

Guia sobre

Adaptação às Mudanças Climáticas

Para o setor de Mineração



The Mining Association of Canada



IBRAM
MINERAÇÃO DO BRASIL

Este documento de orientação foi desenvolvido sobre pela Associação de Mineração do Canadá (MAC) com **Apoio financeiro, suporte a partir de Natural Recursos Canadá**

Guia sobre Adaptação às Mudanças Climáticas Para o setor de Mineração

Preparado por:



GOLDER

© 2021 Associação de Mineração do Canadá. Marcas comerciais, incluindo, mas não se limitando a *Towards Sustainable Mining*®, *TSM*®, e os desenhos de arcos e quadriláteros em forma de diamante, são marcas registradas ou marcas comerciais da The Mining Association of Canada no Canadá e/ou em outros países.

Data da Versão: Junho 2021

Este documento que temos a honra de apresentar no Brasil é fruto da articulação entre o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM e a Mining Association of Canada (MAC), instituição análoga ao IBRAM e reconhecida pela excelência na formulação de trabalhos técnicos de ponta relacionados às boas práticas no setor mineral.

Pelo acordo entre essas duas organizações, o Instituto adaptou todo o conteúdo técnico do Towards for Sustainable Mining (TSM) para a realidade brasileira e se encarrega agora de disseminar publicamente este documento.

O TSM, estabelecido pela MAC em 2004, é um programa que permite às empresas de mineração alcançar a melhoria contínua de suas operações em conformidade com os melhores parâmetros de referência operacionais. Seu principal objetivo é possibilitar que as empresas da indústria mineral atendam às necessidades da sociedade no que diz respeito às demandas por produtos da cadeia do setor, de maneira mais responsável em termos sociais, ambientais e econômicos

O ponto central desta parceria entre IBRAM e MAC se baseia na disseminação da autorregulação do setor. E principalmente na construção de relações de confiança e de credibilidade pela sociedade, a partir de um conjunto de indicadores que visam impulsionar o desempenho e garantir que os principais riscos de mineração sejam gerenciados de forma responsável.

Este trabalho técnico aqui apresentado, agora em português, ficará acessível a todo o público interessado em ampliar seus conhecimentos sobre o desempenho mineração e sua melhoria contínua, possibilitando maior grau de responsabilidade operacional dos empreendimentos minerários. A parceria com a MAC que proporcionou a edição deste brilhante material técnico é mais uma contribuição do IBRAM e de seus associados à indústria da mineração e à sociedade brasileira.

Bom Uso!



Raul Jungmann
Presidente



The Mining Association of Canada



IBRAM
MINERAÇÃO DO BRASIL

Expediente

Esta publicação é de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram), tendo apoio técnico para tradução e adaptação à realidade brasileira através de parceria com a Proactiva Results e Cescon Barrieu.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM:

Julio Nery

Diretor de Sustentabilidade

Cláudia Salles

Gerente de Sustentabilidade

PROACTIVA RESULTS:

Carla Schmidt Oberdiek

Pablo Ricardo Belosevich Sosa

Rafael Tiago Juk Benke

Thâmisa Gonzalez

CESCON BARRIEU:

Dario Rabay

Isabella Oriolo Pollari

Marcelo Mendo de Souza

Maurício Pellegrino de Souza

Viviane Rodrigues

ORGANIZAÇÕES PARCEIRAS NA ADAPTAÇÃO DA VERSÃO BRASILEIRA



The Mining Association of Canada



IBRAM
MINERAÇÃO DO BRASIL

Reconhecimentos

A Associação de Mineração do Canadá e a Golder desejam reconhecer as importantes contribuições para o desenvolvimento deste documento de orientação por muitas organizações e indivíduos, principalmente:

Natural Resources Canada, Divisão de Impactos e Adaptação das Mudanças Climáticas, que forneceu financiamento para apoiar o desenvolvimento do documento de orientação e forneceu importantes contribuições ao longo do processo.

