelo (Anexo 1), preparado especificamente para ser preenchido por cada participante. O formulário é distribuído aos integrantes do Workshop (em formato de caderno quando a sessão é presencial ou em formato digital quando é virtual), assim como são entregues as ferramentas de apoio que permitem realizar uma revisão exhaustiva dos diferentes Modos de Falha.

O objetivo de realizar essa primeira fase de forma individual é fomentar a participação de todos os envolvidos e captar diferentes percepções e conhecimentos técnicos, dando tempo para que cada um reflita sobre possíveis Modos de Falha, os fatores que os

motivam ou favorecem, e os que diminuem sua probabilidade, os efeitos dos desastres e suas consequências caso se concretizem.

Para cada Modo de Falha identificado, deve-se elaborar uma **descrição escrita e um croqui**. Essa identificação deve ser feita com tempo suficiente para permitir que todos os participantes descrevam todos os Modos de Falha que identificarem.

A descrição deve ser a mais clara e detalhada possível para que seja compreensível tanto para o autor da ficha quanto para as pessoas que irão sistematizá-la posteriormente. Portanto, deve descrever todo o processo de cada Modo de Falha, desde o evento inicial até o colapso da infraestrutura ou os possíveis impactos e efeitos que tal Modo de Falha pode gerar no entorno.

A descrição deve começar especificando o **cenário** de solicitação que desencadeia o Modo de Falha (hidrológico, sísmico, normal etc.). Os três cenários de solicitação mais comuns são:

- **Cenário Normal:** O que pode acontecer em um dia comum de operação?
- **Cenário Hidrológico:** O que pode acontecer quando ocorre uma cheia?
- **Cenário Sísmico:** O que pode acontecer quando ocorre um sismo?

Após definir o cenário de solicitação, deve-se detalhar todo o **processo** de falha, incluindo:

- Início, por exemplo: devido ao desgaste/envelhecimento da ponte, como consequência do mau estado de um dique, em razão de um sismo de magnitude suficiente etc.
- Desenvolvimento: Progressão Etapa a Etapa, por exemplo: presença de fissuras na encosta, que se encheram de água devido às fortes chuvas e, por conta da variação de temperatura entre o dia e a noite, a água Etapa do estado líquido para o sólido, alargando a fissura e provocando deslizamentos sobre a estrada.
- Ruptura: Por exemplo: rapidez da falha, descumprimento de especificações ou, no caso apresentado, inutilização da via de acesso.

Os Modos de Falha não se concentram apenas na falha estrutural da infraestrutura, mas também podem ter **enfoque social e ambiental**. Por exemplo, a falta de socialização com as comunidades a jusante de uma barragem, que podem ser afetadas pela regulação de vazões e devem estar cientes dos sistemas de alerta em caso de falha.

Também é importante enfatizar a necessidade dos participantes identificarem **fatores que aumentam ou diminuem o risco** do Modo de Falha que estão descrevendo na situação atual. Por exemplo, a existência de instabilidades na encosta pode ser um fator que aumente o risco para um Modo de Falha relacionado à queda de rochas sobre a via. Da mesma forma, os fatores também podem estar relacionados a outras infraestruturas, como o sistema de drenagem pluvial existente ou outra barragem que interaja com a infraestrutura em análise.

Nota: Esses fatores dizem respeito à situação atual, considerando o estado da infraestrutura ou a forma como o projeto foi concebido. As melhorias potenciais que possam contribuir para reduzir o risco serão analisadas nas fases seguintes do processo, mas não nesta fase.

A seguir, são apresentados dois exemplos do levantamento de dois Modos de Falha realizados por diferentes participantes de um Workshop sobre barragens.

Figura 8. Exemplos de caderno preenchido de Identificação de Modos de Falha

<p>Descripción</p> <p>En escenario hidrológico, por agotamiento de la capacidad de descarga de las obras de alivio, se genera un incremento del nivel del embalse produciéndose una descarga por el vertedero, mayor que la prevista en el diseño. Esto ocasiona una fuerte erosión y posterior destrucción del cuenco dissipador, avance de la erosión hacia aguas arriba, disminuyendo (hasta agotamiento) la resistencia al corte del cemento de la estructura (plena de desplazamiento), y en consecuencia el deslizamiento de un valle</p>	<p>Descripción</p> <p>Escenario No-1 - Nivel de embalse cubre de núcleo solera por filtración en contacto estructura de hormigón. Núcleo inicio de fisuras erosivo del núcleo - pérdida de material - Asentamiento y generación de brecha</p>								
<p>Esquema gráfico</p>	<p>Esquema gráfico</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="161 1104 464 1137">Factores que lo hacen más probable (a favor)</th> <th data-bbox="464 1104 778 1137">Factores que lo hacen menos probable (en contra)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="161 1137 464 1413"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Baja recurrencia de la crecida de proyecto (TR 1:250) 2. El resalto se produce fuerte del cuenco, con una cimentación erodible 3. Baja o nula capacidad de regulación del embalse </td> <td data-bbox="464 1137 778 1413"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bajo tiempo de exposición en esas condiciones después de operación. (Los crecidos del río van son muy empuntadas) </td> </tr> </tbody> </table>	Factores que lo hacen más probable (a favor)	Factores que lo hacen menos probable (en contra)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Baja recurrencia de la crecida de proyecto (TR 1:250) 2. El resalto se produce fuerte del cuenco, con una cimentación erodible 3. Baja o nula capacidad de regulación del embalse 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajo tiempo de exposición en esas condiciones después de operación. (Los crecidos del río van son muy empuntadas) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="799 1104 1102 1137">Factores que lo hacen más probable (a favor)</th> <th data-bbox="1102 1104 1433 1137">Factores que lo hacen menos probable (en contra)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="799 1137 1102 1413"> <p>Contacto Núcleo - Hormigón Se genera Vía preferencial de flujo No se conoce el tratamiento del contacto podría ser a favor o en contra</p> </td> <td data-bbox="1102 1137 1433 1413"> <p>Detección filtración en tiempo en el embalse no se genera alto mucho tiempo → difícil de que se genere al pasar la variación cerca del contacto podría detectar variación</p> </td> </tr> </tbody> </table>	Factores que lo hacen más probable (a favor)	Factores que lo hacen menos probable (en contra)	<p>Contacto Núcleo - Hormigón Se genera Vía preferencial de flujo No se conoce el tratamiento del contacto podría ser a favor o en contra</p>	<p>Detección filtración en tiempo en el embalse no se genera alto mucho tiempo → difícil de que se genere al pasar la variación cerca del contacto podría detectar variación</p>
Factores que lo hacen más probable (a favor)	Factores que lo hacen menos probable (en contra)								
<ol style="list-style-type: none"> 1. Baja recurrencia de la crecida de proyecto (TR 1:250) 2. El resalto se produce fuerte del cuenco, con una cimentación erodible 3. Baja o nula capacidad de regulación del embalse 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajo tiempo de exposición en esas condiciones después de operación. (Los crecidos del río van son muy empuntadas) 								
Factores que lo hacen más probable (a favor)	Factores que lo hacen menos probable (en contra)								
<p>Contacto Núcleo - Hormigón Se genera Vía preferencial de flujo No se conoce el tratamiento del contacto podría ser a favor o en contra</p>	<p>Detección filtración en tiempo en el embalse no se genera alto mucho tiempo → difícil de que se genere al pasar la variación cerca del contacto podría detectar variación</p>								

No Anexo 1 deste documento apresentam-se os modelos de **formulários** a serem utilizados nas sessões de identificação individual de Modos de Falha, tanto no formato presencial quanto no formato online. Esses formulários devem ser preenchidos pelos participantes, nos quais podem registrar todos os Modos de Falha que considerarem pertinentes, no período destinado a essa atividade (geralmente cerca de 30 minutos)

Exemplo de identificação de um Modo de Falha por *Transbordamento de diques e inundação*.

“Em cenário hidrológico, ocorrem chuvas de alta intensidade ou tempestades na bacia do rio. Essas precipitações provocam uma cheia de grande magnitude, ocasionando a elevação do nível da água no leito, seu transbordamento e o posterior galgamento do sistema de diques de proteção. A passagem contínua do fluxo sobre os diques gera um fenômeno de erosão no corpo, resultando na falha dos diques e consequente aumento dos níveis de inundação nas comunidades vizinhas, gerando maiores consequências econômicas e sociais.”

Figura 9. Exemplo de esquema de Modo de Falha por transbordamento de diques e inundação.

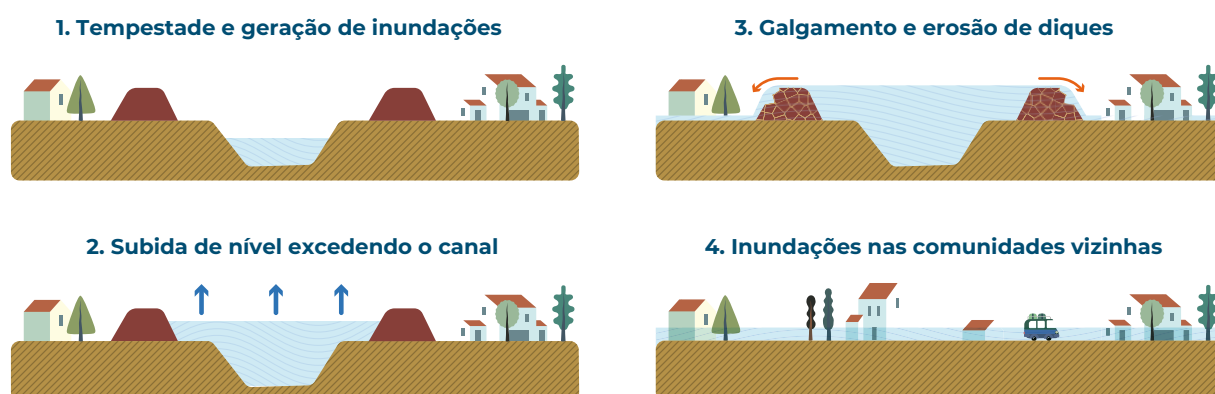


Tabla 1. Exemplo de fatores que o tornam mais e menos provável

Fatores que aumentam o risco	Fatores que diminuem o risco
<ul style="list-style-type: none"> • Governança ineficaz da bacia e falta de planejamento na gestão de recursos hídricos. • Diques debilitados por ações antrópicas (cultivos, tráfego de veículos, construções permanentes, áreas de pastagem...). • Sistema de contenção irregular, com descontinuidades e desalinhamentos em relação aos cursos d'água. • Falta de manutenção e vigilância de diques. • Sedimentação contínua e progressiva em canais e valas. • Se tiver registrado erosões no pé de dique. • Falta de manutenção das margens do rio. • Desmatamento na parte alta das bacias hidrográficas. • Insuficiência de recursos financeiros para manutenção de cursos d'água e aterros. • Dificuldades de coordenação e comunicação entre diferentes órgãos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Histórico geral de operação do sistema hidráulico adequado, com exceção dos principais eventos críticos registrados. • Diques projetados de acordo com os regulamentos de construção (existência do Regulamento de Diques). • Existência da Lei da Água que limita as zonas de inundação. • Existência de um sistema de alerta antecipado. • Estações já instaladas que permitem o monitoramento de eventos. • Realização de inspeções como parte de projetos de emergência. • Regularização do licenciamento ambiental pelo Sistema Nacional de Avaliação de Impacto Ambiental. • Melhorar gerenciamento contínuo de riscos desde o último furacão na área.



Aspectos-chave para a fase individual de identificação de Modos de Falha

› Recomendações para o facilitador:

- Apresentar exemplos variados e mantê-los visíveis na tela enquanto os participantes respondem.
- Lembrar aos participantes que podem ocorrer Modos de Falha não relacionados à infraestrutura física, mas sim à operação, manutenção ou aos sistemas de alerta antecipados.
- Convidar os participantes a desenhar esquemas explicativos.
- Explicar e fornecer um exemplo de como identificar os fatores que aumentam ou reduzem o risco.
- Ressaltar que os fatores devem ser identificados para a situação atual.
- Dar tempo suficiente para reflexão, sem pressionar os participantes – no mínimo 30 minutos.
- Se a sessão for virtual, gerar códigos QR para facilitar o acesso ao formulário.

› Dicas para os participantes:

- Não há limite para o número de Modos de Falha que cada pessoa pode identificar.
- Não há problema se o participante identificar apenas um ou dois Modos de Falha.
- A definição deve ser precisa e lógica.
- Desenhar esquemas explicativos – não importa a habilidade para desenhar, o esquema é parte importante da definição do Modo de Falha e ajuda a entender seu processo.
- Mencionar fatores que aumentam e que reduzem a probabilidade de ocorrência da falha.

Etapa 5: Discussão em grupo dos Modos de Falha

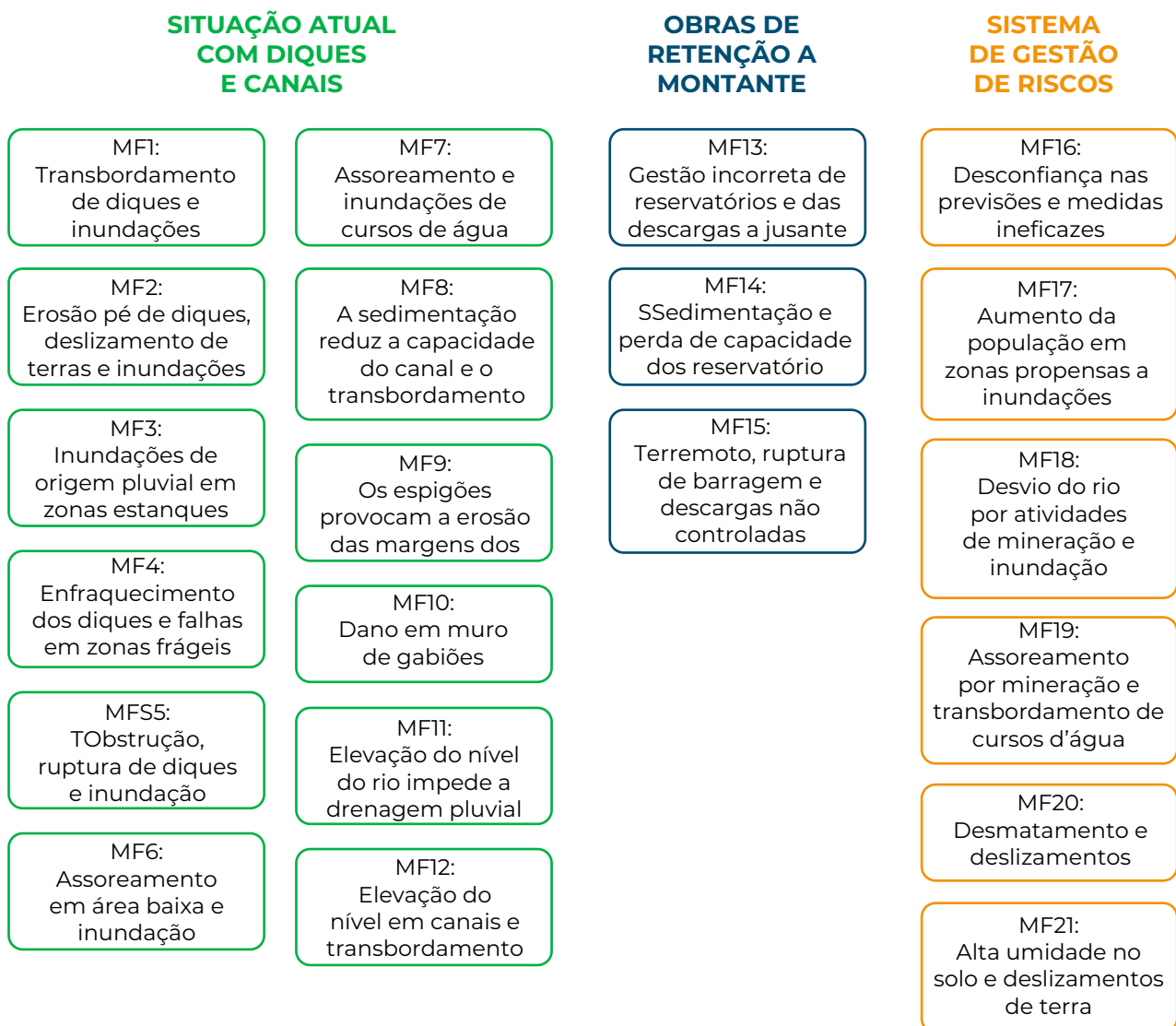
Uma vez finalizada a identificação individual dos Modos de Falha, todos os formulários preenchidos pelos participantes são coletados e rapidamente revisados pelo facilitador e sua equipe. Esse processo geralmente ocorre durante uma pausa longa ou no final da sessão, se a discussão em grupo estiver programada para o dia seguinte.

O objetivo da discussão em grupo é que os participantes compartilhem os Modos de Falha identificados na fase individual e os combinem em grupo. Essa fase visa eliminar redundâncias e chegar a uma lista consolidada de **Modos de Falha em grupo**. A sessão é coordenada pelo facilitador em uma ou mais reuniões de trabalho, com tempo suficiente para analisar detalhadamente cada possível Modo de Falha.

Nem todos os Modos de Falha individuais precisam ser revisados em grupo. Em vez disso, os participantes devem apresentar os Modos de Falha que identificaram para trabalhá-los em conjunto e complementá-los. Isso permite criar uma lista abrangente que incorpora todos os Modos de Falha propostos individualmente. Graças à revisão prévia feita pelo facilitador e sua equipe, caso algum Modo de Falha não seja mencionado espontaneamente, o facilitador poderá incluí-lo na discussão para garantir sua consideração.

Para facilitar a elaboração de produtos futuros (como o relatório dos Modos de Falha), recomenda-se que o facilitador organize o debate **agrupando os Modos de Falha por evento desencadeante ou tipo de solicitação** (hidrológica, estrutural etc.). Por exemplo, pode iniciar a discussão pedindo que os participantes proponham Modos de Falha relacionados a um cenário específico, como um evento hidrológico (chuvas intensas, cheias etc). Caso a infraestrutura analisada funcione como parte de um sistema, o ideal é agrupar os Modos de Falha de acordo com os elementos do sistema suscetíveis a falhas.

Figura 10. Resumo dos Modos de Falha identificados para obras de proteção contra inundações



Nesta etapa do processo, **não se descartam** os Modos de Falha considerados menos prováveis, pois é sempre recomendável documentar todos os modos identificados e revisá-los em futuras atualizações da Avaliação de Riscos. Em qualquer caso, os Modos de Falha são posteriormente classificados (como detalhado na Etapa 6) para decidir se justificam ações de redução de risco, bem como definir sua urgência ou se requerem uma análise mais detalhada.

Uma vez identificados os Modos de Falha, discutem-se os fatores que afetam sua probabilidade e consequências, comumente chamados de **fatores que “aumentam” ou “diminuem” o risco**. Esta discussão em grupo é fundamental para a posterior classificação dos Modos de Falha (Etapa 6). Além disso, esses fatores são essenciais para estimar a probabilidade de ocorrência dos Modos de Falha dentro da análise de risco quantitativa (Etapa 5 da metodologia do BID). Os fatores que aumentam ou diminuem o risco descrevem todos os aspectos reconhecidos do sistema de infraestrutura que poderiam tornar mais (ou menos) provável a ocorrência de um determinado Modo de Falha. Também se podem definir os fatores que poderiam aumentar (ou diminuir) as consequências se o Modo de Falha ocorrer.

Um dos **erros mais comuns** nos Workshops é que os participantes tentam propor soluções para evitar o Modo de Falha nesta fase. Portanto, o facilitador deve lembrar o objetivo desta etapa e enfatizar que as recomendações e medidas serão discutidas posteriormente, na Etapa 7: Proposta de Recomendações e Medidas de Redução de Risco.



EXEMPLO

O objetivo deste Workshop era identificar os **potenciais Modos de Falha de uma ponte**, a qual foi projetada para substituir uma passarela submersível que impedia um acesso contínuo.

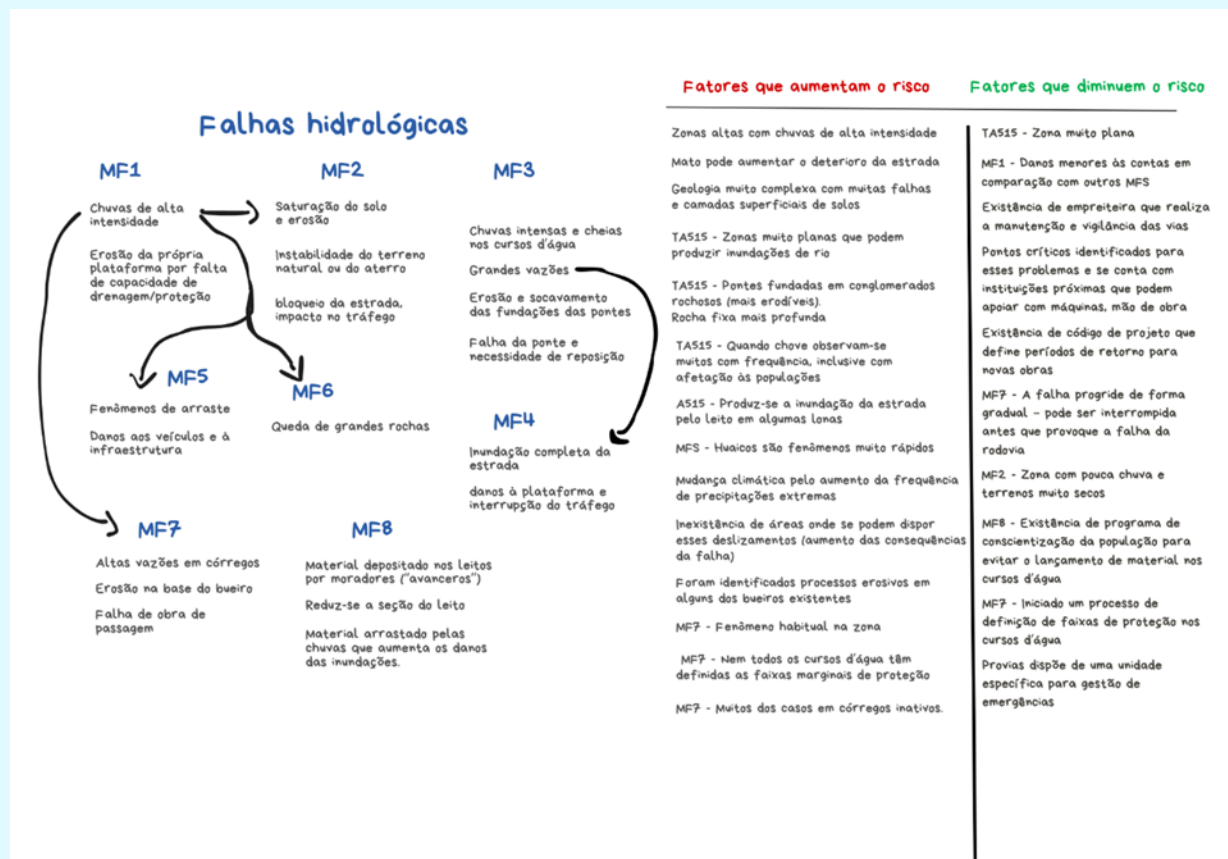
Após a fase de identificação individual dos Modos de Falha, **procede-se à consolidação dos MF identificados**. Para isso, o facilitador solicita aos participantes que apresentem os seus Modos de Falha. É recomendável que o facilitador organize o debate por cenários de solicitação. Essa dinâmica pode ocorrer por iniciativa dos participantes ou o facilitador pode ir chamando os participantes para “quebrar o gelo” e incentivá-los a apresentar algum dos Modos de Falha que identificaram.

Quando os participantes definem os Modos de Falha de um cenário de solicitação (incluindo todo o processo: solicitação que provoca o início do Modo de Falha, como ele se desenvolve e finalmente a falha), o facilitador e os demais participantes devem identificar os **fatores que aumentam ou diminuem o risco** desse MF antes de passar para o próximo cenário de solicitação.

Dessa forma, os Modos de Falha identificados individualmente são discutidos em grupo e as redundâncias são eliminadas. Para este processo, o facilitador pode **utilizar um quadro** (físico ou digital) como o que é mostrado na Figura 11.

Neste processo, é **importante que a grande maioria dos integrantes do grupo participe**, para garantir que nenhum potencial Modo de Falha fique sem ser identificado. No entanto, caso a dinâmica do grupo não seja participativa, o facilitador deve recorrer aos formulários individuais para garantir que os participantes apresentem os Modos de Falha que identificaram. Além disso, o facilitador deve ter esses formulários em mente mesmo que o grupo seja participativo, já que todos os potenciais Modos de Falha devem ser debatidos na sessão para que possam ser posteriormente incluídos no relatório. Isso não significa que devam ser apresentados um a um, mas sim que todos os Modos de Falha levantados na fase individual devem emergir na discussão em grupo.

Figura 11. Exemplo de quadro virtual de um Workshop de estradas



Para este caso concreto da ponte, foram obtidos um total de 6 Modos de Falha:

MF1:
Nível elevado do leito. Falha e ruptura do tabuleiro.

MF4:
Redução da capacidade hidráulica por arrastos. Ruptura da ponte.

MF2:
Nível elevado do leito. Falha ao cisalhamento dos pilares

MF5:
Material na bacia gerado por incêndios. Ruptura da ponte

MF3:
Nível elevado do leito. Erosão na união tabuleiro-aterro pelos encontros

MF6:
Nível elevado do leito. Arraste de veículos

Finalmente, após o Workshop, o facilitador desenvolverá uma ficha explicativa de cada um dos Modos de Falha, as quais farão parte do relatório de Modos de Falha. A seguir, apresenta-se um exemplo de ficha:

MF1: Nível elevado do leito, falha e ruptura do tabuleiro:

Descrição

Em cenário hidrológico, ocorre uma grande cheia pelo rio, conseqüentemente, uma elevação do nível do leito na área próxima à ponte, podendo provocar o seu galgamento e, posteriormente, o deslizamento ou ruptura do tabuleiro da ponte devido ao elevado empuxo hidrostático

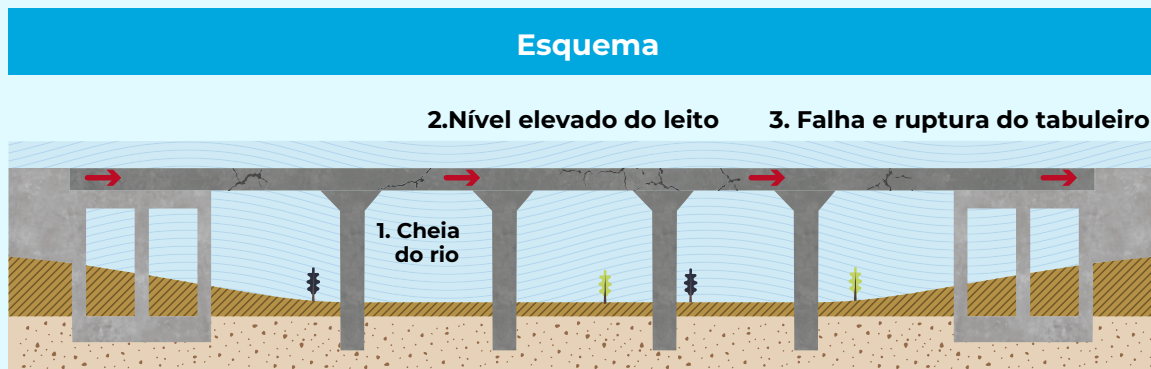


Figura 12. Exemplo de ficha de Modo de Falha completa após as contribuições da sessão em grupo

Fatores que aumentam o risco	Fatores que diminuem o risco
<ul style="list-style-type: none"> • Alta frequência de chuvas e inundações frequentes na região (eventos passados). • Observou-se que, em casos de vazão elevada no rio, a capacidade de escoamento do riacho diminuiu. • Os efeitos das mudanças climáticas podem aumentar a frequência de eventos extremos. • Não utilização de dados pluviométricos e de medições de vazão na bacia para estudos hidrológicos mais detalhados. • Incerteza sobre os estudos hidrológicos/hidráulicos e a relação real entre os níveis na ponte e os períodos de retorno. • A influência do rio sobre o riacho não foi considerada no projeto. • Existência de uma barragem a montante que pode gerar grandes descargas/vazões e vertimentos. • Tempo de chegada da chuva em torno de 6 horas. • Medição de chuva não automática e dependente do fator humano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vigas monolíticas vinculadas ao tabuleiro que conferem maior rigidez e dificultam sua ruptura. • Estrutura projetada para permanecer submersa. • O empuxo dos arrastos foi considerado no cálculo estrutural. • As descargas da barragem a montante estão reguladas há 2 anos. • Fundação em rocha, o que evita problemas significativos de erosão. • 95% da bacia está protegida, o que reduzirá sua degradação no futuro. • Plano de manejo ambiental implementado que especifica os usos e limitações do solo. • Trânsito contínuo de pessoal sobre a ponte, permitindo a detecção de erosões ou rachaduras. • Equipe dedicada à vigilância e inspeção das vias. • Existência de pluviômetro para tomada de decisões sobre a bacia. Comunicação diária de dados para possibilitar o fechamento da ponte (único acesso) • Comunicação constante. • A infraestrutura atual é tecnologicamente superior à ponte anterior. • Grande experiência com esse tipo de passarelas submersíveis. • Possibilidade de repor a ponte em poucos dias, evitando grandes consequências por perda de acesso.

Etapa 6: Classificação dos Modos de Falha

A **classificação dos Modos de Falha** é realizada com base na probabilidade de ocorrência e nas consequências associadas. Essa classificação pode ser feita por meio de diferentes metodologias e tem como objetivo identificar a necessidade de realizar ações imediatas, de médio ou de longo prazo. Além disso, a classificação também permite avaliar a incerteza associada ao Modo de Falha e a necessidade ou não de realizar uma análise mais detalhada (análise quantitativa do risco – ver seção 7).

Recomenda-se realizar a classificação atribuindo uma categoria à probabilidade de ocorrência (vinculada a um valor aproximado de probabilidade de ocorrência) e uma categoria às consequências da falha (vinculada a um valor de consequências da falha da infraestrutura).

Para todas as categorias (probabilidade de ocorrência, consequências e incerteza), deve-se fazer uma **atribuição individual**. Ou seja, cada participante deve classificar os Modos de Falha de forma individual, por meio de formulários online como os apresentados no Anexo 2, procedimento semelhante ao utilizado na etapa de identificação dos Modos de Falha.

No momento de atribuir uma categoria de probabilidade de ocorrência, o participante deve considerar tanto a probabilidade da condição de solicitação quanto a probabilidade de ocorrência do colapso dada a condição de solicitação. Por exemplo, para cenários de operação normal, a probabilidade de ocorrência da solicitação associada é alta. No entanto, para cheias ou sismos, a probabilidade de ocorrência da solicitação associada pode ser muito baixa, por se tratarem de eventos extraordinários.

Na categoria de consequências, deve-se considerar o nível de impacto da ruptura da infraestrutura, tanto do ponto de vista social quanto ambiental e econômico.

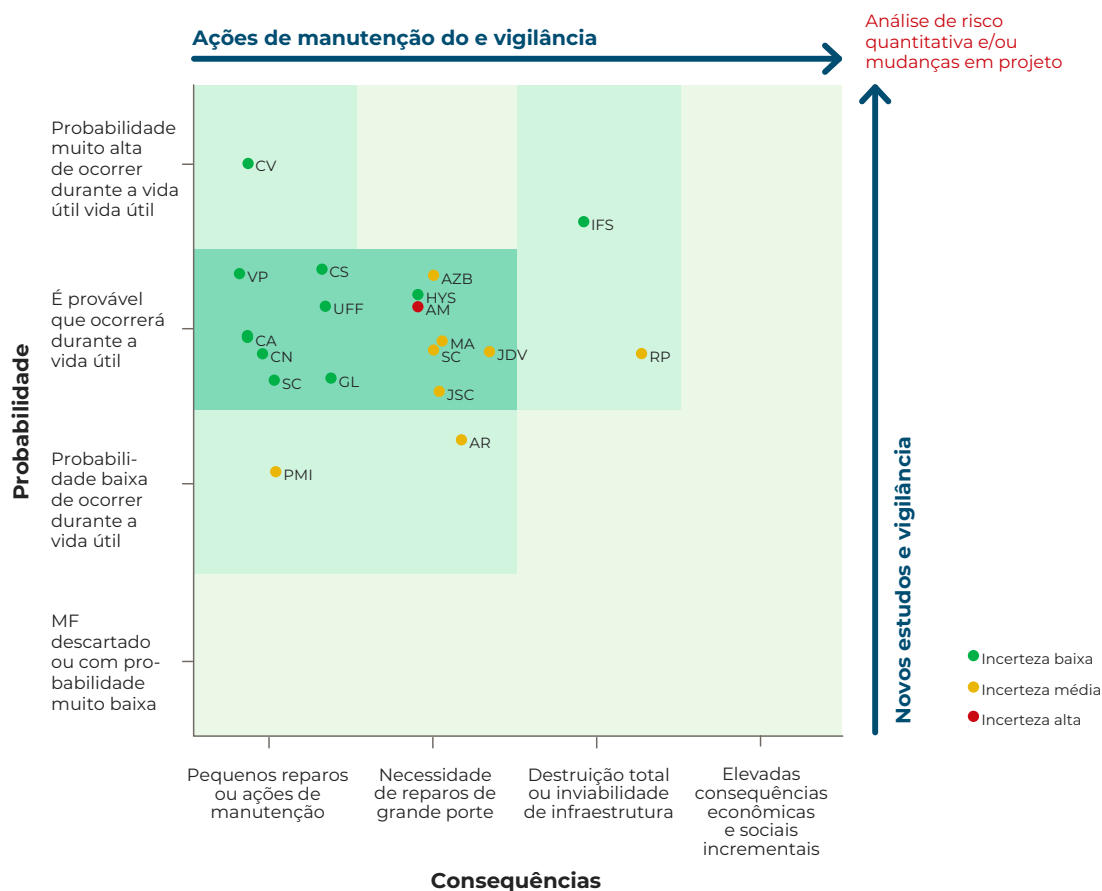
Nota: O participante também atribuirá uma incerteza associada às respostas que forneceu na categorização de cada Modo de Falha, com base na quantidade e qualidade das informações que permitiram (ou dificultaram) a atribuição de uma determinada categoria.

Os resultados são representados graficamente em uma **Matriz de Risco qualitativa**, como a mostrada na Figura 13. Cada ponto do gráfico representa a combinação da probabilidade de ocorrência e das consequências atribuídas por cada participante, e a cor do ponto representa o grau de incerteza associado a essa resposta. Esse gráfico é gerado pelo facilitador e/ou sua equipe após a conclusão da fase individual.

Como se pode observar na Figura 13, a atribuição individual está sujeita à incerteza e pode apresentar uma dispersão na classificação. Por isso, após a fase individual, ocorre uma **fase de classificação em grupo**, na qual o processo de classificação é repetido com base nos resultados individuais e em formato de debate, com o objetivo de se chegar a uma classificação consensual (consultar exemplo para mais detalhes). Nessa fase em grupo, o facilitador deve trazer à discussão os pontos mais dispersos para verificar o motivo das diferenças de opinião no grupo. Por esse motivo, o gráfico identifica, por meio das iniciais dos participantes, a quem pertence cada resposta.

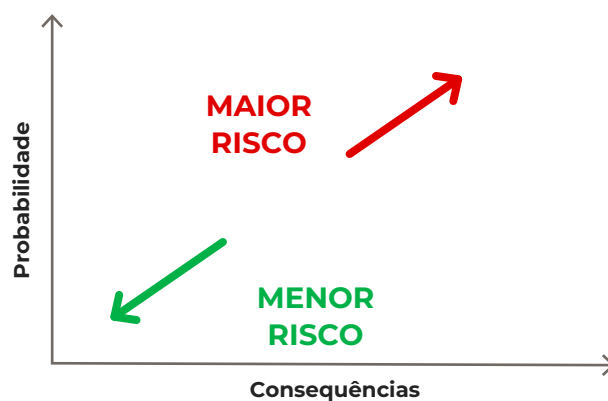
Figura 13. Classificação individual de um Modo de Falha de uma ponte

MF3. Nível elevado do leito. Erosão na união tabuleiro-aterro pelos encontros



Uma vez atribuída a classificação de consenso a cada Modo de Falha, ela é inserida no **gráfico resumo** mostrado na Figura 16, onde é possível identificar facilmente os Modos de Falha associados a um Risco Alto (mais próximos do canto superior direito, ver Figura 14). Esses Modos de Falha, por apresentarem risco elevado, têm maior justificativa para a adoção de medidas de redução de risco e estarão entre os primeiros no plano de ação, caso seja realizada uma priorização baseada na redução do risco.

Figura 14. Esquema gráfico de classificação



Como exemplo, apresenta-se uma **proposta para a classificação** dos Modos de Falha com base na experiência adquirida nos diversos Workshops realizados. Essa classificação pode ser adaptada conforme o tipo de infraestrutura, caso se considere necessário. Nos documentos de apoio deste guia, são apresentados alguns exemplos de procedimentos de classificação específicos para outros tipos de infraestruturas.

Como método geral, recomendam-se as seguintes **categorias de probabilidade de ocorrência**:

- **Nível P1:** MF descartado ou com probabilidade muito remota.
- **Nível P2:** Baixa probabilidade de ocorrer durante a vida útil.
- **Nível P3:** É provável que ocorra durante a vida útil.
- **Nível P4:** Probabilidade muito alta de ocorrer durante a vida útil.

Para atribuir a categoria de probabilidade de ocorrência, devem-se considerar os fatores que afetam essa probabilidade identificados durante o Workshop.

O outro componente do risco é a magnitude da consequência que poderia ser produzida por cada Modo de Falha. Nesse sentido, propõem-se as seguintes categorias **para definir as consequências**:

- **Nível C1:** Pequena reparação ou ações de manutenção.
- **Nível C2:** Necessidade de reparo de grande porte.
- **Nível C3:** Destruição ou colapso total, ou inviabilidade da infraestrutura.
- **Nível C4:** Elevadas consequências econômicas e sociais adicionais provocadas pela falha da infraestrutura.

Durante as sessões, deve-se discutir o efeito de cada um dos Modos de Falha. Por exemplo, a falha de uma obra de proteção contra inundações pode não ter grande impacto na perda de vidas se não houver pessoas expostas (atualmente ou em uma projeção futura), mas pode ter um impacto econômico muito elevado caso inunde campos agrícolas ou fazendas que façam parte da base econômica da região.

Por fim, com base nas informações disponíveis, os participantes classificarão a **incerteza** associada às avaliações que realizaram para cada Modo de Falha:

- **Nível I1:** Incerteza baixa. Para esse Modo de Falha, o participante respondeu às perguntas sobre probabilidade de ocorrência e consequências com segurança e com base em informações disponíveis (consideradas suficientes em quantidade e qualidade pelo grupo de trabalho).
- **Nível I2:** Incerteza média. Para esse Modo de Falha, o participante respondeu às perguntas com mais ou menos segurança e/ou com base em informações limitadas.
- **Nível I3:** Incerteza alta. Para esse Modo de Falha, o participante respondeu às perguntas sem segurança e/ou não havia informações suficientes disponíveis.

Avaliar a **incerteza** é fundamental no processo, pois alguns Modos de Falha podem derivar da falta de estudos ou do baixo nível de detalhamento dos mesmos. Nesses casos, detectar essa carência pode ajudar a reduzir a incerteza e a obter uma análise de riscos mais detalhada.

A classificação é, portanto, a base para formular recomendações e medidas de redução de riscos, além de permitir o agrupamento dos Modos de Falha de acordo com as ações a serem tomadas:

- Grupo I: Modos de Falha que exigem uma **alteração no projeto ou uma análise quantitativa de riscos** para definir medidas de mitigação.
- Grupo II: Modos de Falha que requerem **medidas de menor porte a curto-médio prazo** e posterior monitoramento.
- Grupo III: Modos de Falha que necessitam de **estudos ou investigações adicionais**.
- Grupo IV: Modos de Falha que não necessitam de medidas imediatas, **mas sim de acompanhamento posterior**

É importante destacar que as categorias de probabilidade de ocorrência, para definir as consequências e a incerteza mencionadas anteriormente, são um exemplo geral. Portanto, cada categoria deverá ser adaptada a cada infraestrutura.

Por outro lado, da classificação também deriva a seleção dos Modos de Falha que, em uma etapa posterior (**Etapa 5 da metodologia do BID**), poderão ser incluídos na análise quantitativa de riscos. Com base na classificação obtida, são selecionados os Modos de Falha que serão incorporados na análise quantitativa, sendo os que apresentarem probabilidade de ocorrência ou consequências significativas os que poderão avançar para essa fase (ver Seção 7 para mais detalhes sobre esse processo).

Por fim, pode-se concluir que a **classificação constitui a base para:**

- Identificar os Modos de Falha que requerem análise quantitativa de riscos.
- Detectar necessidades de estudos e investigações adicionais.
- Propor ações de redução de riscos.
- Priorizar ações e desenvolver um plano de gerenciamento com base nesses resultados.

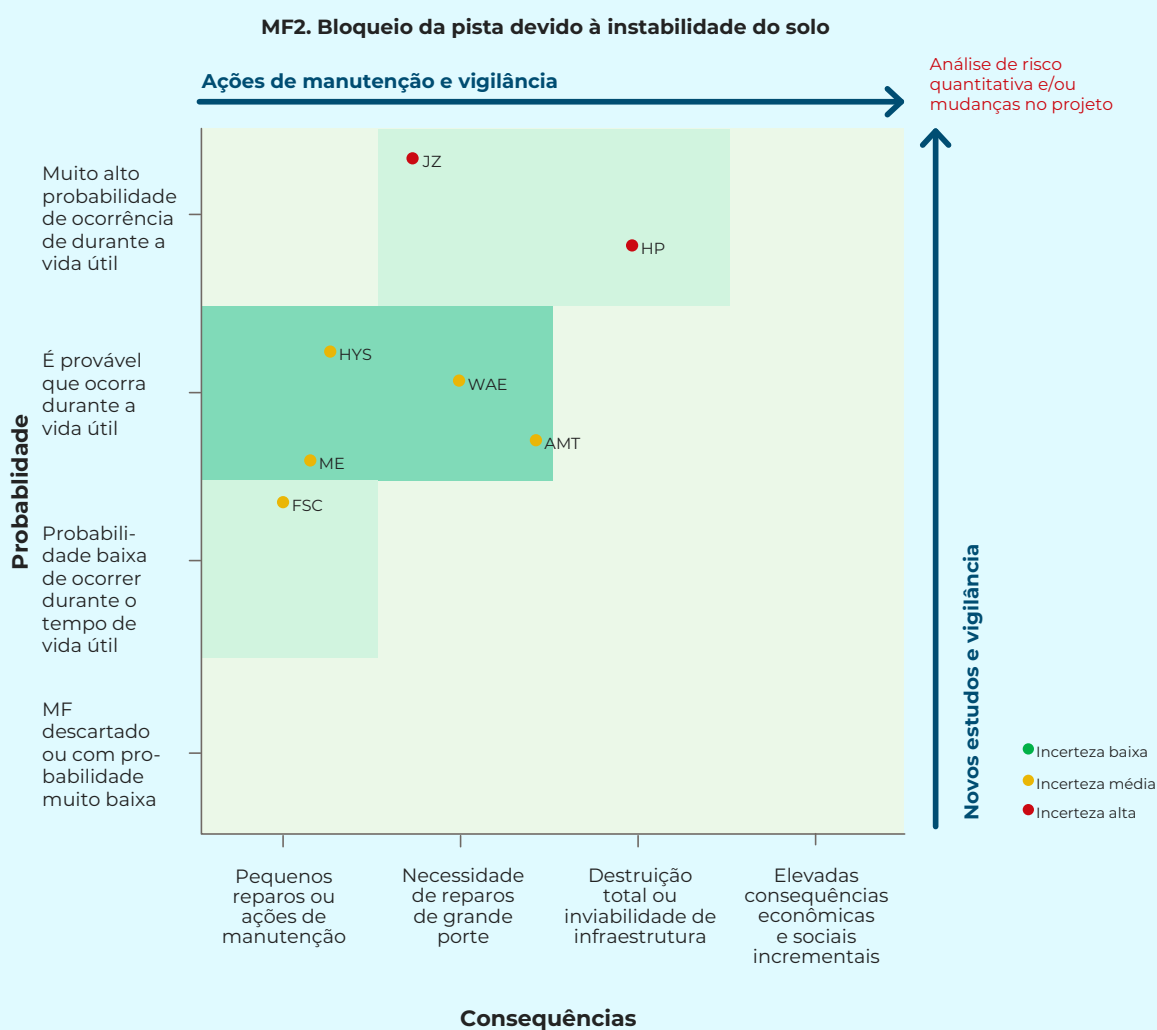


EXEMPLO DE CLASSIFICAÇÃO DE MODOS DE FALHA

A seguir, apresenta-se o gráfico obtido da classificação individual do Modo de Falha “Fechamento da via por instabilidade do terreno”, que se refere ao deslizamento de uma encosta sobre uma estrada.

Os participantes avaliaram o Modo de Falha com base em sua probabilidade de ocorrência e nas consequências associadas, conforme explicado anteriormente nesta seção. O resultado obtido é o gráfico resumo que vemos a seguir:

Figura 15. Classificação individual de um Modo de Falha de uma estrada

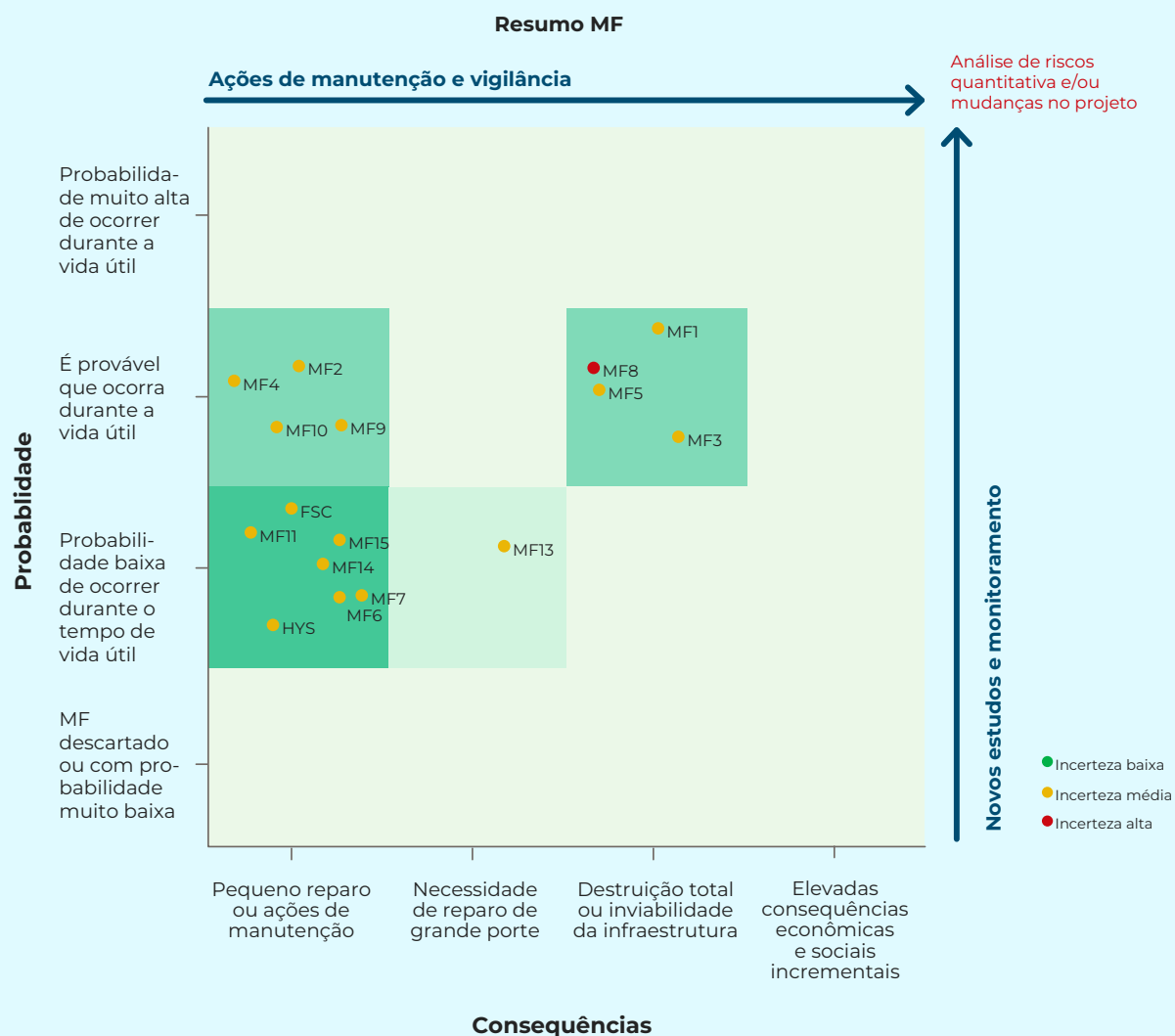


Cada ponto do gráfico representa a classificação de um participante (indicado por suas iniciais), e a cor representa o grau de incerteza associado a essa resposta. Neste caso, 5 participantes classificaram o Modo de Falha com um nível médio de incerteza e 2 com nível alto.

O centro de gravidade de todos os pontos serve como referência para definir a classificação do grupo. Ainda assim, é importante perguntar aos participantes que tenham feito uma classificação muito diferente dos demais, para que tenham a oportunidade de expor ao grupo suas razões e se chegue a um consenso.

Uma vez atribuída a classificação de acordo com cada Modo de Falha em cada uma das categorias, ela é inserida no gráfico mostrado na Figura 16.

Figura 16. Exemplo de classificação de Modos de Falha após a revisão no grupo



Para este caso concreto, a classificação dos MF conclui que a combinação entre probabilidade e consequências gera um nível de risco que pode ser gerido até níveis toleráveis, desde que sejam seguidas as recomendações (as quais são explicadas na Etapa 7: Proposta de recomendações e medidas de redução de risco). Portanto, com base no resultado da classificação dos MF, não seria necessária uma avaliação quantitativa detalhada do risco (Fase 5 da metodologia do BID), sendo as recomendações mais focadas na realização de estudos que permitam reduzir a incerteza existente.

Etapa 7: Proposta de recomendações e medidas de redução de risco

Neste ponto, define-se a última fase do Workshop de Identificação de Modos de Falha, na qual se inclui a **proposta de medidas** que permitam reduzir o risco associado aos Modos de Falha identificados, bem como a definição de ações de melhoria da manutenção e inspeção ou a **proposição de novos estudos** que possibilitem reduzir a incerteza existente e melhorar o conhecimento do sistema.

Nesta etapa, portanto, os participantes devem propor ações ou novos estudos que solucionem os problemas identificados ao longo da sessão. Para isso, podem se apoiar nos fatores que aumentam os riscos dos Modos de Falha, pois as recomendações geralmente estão associadas

à sua prevenção, redução ou mitigação e, por fim, ao seu monitoramento e gerenciamento.

Durante a sessão, não é necessário seguir uma ordem específica ao elaborar as recomendações, mas o facilitador deve garantir que sejam propostas medidas para todas as problemáticas identificadas.

Em geral, as recomendações podem ser agrupadas posteriormente de diversas formas, cabendo ao facilitador e à sua equipe escolher a que melhor se adapta ao seu workshop. Uma opção é agrupá-las conforme a fase do projeto à qual se referem (projeto, construção, operação ou gestão); outra opção é agrupá-las segundo seus objetivos (melhoria das ações frente a emergências, aprimoramento do sistema de monitoramento e vigilância, melhorias estruturais etc.); ou ainda de acordo com a categoria de risco à qual estão direcionadas (redução da probabilidade de ocorrência, redução das consequências ou redução da incerteza – o que geralmente corresponde a estudos e investigações).

Além disso, ao definir as recomendações, é aconselhável indicar em que **prazo** elas devem ser aplicadas (curto/médio/longo). Dessa forma, podem ser consideradas no momento de desenvolver o Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres após o Workshop (ver Etapa final).

Existem certas medidas que devem ser consideradas conforme o nível de risco (baixo, médio ou alto) do Modo de Falha.

- Para os **Modos de Falha com risco médio e baixo**, devem ser consideradas ações voltadas à redução da incerteza e ao aprimoramento do monitoramento desses Modos de Falha, além de outras medidas identificadas durante o Workshop. Nessas situações, as medidas priorizarão estudos de investigação para reduzir a incerteza e ações de monitoramento que melhorem o conhecimento global da infraestrutura e das ameaças naturais às quais ela esteja exposta, como a instalação de nova instrumentação.
- Para os **Modos de Falha com risco médio e alto**, as recomendações devem se concentrar no fortalecimento dos procedimentos de resposta a emergências e do monitoramento, bem como na redução do risco no curto prazo por meio de alterações de projeto, quando necessário.

Nota: Con el fin de evaluar la reducción del riesgo, puede ser recomendable realizar una definición de acciones a partir de un análisis de riesgos cuantitativo. Como queda detallado en el apartado 7, el análisis de riesgos cuantitativo está recomendado para Modos de Fallo con un riesgo alto y/o medio-alto. Este análisis permite obtener resultados cuantitativos del riesgo a partir de los cuales, aplicándoles las medidas propuestas, se puede obtener un orden de aplicación de acciones según el criterio de priorización escogido (reducción del riesgo social, reducción del riesgo económico, etc.). Este orden identificará el camino más rápido para alcanzar el objetivo según el criterio de priorización.

Pode-se concluir que as seguintes **recomendações** devem estar presentes nos Workshops, devendo, é claro, ser adaptadas ao caso concreto que estiver sendo tratado.

Projetos de novas infraestruturas:

- Recomendações para reduzir o risco do Modo de Falha, como por exemplo incluir um sistema de monitoramento, adicionar novas proteções ou realizar alterações no projeto da infraestrutura.

- Recomendações para reduzir as consequências, por exemplo, aplicação de um correto planejamento territorial após a construção da infraestrutura, elaboração de um plano de manutenção, planejamento da gestão de emergências que ocorrerá durante a fase de operação da infraestrutura, entre outros.
- Recomendações para reduzir a incerteza, como por exemplo contar com uma definição completa do projeto, transparência nos parâmetros utilizados para os cálculos, reforço dos estudos hidrológicos/geotécnicos, entre outros.

Infraestruturas existentes:

- Recomendações para reduzir o risco do Modo de Falha, como por exemplo incorporar um sistema de monitoramento – caso ainda não exista – ou realizar verificações periódicas dos resultados desse sistema, realizar ações estruturais, entre outros.
- Recomendações para reduzir as consequências, por exemplo, reforço dos procedimentos de resposta a emergências ou implementação de planos de emergência, melhoria da operação, aumento da frequência de inspeções e/ou manutenção, melhoria do planejamento territorial, entre outros.
- Recomendações para reduzir a incerteza, geralmente baseadas na realização de novos estudos e/ou investigações que esclareçam a situação real da infraestrutura. Podem incluir ensaios, finalização de relatórios de segurança que estejam em andamento, entre outros.



Para **incentivar a discussão e a participação** nesta etapa, o facilitador pode fazer as seguintes perguntas:

- Quais estudos/análises/testes adicionais poderiam ser úteis para reduzir a incerteza associada a esses Modos de Falha?
- Quais ações estruturais ou alterações no projeto poderiam ser aplicadas para evitar a ocorrência desses Modos de Falha?
- Quais medidas não estruturais (planos de ação de emergência, procedimentos de coordenação...) poderiam ser implementadas para reduzir o risco da infraestrutura?
- Quais melhorias na operação da infraestrutura poderiam ser aplicadas?
- Quais variáveis adicionais poderiam ser medidas na infraestrutura para detectar a ocorrência desses Modos de Falha e permitir a atuação antes que se desenvolvam?
- Que melhorias poderiam ser introduzidas nos procedimentos de vigilância e manutenção?
- É necessário realizar uma análise quantitativa de riscos para avaliar a necessidade e viabilidade de ações e ajustes?
- Quais análises de incerteza e testes podem ser realizadas utilizando a análise quantitativa de riscos?

Etapa final: Produtos após o Workshop

□ Uma vez finalizadas as sessões do Workshop de Identificação de Modos de Falha, é importante elaborar relatórios detalhados para encerrar o processo de análise qualitativa de risco. Entre os principais produtos, destacam-se:

- **Relatório de Modos de Falha.** Documento que reúne todas as conclusões obtidas no Workshop e resume todas as etapas realizadas (revisão das informações, visita técnica, Modos de Falha identificados, classificação e recomendações). Após a redação do relatório pelo facilitador e sua equipe, este é enviado a todos os participantes para revisão e complementação. Também é recomendável resumir o relatório em formato de apresentação, permitindo expor de forma sintética o processo etapa a etapa. Para mais detalhes, consultar o Anexo 3.
- **Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres (PGRD).** Documento que detalha as ações urgentes a serem realizadas em curto, médio e longo prazo, e, para isso, apresenta um plano de ação estruturado. A estrutura do Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres dependerá dos resultados obtidos no Workshop de Modos de Falha. Por exemplo, uma infraestrutura em fase de projeto terá um plano de ação dividido em ações a serem realizadas durante a fase de projeto, a fase de construção e a fase de operação. Cada uma das ações identificadas estará relacionada a uma ou mais recomendações obtidas no Workshop, assim como indicará sua relação com os Modos de Falha identificados. Além disso, recomenda-se incluir indicadores ou marcos que permitam controlar o cumprimento do plano de ação com base nos Modos de Falha, por exemplo, a partir dos parâmetros definidos durante a revisão da infraestrutura. Esses indicadores ou marcos variarão de acordo com os resultados obtidos no Workshop.

Para obter mais informações sobre o PGRD, recomenda-se consultar as *Guias para a elaboração de Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres em projetos do BID*.



6 - Fatores que contribuem para um Workshop bem-sucedido

Um Workshop bem-sucedido não é aquele em que se identificaram mais Modos de Falha, mas sim aquele em que os Modos de Falha identificados foram trabalhados de forma colaborativa, contam com um evento e um processo desencadeador, e são representativos de uma falha potencial.

Outro fator que contribui para o sucesso de um Workshop é a atitude proativa dos participantes. Se os integrantes do Workshop participaram ativamente, compartilharam suas impressões e foi evitado que algum participante se sentisse questionado, então pode-se considerar que o Workshop foi bem-sucedido nesse aspecto.

A comunicação e o uso da linguagem também são aspectos-chave nos Workshops. É recomendável que as sessões sejam realizadas no idioma nativo do país onde o projeto está localizado, sendo fundamental que o facilitador tenha um excelente domínio desse idioma.

A seguir, são detalhadas algumas perguntas que podem ajudar a identificar a existência de fatores que contribuem para o sucesso de um Workshop:

- ✓ Foi promovido um ambiente proativo e de colaboração?
- ✓ Todos os temas da agenda foram discutidos com tempo adequado (sem a sensação de estar constantemente correndo)?
- ✓ Foi realizada uma revisão abrangente do efeito dos desastres na região e de como a infraestrutura poderia agravá-los?
- ✓ O facilitador conduziu o Workshop sem precisar dar sua opinião constantemente?
- ✓ Houve participação e contribuição para a discussão de mais de 70–80% dos participantes?
- ✓ Os formulários estão completos e demonstram que os participantes compreenderam a metodologia?
- ✓ Houve, quando aplicável, contribuições também da equipe de projeto ou construção?
- ✓ As recomendações resultantes foram amplamente aceitas pelos participantes do Workshop?
- ✓ Ao final do Workshop, os participantes se comprometeram com a implementação do plano de ações acordado?

Se alguma das respostas for negativa, deve-se avaliar a qualidade dos resultados obtidos e considerar se, apesar dos inconvenientes ocorridos durante o Workshop, os resultados são válidos e se é possível dar continuidade à análise de riscos da infraestrutura. Caso todas ou quase todas as respostas sejam negativas, deve-se considerar a realização de um Workshop de reforço em momento posterior. Nesse caso, devem ser adotadas medidas para superar os obstáculos encontrados no primeiro (substituição de especialistas externos, troca de facilitador, melhor explicação do processo, mais tempo para a realização do Workshop etc.).

Uma das qualidades do Workshop é seu caráter formativo, oferecendo aos participantes uma visão geral da análise qualitativa de riscos e transmitindo-lhes uma perspectiva crítica sobre as infraestruturas e seus riscos associados. Além disso, o Workshop pode ser útil para gerar arquivos técnicos organizados e completos, o que é extremamente benéfico para garantir o controle da infraestrutura.

É importante ressaltar que o Workshop é apenas uma etapa dentro do processo de avaliação de riscos, e destacar a importância de **implementar os resultados obtidos durante o Workshop** nas fases posteriores. Por isso, as seguintes **tarefas devem ser desenvolvidas após a finalização do Workshop**:

- Elaborar um **relatório de Modos de Falha** que inclua: a revisão das informações, os insumos obtidos durante a visita técnica, o processo de identificação dos Modos de Falha (incluindo as fichas de cada Modo de Falha), a classificação e as recomendações e medidas propostas.
- Desenvolver um **Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres (PGRD)**, detalhando as ações a serem executadas e apresentando um plano de ação estruturado.
- Compartilhar ambos os documentos com os participantes para revisão e validação, consolidar os comentários recebidos e, em seguida, divulgar a versão final que deverá ser implementada.



7 - Transição da análise qualitativa para a análise quantitativa de riscos

Em alguns casos, pode ser recomendável realizar uma análise quantitativa de riscos que permita definir melhor o projeto de infraestrutura ou orientar possíveis ações de reabilitação em projetos existentes.

As conclusões derivadas da fase de identificação dos Modos de Falha representam o **ponto de partida** para a definição da análise quantitativa de riscos, já que sua estrutura e complexidade dependem desses Modos de Falha. Para decidir como direcionar essa análise e quais Modos de Falha devem ser examinados em maior detalhe, utiliza-se a **classificação** realizada na Etapa 6 do Workshop.

Os **Modos de Falha** com probabilidade de ocorrência ou consequências significativas são os principais candidatos a avançar para a fase quantitativa da análise, ou seja, aqueles **cujo risco seja alto ou médio-alto**. No entanto, a decisão não se baseia unicamente nesse critério. Em particular, a análise quantitativa de riscos é recomendada nos seguintes casos:

- Projetos novos ou grandes investimentos em infraestruturas cuja **criticidade e consequências sejam elevadas**, podendo resultar em perda de vidas em caso de falha. Por exemplo, para grandes barragens, túneis extensos ou centrais nucleares, a análise quantitativa de riscos pode ser utilizada para demonstrar conformidade com recomendações internacionais de tolerabilidade.
- Em projetos novos com o **objetivo de reduzir o risco de desastres**, a análise quantitativa de riscos serve para justificar a utilidade da intervenção. Por exemplo, em obras de proteção contra inundações, permite comparar o nível de risco antes e depois da execução da obra, avaliando sua eficácia.
- Em **projetos novos de infraestrutura de forma geral**, essa análise pode ser extremamente útil para realizar ajustes e otimizações no projeto, incluindo novas verificações estruturais, de capacidade hidrológica, entre outras, evitando Modos de Falha com risco alto ou médio-alto.
- Finalmente, em **infraestruturas existentes**, quando houver Modos de Falha com risco alto ou médio-alto. A análise quantitativa de riscos pode ajudar a definir quais investimentos devem ser feitos para reduzir esses riscos. Também é útil em projetos que consideram medidas de reabilitação, pois permite avaliar seu impacto (redução de risco, consequências etc.).

A **análise quantitativa de riscos** baseia-se no cálculo do risco a partir dos Modos de Falha mais críticos identificados durante o Workshop, incluindo a representação do risco global econômico e social por meio de curvas de probabilidade anual de excedência de danos (também chamadas curvas FN ou FD), entre outros métodos.

Ao realizar uma análise quantitativa de riscos, é importante definir claramente o que se deseja analisar e que tipo de resultados se pretende obter para apoiar o projeto de infraestrutura. Além disso, o nível de detalhe e o esforço da análise quantitativa devem ser proporcionais à importância da infraestrutura. Por exemplo, se o projeto envolve um risco potencial elevado de perda de vidas, o esforço deverá ser significativamente maior do que em casos que envolvam áreas despovoadas. Existem diversas metodologias de análise quantitativa que oferecem flexibilidade quanto ao nível de detalhamento, o que permite ajustar os esforços conforme as necessidades do projeto.

8 - Conclusões e tomada de decisões

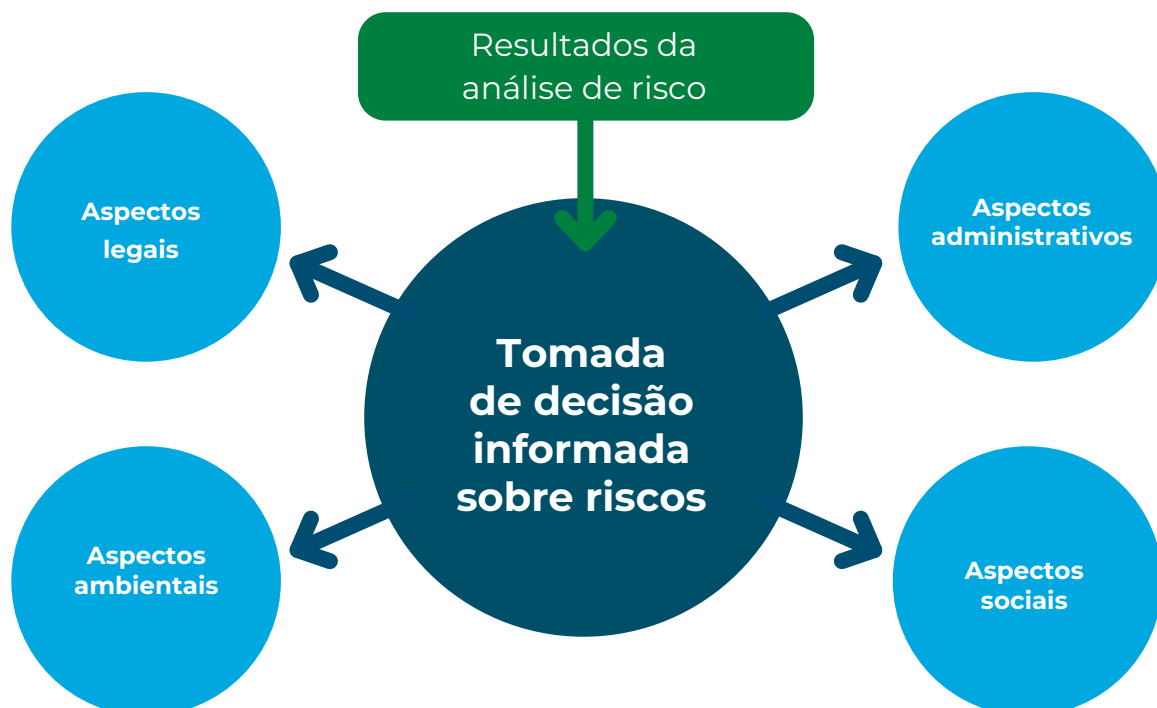
Compreendida a estrutura básica dos Workshops de Identificação de Modos de Falha, pode-se concluir que o **processo é eficaz para avaliar os riscos** das infraestruturas e as incertezas associadas.

Alguns dos **aspectos-chave** que podem ser destacados do processo são:

- O processo deve ser **participativo**.
- A duração do Workshop deve ser de **2 a 3 dias**.
- As **recomendações** são obtidas de forma consensual.
- A **presença de especialistas** enriquece o Workshop e ajuda a fundamentar as recomendações.
- Oferece a oportunidade de **revisar as informações** existentes até o momento.
- Representa uma oportunidade de **capacitação** sobre o tema.
- Permite a realização de **visitas à obra**.
- Favorece a criação de **consenso e ação conjunta**, coordenada e informada entre as partes envolvidas no projeto.

A utilidade desse tipo de processo está em apoiar a tomada de decisões. Isso significa que a análise qualitativa de riscos realizada durante o Workshop, juntamente com outros fatores condicionantes (ambientais, sociais, legais, administrativos etc.), contribui para a tomada de decisões e para garantir que as infraestruturas sejam o mais resilientes possível, com foco em enfrentar as vulnerabilidades identificadas.

Figura 17. Gerenciamento de risco



Geralmente, a análise de riscos não se encerra com a realização do Workshop. Nesse sentido, é fundamental que, como resultado do Workshop, sejam desenvolvidos: (i) Um relatório que reúna todos os aspectos abordados e seu diagnóstico técnico (**relatório de Modos de Falha**), (ii) Um **Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres (PGRD)**, que identifique, estruture e priorize as recomendações e ações a serem implementadas ao longo do ciclo de vida do projeto em suas distintas etapas, especificando o responsável por cada uma delas, com foco nos Modos de Falha com risco médio-baixo (iii) A definição das Etapas necessárias para completar a análise quantitativa de riscos dos Modos de Falha com risco médio-alto, e a consequente atualização do PGRD, podendo incluir ajustes no próprio projeto ou na análise de alternativas).

Os seguintes fatores ajudarão a determinar se o **Workshop foi bem-sucedido**:

- Foi promovido um ambiente proativo e de colaboração.
- O Workshop foi desenvolvido de forma descontraída, mas com alcance de todos os objetivos.
- Os participantes interagiram em pelo menos 70–80% das discussões e compreenderam a metodologia.
- Houve grande participação da equipe de projeto (quando aplicável).
- O processo de identificação dos Modos de Falha foi bem definido.
- Houve amplo consenso na classificação dos Modos de Falha.
- Foram formuladas recomendações amplamente aceitas pelos participantes.
- O Workshop terminou com um compromisso dos participantes com o plano de ações acordado.



Referências

Existe uma ampla documentação relacionada com a realização de Workshops de Identificação de Modos de Falha em diversos setores. A seguir, apresenta-se uma seleção de documentos que servem como referência na definição das técnicas, processos e ferramentas necessárias para garantir o adequado desenvolvimento desses Workshops:

- **Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) – Resumo executivo da metodologia de avaliação de risco de desastres e mudança climática do BID, 2018:** O documento resume a metodologia de avaliação de risco de desastres e mudança climática desenvolvida e testada em pilotos entre 2017 e 2018. Apresenta cada etapa do processo, tipos de risco e questões setoriais específicas, fornecendo apoio prático para líderes de projeto, agências executoras, especialistas técnicos e consultores externos na integração de considerações de risco e clima na preparação e implementação de projetos.
- **Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) – Metodologia de avaliação de risco de desastres e mudança climática para projetos do BID, 2019:** Organizada em cinco Etapas (exposição a ameaças, criticidade e vulnerabilidade, avaliação qualitativa simplificada, avaliação qualitativa completa e avaliação quantitativa), estruturadas em três fases: triagem e classificação, avaliação qualitativa e avaliação quantitativa. A metodologia considera os níveis de informação disponíveis em cada fase do projeto e reconhece a incerteza inerente à mudança climática, oferecendo um processo sistemático e viável que agrega resiliência, sustentabilidade e valor aos projetos.
- **International Standardization Organization (ISO) – Risk Management – Principles and Guidelines. ISO 31000, 2009:** Descreve a importância da identificação de riscos e suas causas para gerar uma lista abrangente de riscos que possam afetar os objetivos de uma organização ou infraestrutura. Recomenda o uso de ferramentas e técnicas participativas, com profissionais qualificados e base informacional adequada.
- **International Electrotechnical Commission. Analysis Techniques for System Reliability – Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Norma Internacional, 2006:** Descreve os métodos FMEA e FMECA (quando incorporado o critério de criticidade) e apresenta as Etapas necessárias para realizar esse tipo de análise. Permite identificar a gravidade dos possíveis Modos de Falha, estimar suas probabilidades e propor medidas de mitigação. Recomenda que a análise seja conduzida por profissionais qualificados e familiarizados com os riscos de projeto.
- **Mecca, S., y Masera, M. Technical Risk Analysis in Construction by Means of FMEA Methodology. 1999:** Com o objetivo de transferir o processo e as ferramentas da análise de Modos de Falha para o setor da construção, e considerando a incerteza e complexidade do processo, o documento propõe o uso de uma ferramenta que integre a análise e o tratamento dos fatores de risco para obter um sistema construtivo apropriado e eficiente. Em relação ao processo, propõem vincular os Modos de Falha à previsão de riscos específicos com base na análise dos fatores de risco, na identificação das condições de criticidade e na avaliação dos pontos críticos do projeto.

- **Kim, J. H., H. Y. Jeong, y J. S. Park. *Development of the FMECA Process and Analysis Methodology for Railroad Systems*. 2009:** O documento propõe o uso da metodologia FMECA, que consiste na união do FMEA com uma análise de criticidade (CA). Indica que o principal objetivo dos sistemas ferroviários é transportar passageiros ou mercadorias com segurança e pontualidade, sendo, portanto, a segurança e a confiabilidade extremamente importantes. Propõe-se que os Modos de Falha sejam analisados pelo processo FMEA, e que a criticidade de cada um seja indicada por meio de uma matriz de risco usando o CA.
- **Aguilar Otero, J., Torres Arcique, R., y Magaña Jiménez, D. *Análisis de modos de fallo, efectos y criticidad (FMECA) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. 2010:** O trabalho introduz o processo de análise e aplicação da metodologia FMECA na gestão da manutenção, especificamente na fase de planejamento. Para isso, utilizam um processo dividido em cinco etapas: definição da intenção de projeto, análise funcional, identificação dos Modos de Falha, efeitos e consequências da falha e hierarquização do risco. Propõem identificar os Modos de Falha de maior risco e realizar um processo detalhado de seleção de tarefas de manutenção para eles.
- **Zeng, S. X., Tam, C. M., y Tam, V. W. Y. *Integrating Safety, Environmental and Quality Risks for Project Management using a FMEA Method*. 2010:** Este estudo utiliza o processo FMEA para analisar a gestão de riscos em segurança e saúde ocupacional, meio ambiente e qualidade no contexto de um Sistema de Gestão Integrado (IMS). Também propõe classificar o grau de aceitabilidade dos riscos em aceitável, moderado, indesejável e inaceitável. Consequentemente, propõe uma metodologia para integrar a gestão de riscos na busca pela melhoria contínua na gestão de projetos, vinculando-a ao ciclo de Deming (Planejar, Fazer, Verificar, Agir).
- **Carlson, C. S. *Effective FMEAs. Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*. 2012:** O documento descreve os procedimentos do FMEA e funciona como uma guia de boas práticas para realizar a análise com sucesso. A estratégia proposta inclui: introdução das funções primárias; identificação dos Modos de Falha e efeitos para cada função; determinação das causas e probabilidade de ocorrência; identificação dos elementos de controle para cada causa; introdução da próxima função e repetição do processo até completar todas as funções. Após a análise, atribui-se um Número de Prioridade de Risco (RPN), revisam-se os níveis de severidade e os RPNs elevados, e por fim, desenvolvem-se recomendações para reduzir o risco a um nível aceitável.
- **SPANCOLD. *Guías Técnicas de Seguridad de Presas. Guía Técnica N° 8 de Explotación de Presas y Embalses. Análisis de Riesgos aplicado a la Gestión de Seguridad de Presas y Embalses*. 2012:** Documento elaborado pelo Comitê Nacional Espanhol de Grandes Barragens (SPANCOLD), que no capítulo 4 descreve a metodologia adaptada e aplicada na Espanha para a realização de uma análise qualitativa de risco. O processo consiste na coleta da documentação e dados mais representativos da barragem, entrevista com o pessoal que melhor conhece a infraestrutura, revisão exaustiva da documentação e realização de uma sessão de Modos de Falha, atribuição de uma avaliação qualitativa para cada um deles, e formulação de recomendações e medidas redutoras de risco e, por fim, a elaboração de um documento que englobe a totalidade do trabalho realizado

- **Hwang, H., Lansey, K., y Quintanar, D. R. *Resilience-based Failure Mode Effects and Criticality Analysis for Regional Water Supply System*. 2015:** Utilizando o caso do sistema regional de abastecimento de água (RWSS, na sigla em inglês) da cidade de Tucson (EUA), o documento realiza uma análise de riscos por meio do método FMECA, com o objetivo de examinar a gravidade de uma falha de componente no funcionamento global do sistema por meio de sua modelagem. Dentro do FMECA, propõem a introdução do Número de Prioridade de Risco (RPN) para comparar a criticidade dos riscos entre as falhas dos componentes. Os valores de RPN de todos os Modos de Falha são classificados para avaliar os elementos mais críticos, e são propostas configurações alternativas do sistema que produzam menor impacto em caso de falha de algum componente.
- **Rasoul, Y. y Hanewinkel, M. *Climate Change and Decision-Making Under Uncertainty*. 2016:** O documento destaca os principais riscos e incertezas associadas às mudanças climáticas na gestão de florestas. O principal desafio identificado é a incerteza associada às alterações climáticas, que geram novos riscos aos ecossistemas florestais. Apesar do desenvolvimento de algumas estratégias de adaptação, estas não consideram todos os possíveis cenários futuros, sendo necessário desenvolver metodologias de tomada de decisão que considerem a elevada incerteza gerada pelas mudanças climáticas. O documento propõe duas metodologias: a diversificação do portfólio e a tomada de decisões robusta.
- **Marchau, Vincent A.W.J., Warren E. Walker, Pieter J.T.M. Bloemen, y Steven W. Popper. *Decision Making Under Deep Uncertainty. From Theory to Practice*. 2019:** Este livro evidencia a presença da incerteza na tomada de decisões, apresenta os diferentes níveis de incerteza e aborda como lidar com esse aspecto nos processos decisórios. Para isso, reúne diversos métodos e ferramentas, detalha aplicações práticas e processos existentes de implementação. Ressalta, ainda, a complexidade de considerar a incerteza no processo de tomada de decisão.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Bolivia). *Medidas de protección y mitigación para reducir riesgos para eventos de inundación y crecidas en áreas agrícolas y urbanas en cuencas Alta y Baja*. 2021:** O documento é apresentado como um catálogo de medidas estruturais e não estruturais de prevenção de fenômenos adversos para a redução de riscos.

Anexos

Anexo 1.	Modelo de identificação individual de Modos de Falha	58
Anexo 2	Modelo de classificação individual de Modos de Falha	61
Anexo 3	Diretrizes para a elaboração de relatórios de Modos de Falha	66
Anexo 4	Termos de referência para a contratação de Workshops de Identificação de Modos de Falha	71



Anexo 1. Modelo de identificação individual de Modos de Falha

Este anexo apresenta as bases para o desenvolvimento do modelo de identificação individual de Modos de Falha.

Esta Etapa 4 pode ser realizada por meio de modelos online ou físicos (em papel). O modelo é padronizado e não requer variações ao longo do Workshop, portanto, qualquer que seja a decisão do facilitador e sua equipe, recomenda-se ter o modelo preparado desde o início do Workshop.

Caso o formulário seja online, há duas opções para que os participantes possam acessá-lo: digitar o link diretamente na barra de busca do computador ou escanear o código QR com o celular. Tanto o link quanto o código QR serão gerados pela equipe facilitadora e recomenda-se que sejam inseridos previamente na apresentação.

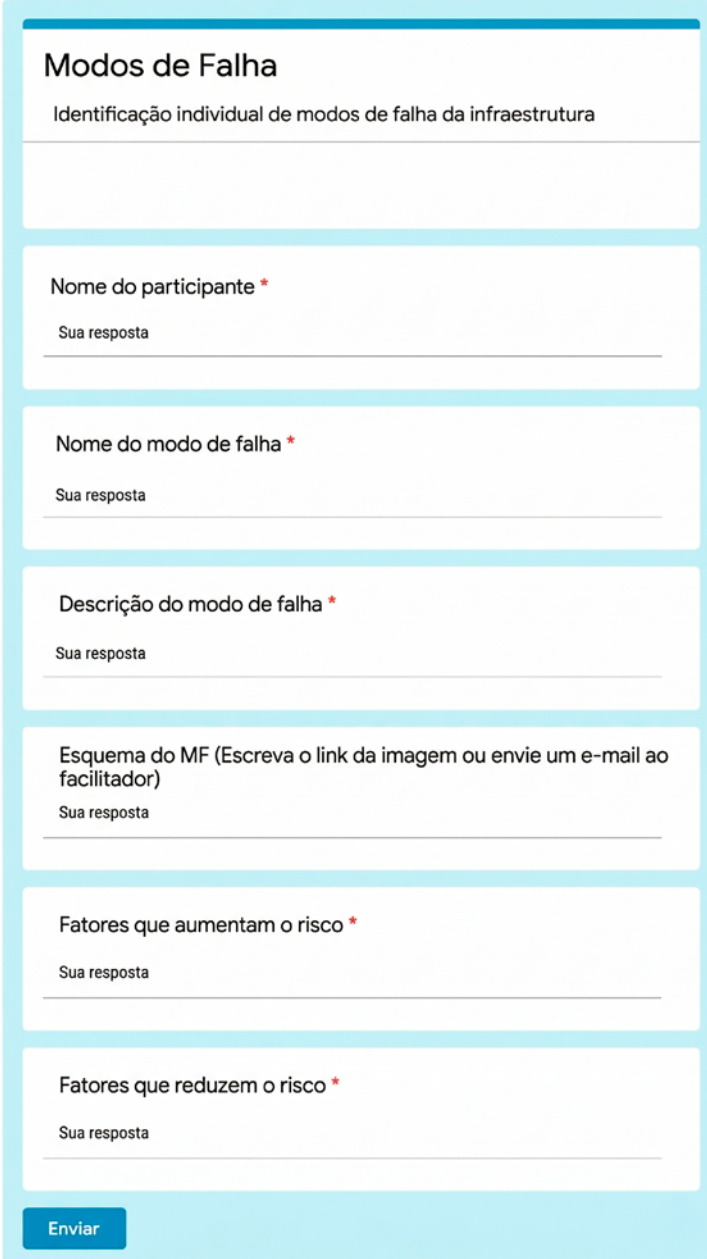
A1.2. Modelo online para a identificação individual de Modos de Falha

O modelo online é gerado a partir de um **formulário** (Google, no exemplo a seguir). Este formulário permite que os participantes enviem os Modos de Falha por meio de seu celular, computador ou tablet.

O formulário deve incluir praticamente os mesmos campos do modelo físico: Nome do participante, cargo e entidade, nome do Modo de Falha, descrição do Modo de Falha, esquema do Modo de Falha que o participante deve anexar por meio de um link ou por e-mail ao facilitador, fatores que aumentam o risco e fatores que reduzem o risco.

Este formulário **pode ser enviado quantas vezes forem identificados Modos de Falha**. Para acessá-lo, existem duas opções: inserir o link na barra de pesquisa ou escanear o código QR. Tanto o link quanto o código são gerados pelo facilitador e inseridos na apresentação.

Figura 18. Exemplo de modelo online para a identificação de Modos de Falha



O formulário online para a identificação individual de modos de falha da infraestrutura é composto por vários campos de texto e um botão de envio. Os campos são:

- Modos de Falha**: Identificação individual de modos de falha da infraestrutura.
- Nome do participante ***: Sua resposta
- Nome do modo de falha ***: Sua resposta
- Descrição do modo de falha ***: Sua resposta
- Esquema do MF (Escreva o link da imagem ou envie um e-mail ao facilitador)**: Sua resposta
- Fatores que aumentam o risco ***: Sua resposta
- Fatores que reduzem o risco ***: Sua resposta

Um botão azul com o texto "Enviar" está localizado na base do formulário.

Anexo 2. Modelo: classificação individual de Modos de Falha

Este anexo apresenta as bases para o desenvolvimento do modelo de classificação individual de Modos de Falha.

Recomenda-se ter o modelo preparado com os elementos básicos no início do Workshop. Dessa forma, assim que for finalizada a identificação em grupo dos Modos de Falha, a equipe do facilitador poderá completar o formulário com os Modos de Falha identificados, enquanto o facilitador apresenta aos participantes como será realizada a Etapa 6: Classificação de Modos de Falha.

Durante a fase de classificação individual, recomenda-se distribuir uma folha com a explicação de cada uma das categorias ou projetar o slide com essas informações. Isso permitirá ao participante consultar as categorias enquanto preenche o formulário.

Para acessar o formulário, o participante tem duas opções: inserir o link na barra de busca do computador ou escanear o código QR com o celular. Tanto o link quanto o código serão gerados pela equipe facilitadora e recomenda-se que sejam previamente inseridos na apresentação.

Os gráficos resumo mencionados na Etapa 6: Classificação de Modos de Falha são obtidos a partir de um arquivo Excel anexado ao guia, cujo funcionamento é detalhado neste anexo.

A2.1 Modelo (online) para a classificação de Modos de Falha

O modelo online de classificação é gerado a partir de um **formulário** (Google no exemplo a seguir). Este formulário permite que os participantes enviem os Modos de Falha por meio de seu celular, computador ou tablet.

O **conteúdo** do formulário será:

- Nome do participante.
- Cargo e entidade.
- Probabilidade de falha de cada Modo de Falha.
- Consequências de cada Modo de Falha.
- Incerteza associada a cada classificação de Modo de Falha.

Como os Modos de Falha não são definidos até a finalização da Etapa 5: Discussão em grupo dos Modos de Falha, recomenda-se, por simplicidade logística, organizar o formulário por seções, de forma a poder duplicá-las e alterar o nome do Modo de Falha quando já forem conhecidos. Ou seja, o formulário contará com tantas seções quantos Modos de Falha tenham sido identificados.

Seções do formulário = MF + 1

A primeira seção conterá os dados do participante: iniciais, nome, cargo / entidade. As demais seções corresponderão a cada um dos Modos de Falha identificados pelo grupo e conterão as perguntas sobre probabilidade de falha, consequências e incerteza. A seguir, apresenta-se um exemplo de uma seção para um Modo de Falha (Figura 19)

Figura 19. Exemplo de modelo online para a classificação de Modos de Falha

MF1. Chuvas, falta de capacidade hidráulica, erosão da via

Probabilidade de falha

- MF descartado ou com probabilidade muito remota
- Baixa probabilidade de ocorrer durante a vida útil
- É provável que ocorra durante a vida útil
- Probabilidade muito alta de ocorrer durante vida útil

Consequências

- Pequeno reparo ou ações de manutenção
- Necessidade de reparo de grande porte
- Destruição total ou inabilitação da infraestrutura
- Altas consequências econômicas e sociais incrementais

Incerteza

- Baixa incerteza
- Incerteza média
- Alta incerteza

Voltar Avançar Limpar formulário

A2.2 Folha de Excel para a obtenção dos gráficos resumo

O arquivo Excel de classificação é uma ferramenta desenvolvida para visualizar os resultados obtidos da classificação individual e alcançar um consenso grupal para cada Modo de Falha.

Seu uso é muito simples e conta com 4 abas, sendo que em 3 delas o facilitador ou sua equipe deverá inserir as informações obtidas nos Workshops.



A primeira aba é uma lista dos Modos de Falha. Nesta aba, os nomes dos Modos de Falha identificados na Etapa 5 devem ser inseridos pelo facilitador ou por sua equipe (Figura 20). Essa tarefa pode ser realizada enquanto os participantes preenchem o formulário (Etapa 6) ou anteriormente, na Etapa 5, à medida que forem sendo identificados os Modos de Falha em grupo.

Figura 20. Captura da ferramenta Excel para a classificação de MF. Aba 1: Modos de Falha

	A	B	C
1	Modos de fallo		
2	MF1	Chuvas., fal ta a de capaci dã de hidráulica, erosão da via	
3	MF2	Saturação do solo, instabilidade, bloqueio de via	
4	MF3	Cheias, erosão e socavamento de fundações, falha	
5	MF4	Inundação TA515, danos na via e Interrupção do fráfegforo	
6	MF5	Huáyco (fluxo de detritos), danos a veiculos e ã infraestrutura	
7	MF6	Chuvas, queda de grandes rochas	
8	MF7	Chuva, erosão na base do bueiroo, falha da obra de arte	
9	MF8	Avanceros, rio arrasta material, dano por huayco	
10	MF9	Vento, erosão, queda de material, dano na via	
11	MF10	Sismo, instabilidade do terreno, bloqueio da circlução	
12	MF11	Sismo, falha do aterro da via, socavão, sem circulaçã oao	
13	MF12	Dif de temperatura, fissuração, danos em obras de arte	
14	MF13	Frupção, cinzas arrastadas pelã chuvas, danos	
15	MF14	Granizo, danos a veiculos	
16	MF15		
17	MF16	Sismo, dano e fissuraçã o de pontes, falha	
18	MF17		
19	MF18		
20	MF19		
21	MF20		
22	MF21		
23	MF22		
24	MF23		
25	MF24		
26	MF25		
27	MF26		
28	MF27		
29	MF28		
30	MF29		
31	MF30		
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			

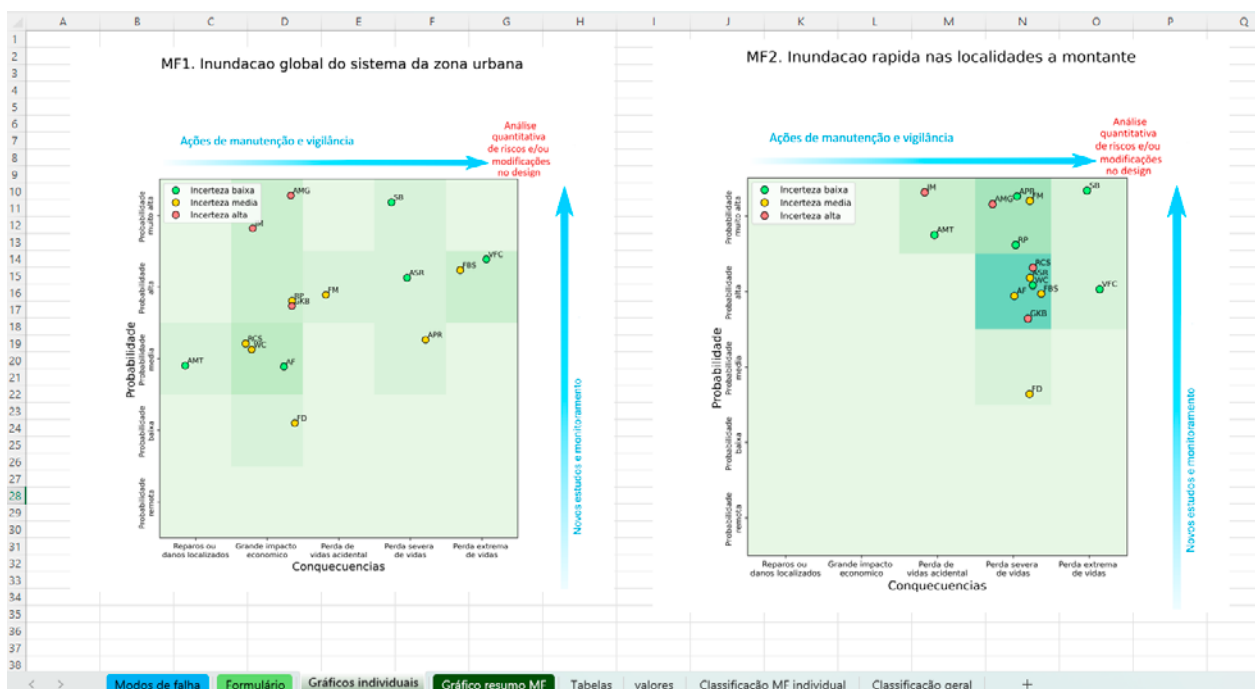
Uma vez que o formulário tenha sido preenchido pelos participantes, o facilitador copiará as respostas do Excel online gerado pelo Google Forms e as colará na aba 2: Formulário. Nesta aba, basta copiar as informações (Figura 21).

Figura 21. Captura da ferramenta Excel para a classificação de MF. Aba 2: Formulário

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Carimbo de data	Iniciais	Nome	Entidade	Probabilidade	Consequências	Incerteza						
2	01/12/2021 16:14	FSC			É provável que	Necessidade de	Incerteza	Probabilidade	Pequeno repar	Incerteza	É provável que	Destruição tota	Incerteza Es pr
3	01/12/2021 16:15	WAE			É provável que	Necessidade de	Incerteza	É provável que	Necessidade de	Incerteza	Muito alta prob	Destruição tota	Incerteza Muit
4	01/12/2021 16:15	ME			Muito alta prol	Pequeno repar	Incerteza	É provável que	Pequeno repar	Incerteza	É provável que	Necessidade de	Incerteza Es pr
5	01/12/2021 16:20	JZ			Muito alta prol	Pequeno repar	Incerteza	Muito alta prol	Necessidade de	Incerteza	É provável que	Muito alta prob	Incerteza Muit
6	01/12/2021 16:21	HYS			Muito alta prol	Pequeno repar	Incerteza	É provável que	Pequeno repar	Incerteza	Muito alta prob	Destruição tota	Incerteza Es pr
7	01/12/2021 16:23	HP			É provável que	Destruição tota	Incerteza	Muito alta prol	Destruição tota	Incerteza	É provável que	Destruição tota	Incerteza Es pr
8	01/12/2021 16:24	AMT			Muito alta prol	Pequeno repar	Incerteza	É provável que	Necessidade de	Incerteza	É provável que	Necessidade de	Incerteza Es pr
9	01/12/2021 16:40	JCM			Muito alta prol	Altas consequ	Incerteza	Muito alta prol	Altas consequ	Incerteza	É provável que	Necessidade de	Incerteza Prob
10	01/12/2021 16:42	JR			Muito alta prol	Altas consequ	Incerteza	Probabilidade	Necessidade de	Incerteza	É provável que	Destruição tota	Incerteza Prob

Uma vez inseridas as informações do formulário nesta aba, a terceira aba (Gráficos individuais) mostrará graficamente os resultados obtidos da classificação individual (Figura 22).

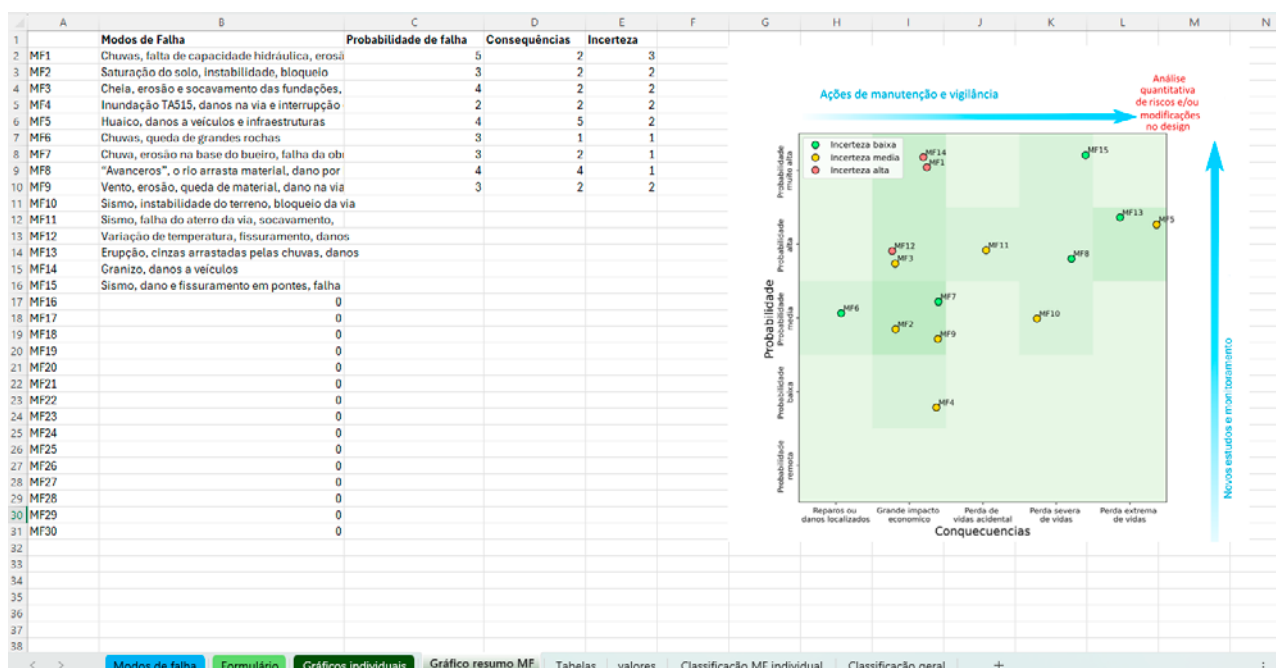
Figura 22. Captura da ferramenta Excel para a classificação de MF. Aba 3: Gráficos individuais



A partir desses gráficos será desenvolvida a fase de classificação em grupo, na qual se determinará a classificação final dos Modos de Falha. Por exemplo, o MF1 mostrado na Figura 22 apresenta uma grande concentração de respostas com consequências baixas e probabilidade de ocorrência muito elevada, além de que essas respostas apresentam incerteza média-baixa, e o restante das respostas possui incerteza alta, exceto uma. Nesse caso, o facilitador deve perguntar ao participante FSC o motivo de sua resposta, já que, diferentemente dos demais, indicou uma incerteza baixa.

Com base nesse debate, decide-se qual será a classificação final desse Modo de Falha, incluindo a incerteza associada, e essa informação é inserida na aba 4: Gráfico resumo MF, onde os resultados são representados graficamente (Figura 23). Esse processo se repete sucessivamente até completar a classificação de todos os Modos de Falha identificados.

Figura 23. Captura da ferramenta Excel para a classificação de MF. Aba 4 Gráfico resumo MF



O Excel está programado para um total de 30 participantes e 30 Modos de Falha. Caso sejam identificados mais Modos de Falha ou haja mais participantes, as planilhas deverão ser ampliadas.

Anexo 3. Diretrizes para a elaboração de relatórios de Modos de Falha

O relatório de Modos de Falha é um documento que reúne o processo, os insumos e os resultados do Workshop. Esse documento abrange desde a revisão das informações da infraestrutura em questão até as recomendações obtidas durante a sessão. Neste anexo, apresenta-se a estrutura do relatório e as considerações para sua elaboração adequada.

A3.1. Introdução

Esta seção deve apresentar o conteúdo do documento, incluindo os objetivos do Workshop de Modos de Falha, seu **propósito e sua inserção** no processo contratual ou no desenvolvimento do projeto relacionado à infraestrutura analisada, quando aplicável. Além disso, a introdução deve incluir um parágrafo-resumo que detalhe o **conteúdo** de todas as seções e sua numeração, para que o leitor saiba o que encontrará ao iniciar a leitura, assim como um esquema-resumo.

Por fim, a introdução deve indicar a **data** em que ocorreram os Workshops de Identificação de Modos de Falha, a **agenda** e os **participantes**, mencionando seus nomes completos e a empresa ou entidade a que pertencem.

A.3.2 Revisão das informações

A revisão das informações no documento deve **refletir todos os aspectos apresentados** no Workshop. Neste caso, não é necessário citar literalmente as fontes, mas sim redigir o texto com **coerência**, sempre indicando de qual documento a informação foi retirada.

Além disso, devem ser incorporadas **informações novas** que tenham surgido durante a fase de revisão feita nos Workshops.

Os **conteúdos mínimos** a serem incluídos nessa seção estão detalhados na Etapa 2: Revisão das informações deste guia.

A.3.3 Visita técnica

Independentemente de a visita técnica ser presencial ou online, os seguintes aspectos devem ser incluídos no documento.

- **Data** em que a visita técnica foi realizada / em que foram tiradas as fotografias e/ou realizados os voos com drone.
- **Áreas da infraestrutura** e da região de estudo que foram inspecionadas.
- **Fotografias** representativas da visita.

Por fim, devem ser descritos os aspectos-chave identificados durante a visita e que sejam relevantes para a identificação dos Modos de Falha ou dos fatores que aumentam (ou reduzem) o risco.

Para mais informações, consultar o Etapa 3: Visita técnica.

A.3.4 Identificação de Modos de Falha

A seção de Modos de Falha começa com uma introdução que deve incluir:

- **A definição de Modo de Falha**, conforme detalhado na seção 3
- Uma breve **menção ao processo** seguido para a identificação: fase individual e fase em grupo.
- Inclusão de um **esquema-resumo** dos Modos de Falha identificados, conforme mostrado na Figura 10.

Em seguida, devem ser apresentadas as fichas de todos os Modos de Falha identificados, com título, descrição, esquema e fatores que aumentam ou reduzem o risco. Essas fichas são geradas após o Workshop, e os esquemas devem ser o mais representativos possível da realidade.

Recomenda-se incluir uma única ficha por página e nomear o Modo de Falha no título para facilitar sua identificação dentro do documento, como mostrado a seguir.

Ficha tipo. MF1. Desconfiança na previsão e ações não efetivas

Modo de Falha 1	
Título	Desconfiança na previsão e ações não efetivas
Descrição	
<p>Os sistemas de previsão fornecem informações imprecisas, o que leva a uma desconfiança generalizada por parte da população e das próprias autoridades responsáveis pela gestão de emergências. Esse cenário resulta em ações fracas e pouco efetivas por parte das administrações, e as pessoas acabam não evacuando as zonas vulneráveis, o que gera maiores danos e consequências em caso de inundação.</p>	
Esquema gráfico	
<p>1. Sistemas de previsão imprecisos ou errôneos</p> <p>2. As previsões geram desconfiança e incredulidade</p> <p>3. Ações fracas e inefetivas por parte das administrações</p> <p>4. A população não evacua as zonas vulneráveis</p>	
Fatores que aumentam o risco	Fatores que diminuem o risco
<ul style="list-style-type: none"> • Governança ineficaz da bacia e falta de previsão na gestão dos recursos hídricos. • Desmatamento na parte alta das bacias hidrográficas. • Baixo orçamento para a manutenção de leitos e diques. • Dificuldades na coordenação e comunicação entre diferentes organismos. • Ocupação dos canais de alívio com construções permanentes. • Falta de informação diante de alertas, inexistência de planos de evacuação que definam pontos seguros e falta de confiança por parte da população. • Insegurança da população em abandonar suas casas devido a casos de vandalismo e 	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamento histórico geral do sistema hidráulico adequado, com exceção de grandes eventos históricos. • Rede de drenagem com funcionamento histórico satisfatório e alguns sistemas de bombeamento implantados. • Existência da Lei de Águas que limita as zonas inundáveis. • Estações já instaladas que permitem o monitoramento dos eventos. • Realização de inspeções como parte dos projetos de emergência. • Melhoria contínua ao longo do tempo na gestão de riscos desde o último furacão.

A3.5. Classificação dos Modos de Falha

Esta seção deve indicar a **classificação utilizada** para a avaliação desta infraestrutura, detalhando o significado de cada uma das categorias.

Posteriormente, devem ser explicados os **resultados** obtidos, detalhando o grau de incerteza associado às classificações e o nível de risco dos Modos de Falha. Deve-se fazer referência à origem desses resultados, que são os gráficos obtidos a partir das respostas dos participantes, os quais devem ser anexados ao documento.

Além disso, deve-se apresentar **um gráfico ou uma tabela-resumo** da classificação, como o apresentado na Figura 16 ou a tabela a seguir (Tabela 2).

Tabla 2. Tabela resumo da classificação dos Modos de Falha

		Classificação de Modos de Falha		
		Probabilidade de ocorrência	Consequências	Incerteza
MF1:	Erosão da via por falta de capacidade de drenagem	Média/Alta – Nível P 3-4	Grande reparo / Destruição – Nível C-3	Média – Nível I-2
MF2:	Bloqueio da via por instabilidade do terreno	Média – Nível P-3	Pequeno ou grande reparo – Nível C 1-2	Média – Nível I-2
MF3:	Falha da ponte por socavamento nas fundações	Média – Nível P-3	Destruição / inviabilidade – Nível C-3	Média – Nível I-2
MF4:	Danos e interrupção do tráfego por inundação da via	Média – Nível P-3	Pequeno reparo – Nível C-1	Média – Nível I-2
MF5:	Danos à infraestrutura e veículos por deslizamento	Média – Nível P-3	Grande reparo / Destruição – Nível C-3	Média – Nível I-2
MF6:	Bloqueio da via por queda de grandes rochas	Baixa/Média – Nível P 2-3	Pequeno ou grande reparo – Nível C 1-2	Média – Nível I-2
MF7:	Falha da obra de arte por erosão na base	Baixa – Nível P-2	Grande reparo – Nível C 1-2	Média – Nível I-2
MF8:	Danos por inundação	Média – Nível P-3	Nível C-3	Alta – Nível I-3

Por fim, devem ser incluídas as conclusões obtidas a partir da classificação: se é necessária uma avaliação quantitativa, se são necessários novos estudos para reduzir a incerteza, etc. Para mais informações, consultar o Etapa 6: Classificação dos Modos de Falha.

A3.6 Recomendações

Esta seção deve incluir todas as recomendações derivadas do Workshop. Elas **podem ser agrupadas** por objetivos (gestão de risco, manutenção etc.), por etapa da obra (projeto, construção, operação etc.) ou por tipo de infraestrutura, caso haja mais de uma (dique, barragem etc.).

Cada recomendação deve ter um **título identificativo e uma descrição detalhada**, de forma que qualquer pessoa que leia a recomendação possa compreendê-la. Para mais informações, consultar o Etapa 7: Proposta de recomendações e medidas de redução de risco.

A3.7. Conclusões

As conclusões devem resumir os resultados do Workshop de Identificação de Modos de Falha. Recomenda-se incluir:

- **Benefícios** obtidos com a realização do Workshop de Modos de Falha.
- **Número de Modos de Falha** identificados e a que infraestrutura correspondem (caso haja mais de uma).
- Principais **recomendações e conclusões** obtidas ao longo do processo.

A3.8. Próximas Etapas

Uma vez finalizado o Relatório de Modos de Falha, recomenda-se desenvolver o Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres (PGRD). Esse plano será elaborado com base nos resultados da avaliação anterior, que justifiquem medidas adicionais para reduzir o risco e controlar os impactos esperados.

Anexo 4. Termos de Referência para a contratação de Workshops de Identificação de Modos de Falha

Este anexo apresenta as bases para o desenvolvimento dos Termos de Referência (TdR) para a contratação de Workshops de Identificação de Modos de Falha.

São indicadas as seções que devem compor os TdR, bem como uma breve descrição do que deve ser incluído em cada uma delas. Além disso, este anexo conta com um modelo neutro de TdR para a contratação de análises qualitativas de risco (seção A4.15), preparado para ser completado e adaptado de acordo com o projeto.

A4.1. Antecedentes e justificativa

Em primeiro lugar, deve-se apresentar de forma concisa e clara uma **informação sobre o projeto**. Essa informação variará de caso para caso e deve permitir estabelecer um vínculo entre as ameaças do local, as características mais relevantes das infraestruturas do ponto de vista da criticidade e vulnerabilidade, aspectos relacionados às mudanças climáticas e outros fatores associados à variação geral do risco esperado ao longo do tempo (por exemplo, dinâmicas populacionais), os resultados da análise qualitativa de riscos e qualquer medida de redução de risco já incorporada no projeto.

Como orientação, os Termos de Referência poderão incluir as **seguintes seções**.

A4.2. Descrição do contexto do projeto de infraestrutura

Inclui informações específicas de contexto, ou seja, uma breve **justificativa** da existência do projeto e a explicação do porquê o projeto é necessário. Essa justificativa deve ser clara e precisa, permitindo identificar uma medida quantificável de sucesso ao final do projeto. Além disso, pode-se fornecer informações específicas e antecedentes como a localização e o entorno, a descrição do projeto e o cronograma.

A4.3. Descrição das características e da criticidade do projeto

Inclui informações sobre as **características** do projeto, incorporando a identificação de componentes específicos. Além disso, são introduzidas as **ameaças naturais relevantes** para o projeto. Não é necessário entrar em muitos detalhes, mas sim apresentar as ameaças que serão o foco do estudo, bem como identificar alguns Modos de Falha ilustrativos para dar contexto e justificativa.

A4.4. Identificação de plantas ou projetos do empreendimento e atividades relevantes de projeto (existentes, previstas ou em andamento)

Se existirem **projetos disponíveis**, deve-se descrever se algumas medidas de mitigação de risco ou de adaptação às mudanças climáticas foram integradas ao projeto e, em caso afirmativo, identificá-las e avaliá-las.

Se os **projetos estiverem planejados** para o futuro ou em andamento, indicar a data prevista de conclusão e/ou o percentual de avanço.

A4.5. Visão geral das considerações regionais, incluindo mudanças climáticas

Descreve considerações regionais que possam ser úteis para que o consultor compreenda melhor a exposição e/ou vulnerabilidade do projeto.

Inclui uma descrição breve das **vulnerabilidades identificadas** ou percebidas frente às mudanças climáticas. Isso pode incluir o entendimento local dos impactos relacionados às mudanças climáticas (diretos e indiretos) para o projeto, para a área geográfica em geral, para o setor ou para o âmbito institucional.

Identifica **atividades recentes ou previstas** que são críticas para serem consideradas. Isso pode incluir tendências demográficas (crescimento urbano e planejamento), tendências econômicas e de mercado, ou tendências institucionais e governamentais.

Descreve os **arranjos institucionais** do projeto e qualquer outro marco de gestão ou organização para entender a capacidade adaptativa do projeto. Se existirem limitações ou desafios em termos de capacidade, também devem ser incluídos.

A4.6. Identificação de outras informações ou atividades relevantes

Inclui uma visão geral de outros estudos existentes ou em andamento que possam ser úteis para a consultoria. Caso existam estudos, modelos ou dados produzidos, eles devem ser descritos aqui.

A4.7. Objetivos

Esta seção define os **objetivos gerais e específicos da consultoria**. Pode-se utilizar como base o seguinte texto para o desenvolvimento dos TdR:

O objetivo geral desta consultoria é desenvolver uma Análise Qualitativa de Risco de Desastres e Mudanças Climáticas (ARD), juntamente com um Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres (PGRD), para a infraestrutura [inserir tipo de estrutura] localizada em [inserir local], incluída na operação [inserir nome da operação], com o objetivo de contribuir para a resiliência e sustentabilidade do projeto, apoiando a avaliação técnica e econômica.

Os objetivos específicos são:

- Avaliar qualitativamente o risco de desastres e mudanças climáticas da infraestrutura descrita.
- Fornece recomendações para o projeto, construção, manutenção e operação da infraestrutura, que podem incluir medidas estruturais ou não estruturais para a gestão dos riscos de desastres e mudanças climáticas, como parte do PGRD.
- Determinar se é necessário avançar para uma ARD quantitativa detalhada, com base nos resultados obtidos e nas conclusões derivadas do processo de análise objeto desta consultoria.

A4.8. Escopo

Espera-se que a análise qualitativa de riscos vá além de uma revisão genérica de literatura sobre os possíveis riscos. Espera-se também que, para a realização dessa avaliação qualitativa do risco, seja utilizada a metodologia de **Workshops de Identificação de Modos de Falha**.

A análise deverá se **concentrar nos aspectos específicos do projeto identificados** como relevantes para a avaliação, conforme detalhado a seguir, e utilizar métodos aceitos ou reconhecidos para realizar uma avaliação qualitativa e/ou quantitativa do risco.

- O risco de desastres e mudanças climáticas deve ser avaliado para as **ameaças** sísmicas, vulcânicas, de deslizamentos, tsunamis, ventos ciclônicos e/ou marés de tempestade, inundações fluviais, inundações costeiras, elevação do nível do mar, secas e/ou ondas de calor para a área de estudo e especificamente para os componentes e aspectos específicos do projeto.
- Esta análise deverá realizar uma **avaliação qualitativa das condições básicas de risco**, bem como de todas as alternativas de projeto ou operação do empreendimento. Ou seja, em uma primeira instância, para as **condições pré-existentes sem o projeto**; e, em uma segunda, para as novas condições geradas pela execução do projeto — tanto em relação ao próprio projeto quanto para a **população e comunidades vizinhas**.
- Ao avaliar o risco para a população e comunidades vizinhas, será necessário ter cuidado especial para **identificar separadamente o risco incremental e os impactos a terceiros**

gerados pela execução do projeto. Isso deve ser feito considerando a diferença entre risco e impacto, onde o risco se refere à combinação da magnitude das consequências com a frequência de ocorrência, enquanto o **impacto se refere apenas às consequências individuais, sem frequência associada.** Portanto, podem existir casos em que a execução de um projeto gere impactos novos ou adicionais sobre terceiros, que não ocorreriam sem o projeto, mas que, em termos de risco, representam uma redução. Como resultado, o risco marginal refere-se à identificação de como o risco muda (incluindo tanto eventos pequenos e recorrentes quanto grandes e raros) para comunidades e ativos vizinhos em comparação com a situação sem o projeto, garantindo que o projeto não agrave as condições de risco. Além disso, os impactos também deverão ser identificados e avaliados.

- Com base em uma análise rigorosa dos resultados da avaliação de riscos, a consultoria deverá propor **recomendações e medidas** para o projeto ou gestão do empreendimento com o objetivo de reduzir ou gerenciar o risco de desastres e mudanças climáticas, tanto para o projeto quanto para terceiros. Também deverá elaborar um plano de gestão de riscos para lidar com os impactos a terceiros.

A4.9. Atividades

1. Coleta de informações

Deverá ser reunida toda a informação proveniente de estudos, documentos oficiais e considerações já existentes sobre o projeto. Deverá ser documentado como e em que medida já foram incorporadas medidas de redução e gestão do risco no Projeto, bem como identificadas as lacunas existentes.

2. Realização de uma análise qualitativa de risco completa

Esta análise será realizada por meio de um Workshop de Identificação de Modos de Falha, onde especialistas em risco de desastres e mudanças climáticas trabalharão com o pessoal técnico das empresas projetistas/construtoras/operadoras e da Agência Executora do projeto para discutir e avaliar todos os riscos, fatores agravantes, consequências potenciais e medidas de intervenção. Deverá ser indicado se é possível caracterizar e estimar a ordem de grandeza dos possíveis impactos a terceiros que não ocorreriam sem a existência do projeto.

3. Elaboração de um Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres

Utilizando os resultados das atividades anteriores, deverá ser elaborado um Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres para os elementos do projeto que não condicionem a viabilidade técnica ou econômica do projeto. Por outro lado, se após a análise qualitativa de risco forem encontrados aspectos que condicionam a viabilidade do projeto, estes deverão ser avaliados quantitativamente.

A4.10. Resultados e Produtos Esperados

- **Relatório 1:** Plano de trabalho e metodologia detalhada
- **Relatório 2:** Relatório de revisão de informações (Atividade 1)
- **Relatório 3:** Relatório de resultados da análise qualitativa de risco de desastres e mudanças climáticas (ARD) (Atividade 2)
- **Relatório 4:** Relatório do Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres e Mudanças Climáticas, conclusões e recomendações (Atividade 3)

A4.11. Cronograma do Projeto e Marcos

A seguir, são apresentadas datas indicativas de entrega para os produtos propostos.

- **Relatório 1:** entrega até 10 dias corridos após a assinatura do contrato.
- **Relatório 2:** entrega até 45 dias corridos após a assinatura do contrato.
- **Relatório 3:** entrega até 60 dias corridos após a assinatura do contrato
- **Relatório 4:** entrega até 90 dias corridos após a assinatura do contrato.

A4.12. Requisitos dos Relatórios

Este item deve indicar os requisitos para os relatórios. Abaixo, alguns exemplos que podem ser incluídos nos TdR.

- Os produtos deverão ser apresentados em português. Todos os relatórios deverão ser entregues da seguinte forma: i) arquivos eletrônicos relevantes em MS Word, Excel ou outras aplicações editáveis (devem incluir todos os anexos e apêndices); e ii) um arquivo PDF para cada relatório completo. Esses relatórios e arquivos eletrônicos devem ser entregues dentro dos prazos mencionados acima.
- Devem ser entregues cópias funcionais de todos os arquivos digitais SIG (.shp, .tiff, .grd, .gdb, .mxd etc.), modelos, bases de dados e quaisquer outros arquivos criados durante a consultoria.
- Além disso, os principais resultados e conclusões da consultoria devem ser compilados e entregues em uma apresentação no formato MS PowerPoint, em português.

A4.13. Outros Requisitos

Aqui se **descrevem requisitos especiais**, se houver, como exigências relacionadas à segurança, restrições ou requisitos sobre o acesso a tecnologias da informação (TI), ou períodos de inatividade/manutenção do sistema, se necessário. Abaixo, alguns **requisitos relevantes para os TdR da análise qualitativa de riscos**:

- Devem ser identificados os perfis exigidos para os especialistas e pessoal-chave das sessões.
- No mínimo, recomenda-se que o líder da equipe tenha experiência comprovada em avaliação de risco de desastres e mudanças climáticas e/ou em gestão de riscos.
- Deve-se incentivar a formação de equipes multidisciplinares que contemplem os requisitos relacionados ao projeto e aos riscos.
- Também é recomendável experiência na região e no país de interesse, bem como domínio do idioma local.

A4.14. Conclusões

Com estas diretrizes para os TdR, pretende-se evitar:

- Uma ênfase excessiva nas análises de ameaças, com base apenas na localização do projeto.
- Um desacoplamento entre a engenharia do projeto e as características específicas das infraestruturas e análises de risco, o que dificulta que estas análises agreguem valor real.

- Uma falta de planejamento e ponderação nos esforços de simulação e modelagem, diante da ausência de um marco conceitual que defina a estratégia e a oportunidade de cada cálculo em termos das decisões a serem tomadas.

Por fim, é importante destacar a necessidade de vincular a análise de risco quantitativa aos resultados das análises de risco qualitativas. Também é relevante que o tipo de análise quantitativa de risco a ser realizada seja coerente com a disponibilidade de dados e que leve em consideração o impacto das incertezas climáticas e da dinâmica populacional, a existência de critérios de tolerabilidade e/ou aceitabilidade no setor ou subsetor, ou a potencial dependência da viabilidade técnica e econômica do conjunto do projeto.

A4.15. Modelo de Termos de Referência

TERMOS DE REFERÊNCIA

Análise Qualitativa de Risco de Desastre e Mudança Climática para [inserir Nome do projeto] (inserir Referência do projeto)

1. Antecedentes e Justificativa

- 1.1** Esta consultoria tem como objetivo realizar uma avaliação qualitativa dos aspectos de risco de desastre e mudança climática relacionados à [infraestrutura objeto de estudo], proposta pela operação Programa [nome da operação e referência do projeto] em [país]
- 1.2** Os objetivos gerais da operação [referência do projeto] são [inserir objetivos gerais do projeto]. Os objetivos específicos são: (i) [inserir objetivo específico]; (ii) [inserir objetivo específico]; e (iii) [inserir objetivo específico]. [Incluir uma breve descrição do projeto, por exemplo, áreas afetadas, localidades etc.].
- 1.3** A operação [referência do projeto] é um projeto de investimento de Obras Múltiplas que financiará vários subprojetos independentes, voltados para o alcance do objetivo do programa. Esse tipo de operação exige a definição de uma amostra representativa para a aprovação do empréstimo de, pelo menos, 30% do investimento total. Os componentes da operação são: (1) [inserir componente da operação], (2) [inserir componente da operação], e (3) [inserir componente da operação]. As obras de infraestrutura serão financiadas por meio de [inserir fonte de financiamento]. Para as obras, serão utilizados critérios de adaptação e mitigação climática, bem como critérios de sustentabilidade por meio do uso de materiais de construção ecológicos e energias renováveis. Além disso, será assegurada a sustentabilidade econômica e financeira das obras no longo prazo
- 1.4** [Inserir descrição da infraestrutura].
- 1.5** O resultado da Etapa 3¹ da Metodologia de Avaliação de Risco de Desastre e Mudança Climática em projetos do BID determinou a necessidade de realizar uma Avaliação Qualitativa de Risco completa para esta estrutura.

2. Objetivos

- 2.1** O objetivo geral desta consultoria é desenvolver uma Análise Qualitativa de Risco de Desastre e Mudança Climática (ARD), juntamente com um Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastre.

¹ Ver Narrativa no Anexo I dos Termos de Referência.

(PGRD) para [infraestrutura objeto de estudo], incluída na operação [referência do projeto], tanto para cumprir com o MPAS quanto para contribuir para a resiliência e sustentabilidade do projeto, apoiando a avaliação técnica e econômica.

2.1. Os objetivos específicos são:

[indicar objetivo]

[Indicar objetivo].

[Indicar objetivo].

3. Escopo dos Serviços

3.1 Espera-se que a ARD vá além de uma revisão genérica da literatura sobre os riscos potenciais. Espera-se que ele se concentre nos aspectos específicos do projeto que tenham sido identificados como relevantes para esta análise, os quais se especificam a seguir.

- A análise do risco de desastres e mudança climática deverá ser realizada para as seguintes ameaças: [indicar ameaças].
- A análise deverá incluir uma avaliação qualitativa dos riscos para terceiros (comunidades, ativos e ecossistemas vizinhos) e a possibilidade de agravamento do risco devido à execução do projeto.

Ao avaliar o risco para a população e comunidades vizinhas, deve-se ter especial cuidado para identificar separadamente:(i) o risco marginal; e(ii) os impactos socioambientais a terceiros gerados pela execução do projeto. Isso deve ser feito levando-se em conta a diferença entre risco e impacto, sendo que o risco se refere à combinação entre a magnitude das consequências e a frequência de sua ocorrência, enquanto o impacto se refere apenas às consequências individuais, sem frequências associadas. Portanto, podem existir casos em que a execução de um projeto gera impactos novos ou adicionais sobre terceiros que não seriam possíveis sem a existência do projeto, mas que, em termos de risco, o projeto os reduz. Como resultado, o risco marginal refere-se à identificação de como o risco muda (incluindo tanto eventos pequenos e recorrentes como grandes e raros) para as comunidades e ativos vizinhos em comparação com a situação sem o projeto, assegurando que o projeto não agrave as condições de risco. Adicionalmente, os impactos também deverão ser identificados e avaliados.

3.2 Entre os métodos aceitos ou reconhecidos para realizar uma avaliação qualitativa de risco encontra-se o Workshop de Identificação de Modos de Falha. Este deverá ser o método utilizado para realizar a ARD. Devem ser consultados outros Workshops deste tipo realizados especificamente para infraestrutura [tipo de infraestrutura do projeto], a fim de assegurar a adaptação da análise a este subsetor, [inserir exemplo, se houver]

3.3. Com base em uma análise rigorosa dos resultados da ARD, a consultoria deverá propor recomendações e medidas para apoiar o projeto, bem como para a gestão do projeto durante seu ciclo de vida, com o objetivo de reduzir ou gerenciar o risco de desastre e de mudança climática tanto para a própria infraestrutura quanto para terceiros; também deverá elaborar um Plano de Gerenciamento de Riscos de Desastres para gerenciar os impactos sobre terceiros.

4. Escopo dos Serviços

4.1 Atividade 1: Revisão das informações existentes.

4.1.1 Revisão da Narrativa e dos documentos do projeto:

Deverá ser utilizada como base a informação coletada e a análise qualitativa simplificada realizada como parte da Narrativa de Risco do projeto (ver Anexo). Todas essas informações e análises serão fornecidas ao consultor pelo BID. Também deverá ser verificado se as informações dos estudos e documentos oficiais dos projetos utilizadas permanecem inalteradas, se foram modificadas ou se há novas informações disponíveis.

[inserir o item 4.1.2 apenas se a inspeção for realizada virtualmente e antes do Workshop]

4.1.2 Revisão dos produtos de inspeção virtual dos locais do projeto:

O BID realizará um levantamento com drones na área de estudo para obter imagens e vídeos atualizados da mesma; essa atividade será realizada fora do escopo desta consultoria. O BID será responsável por entregar todas as informações ao consultor. Será necessário realizar uma revisão do material recebido para que o consultor se familiarize com o contexto e possa preparar adequadamente o Workshop de Identificação de Modos de Falha, incorporando essas informações como insumos para a análise qualitativa do risco da infraestrutura proposta².

4.2 Atividade 2: Workshop introdutório sobre temas de risco de desastres e mudança climática

Sessão com duração de três horas para apresentar os conceitos básicos de gestão de riscos de desastres e mudança climática ao corpo técnico da(s) empresa(s) projetista(s)/ construtora(s)/ operadora(s) e da Agência Executora do projeto. Propõe-se que o Workshop inclua uma apresentação técnica de, no máximo, duas horas, com espaço reservado para esclarecer as dúvidas dos participantes.

4.3 Atividade 3: Análise qualitativa de risco – Workshop de Identificação de Modos de Falha para os projetos definidos no Escopo destes Termos de Referência.

Workshop no qual especialistas em risco de desastre e mudança climática trabalham em conjunto com o corpo técnico da(s) empresa(s) projetista(s)/ construtora(s)/ operadora(s) e da Agência Executora do projeto para discutir e avaliar todos os riscos, fatores contribuintes, consequências potenciais e possíveis medidas de intervenção. Este Workshop é composto pelas seguintes subatividades:

- 4.3.1 Revisão e discussão em grupo, ao vivo, de todas as informações coletadas na Atividade 1.
- 4.3.2 Visita técnica à [infraestrutura objeto de estudo].
- 4.3.3 Identificação individual e em grupo dos Modos de Falha e sua classificação.

² Caso seja necessário apoio técnico e financeiro fora da operação para esses voos de drones, a VPS/ESG poderá apoiar nesse aspecto.

- 4.3.4 Proposta de recomendações e medidas para reduzir a probabilidade e/ou o impacto dos Modos de Falha classificados. Também deverá ser indicado se é possível caracterizar e estimar a ordem de grandeza do agravamento do risco ou dos possíveis impactos a terceiros que não seriam possíveis sem a existência do projeto.

4.4 Atividade 4: Plano de gerenciamento de riscos de desastres e mudança climática.

Com base nos resultados da atividade anterior, desenvolver um PGRD para as características do projeto que não condicionam sua viabilidade técnica e/ou econômica. Também deverão ser fornecidas recomendações estruturais e/ou não estruturais específicas para o projeto. Por outro lado, e caso se considere tecnicamente justificado, identificar quais características específicas do projeto condicionam sua viabilidade e devem ser avaliadas quantitativamente (Etapa 5 da Metodologia de Avaliação de Risco de Desastres e Mudança Climática em projetos do BID).

5. Resultados e produtos esperados

5.1 Relatório 1: Plano de Trabalho e metodologia detalhada.

5.2 Relatório 2: Ata do Workshop introdutório (Atividade 2).

5.3 Relatório 3: Relatório de Modos de Falha estruturado de acordo com o Guia metodológico para a realização de Workshops de Identificação de Modos de Falha do BID (Atividade 3).

5.4 Relatório 4: Relatório do Plano de gerenciamento de riscos de desastres e mudança climática, conclusões e recomendações (Atividade 4).

(A Política do Banco GN-2765-1 não permite a aquisição de bens e serviços relacionados, exceto quando tais bens e serviços relacionados forem necessários para atingir os objetivos do Trabalho Operacional executado pelo Banco, estiverem incluídos no contrato de serviços de consultoria e representarem menos de dez por cento (10%) do valor do contrato de serviços de consultoria. Caso se determine que a aquisição de bens pela empresa consultora é necessária, por favor, inclua uma especificação técnica muito detalhada dos requisitos mínimos desses bens)

6. Cronograma do Projeto e Marcos

6.1 Relatório 1: entrega em até 10 dias corridos após a assinatura do contrato.

6.2 Relatório 2: entrega em até 45 dias corridos após a assinatura do contrato.

6.3 Relatório 3: entrega em até 60 dias corridos após a assinatura do contrato.

6.4 Relatório 4: entrega em até 90 dias corridos após a assinatura do contrato.

7. Requisitos dos Relatórios

7.1 Os produtos deverão ser apresentados em [inserir idioma/s]. Todos os relatórios deverão ser entregues da seguinte forma: i) os arquivos eletrônicos relevantes em MS Word, Excel ou outros aplicativos aceitáveis para o BID (devem incluir todos os anexos e apêndices); e ii) um arquivo PDF para cada relatório completo. Esses relatórios e arquivos eletrônicos deverão ser entregues dentro dos prazos mencionados na seção 6.

7.2 Devem ser entregues cópias funcionais de todos os arquivos digitais SIG (.shp, .tiff, .grd, .gdb, .mxd, etc.), modelos, bases de dados e qualquer outro arquivo criado durante a consultoria.

7.3 Adicionalmente, os principais resultados e conclusões da consultoria devem ser compilados e entregues em uma apresentação em formato MS PowerPoint em português.

8. Critérios de Aceitação

8.1 A Divisão de [inserir divisão do BID responsável pelo projeto] do BID será responsável técnica pela execução deste contrato, bem como pela aprovação dos produtos elaborados pelo consultor. Esta responsabilidade será exercida em coordenação com a Divisão de Soluções Ambientais e Sociais (VPS/ESG). Em nome do BID, a coordenação técnica desta consultoria estará a cargo de [nome do responsável e e-mail], em coordenação com [nome da pessoa e-mail].

9. Outros Requisitos

9.1 O consultor deverá ter experiência na realização de análises de risco de desastre e na análise da ameaça [indicar ameaças]. A equipe consultora poderá incluir qualquer número de especialistas, desde que os seguintes perfis sejam atendidos:

- Especialista em avaliação do risco de desastre e mudança climática:

Experiência em liderar avaliações de risco de desastre qualitativo por meio de Workshops de Identificação de Modos de Falha para infraestruturas; experiência na proposição de medidas de mitigação de risco e na redação de Planos de Gerenciamento de Risco de Desastre; título de Mestrado em Engenharia Civil, Ambiental ou similar.

- Especialista em estruturas civis:

Experiência em análise e projeto de [inserir tipo de infraestrutura]; experiência em participar de avaliações de risco de desastre qualitativo por meio de Workshops de Identificação de Modos de Falha para infraestruturas; título de Mestrado em Engenharia Civil com especialização em estruturas e obras civis ou similar.

- Especialista em ameaças [inserir especialidade: hidrometeorológicas / geofísicas / etc.]:

Experiência na avaliação da ameaça por [inserir ameaça]; experiência em participar de avaliações de risco de desastre qualitativo por meio de Workshops de Identificação de Modos de Falha; experiência na análise dos efeitos das mudanças climáticas; experiência em propor e projetar medidas de mitigação de risco por ameaças [inserir ameaça]; título de Mestrado em Engenharia Civil ou Ambiental nas áreas relevantes ou similar.

9.2 Adicionalmente, os candidatos devem ser cidadãos de um dos 48 países membros do grupo BID:

10 Supervisão e Relatórios

10.1. A Divisão de [inserir divisão do BID responsável pelo projeto] do BID será responsável técnica pela execução deste contrato, bem como pela aprovação dos produtos elaborados pelo consultor. Esta função será exercida em coordenação com a Divisão de Soluções Ambientais e Sociais (VPS/ESG). Em nome do BID, a coordenação técnica desta consultoria estará a cargo de [nome do responsável e e-mail], em coordenação com [nome da pessoa e e-mail].

11. Calendário de Pagamentos

11.1 As condições de pagamento serão baseadas nos marcos ou entregáveis da consultoria, os quais coincidem com a proposta apresentada pela empresa consultora. O Banco não prevê realizar pagamentos antecipados sob contratos de consultoria, a menos que seja necessária uma quantidade significativa de viagens.

11.2 A Taxa de Câmbio Oficial do BID indicada no SDP será aplicada para as conversões necessárias dos pagamentos em moeda local.

Plano de Pagamentos	
Entregável	%
1. Após a aprovação pelo Banco do Relatório 1	10%
2. Após a aprovação pelo Banco do Relatório 2	25%
3. Após a aprovação pelo Banco do Relatório 3	35%
4. Após a aprovação pelo Banco do Relatório 4	30%
TOTAL	100%

Anexo 1. Narrativa de Risco

[Inserir o resumo da narrativa do projeto pelo qual se decidiu avançar para a Etapa 4 (análise qualitativa) da metodologia do BID]