Agradecemos também à NRCan CanmetMINING por fornecer comentários sobre o documento de orientação preliminar.

Lorax Environmental Services, que forneceu contribuições substanciais durante todo o processo, em colaboração com Golder. Lorax fez contribuições importantes para moldar a orientação por meio da participação em oficinas realizadas em estágios chave do processo de desenvolvimento, preparação de um estudo de caso e fornecimento de contribuições significativas para Golder em rascunhos do documento.

Meio Ambiente e Mudança Climática do Canadá, Centro Canadense de Serviços Climáticos, que forneceu comentários técnicos detalhados sobre o rascunho da orientação, auxiliou na identificação de recursos sobre as condições climáticas e modelagem e auxiliou na coordenação da revisão externa do rascunho do documento de orientação.

International Finance Corporation, que forneceu informações iniciais para o desenvolvimento do documento de orientação, inclusive participando do workshop inicial, e fez comentários sobre o documento de orientação preliminar.

Os membros do Grupo Diretor de Adaptação às Mudanças Climáticas do MAC, que forneceram orientação geral em nome dos membros do MAC, participaram de workshops e chamadas durante todo o processo e forneceram informações para estudos de caso. Juntamente com o Comitê de Mudança Climática do MAC, o Grupo de Trabalho de Rejeitos e os Comitês de Meio Ambiente e Ciência, eles também forneceram informações valiosas sobre os rascunhos do documento de orientação.

Revisores externos que forneceram comentários sobre o documento de orientação preliminar: Fraser Basin Council, International Council on Mining and Metals, Acclimatise, Ouranos e Pacific Climate Impacts Consortium.



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada



Sumário Executivo

Como parte do compromisso da Associação de Mineração do Canadá (MAC) com o desenvolvimento sustentável, este documento fornece orientações sobre a adaptação às mudanças climáticas para o setor de mineração. As mudanças climáticas já estão afetando a indústria de mineração e as mudanças projetadas para as principais variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, têm o potencial de impactar todos os aspectos do setor de mineração no futuro. Os Proprietários de Minas já estabeleceram processos para gerenciar riscos. A mudança climática atua como um modificador desses riscos que podem ter impactos físicos, sociais, reputacionais e econômicos no setor de mineração. Consistente com a orientação internacional existente, esta orientação fornece ferramentas que podem ser usadas pelos Proprietários para considerar riscos e oportunidades relacionados ao clima e incorporar a adaptação às mudanças climáticas em sua tomada de decisão. Esta orientação descreve uma abordagem passo a passo para:

- Aumentar a resiliência das minas, reduzindo o potencial de impactos e a necessidade de medidas de adaptação mais caras posteriormente no ciclo de vida.
- Aproveitar as oportunidades de mudanças climáticas para melhorar o gerenciamento de minas, como estações de cultivo mais longas que podem ajudar a melhorar as atividades de revegetação e recuperação.

A incorporação de considerações sobre mudanças climáticas e a gestão da responsabilidade relacionada às mudanças climáticas estão se tornando cada vez mais uma exigência dos reguladores. Paralelamente, há uma expectativa crescente de investidores, credores, seguradoras e comunidades de interesse (CDI) de que as empresas demonstrem como os riscos relacionados às mudanças climáticas estão sendo gerenciados. Há um interesse crescente dos investidores na divulgação dos riscos físicos e oportunidades apresentados pelas mudanças climáticas, os potenciais impactos operacionais, regulatórios, financeiros e de reputação, e os processos de governança corporativa relacionados à adaptação às mudanças climáticas.

A implementação desta orientação pode ajudar a embasar a divulgação de informações relacionadas ao risco de mudança climática e apoiar o envolvimento da CDI, no entanto, os Proprietários também devem consultar orientações específicas para divulgação ambiental, social e de governança por meio de programas de relatórios externos.

A orientação foi desenvolvida com a contribuição de membros do MAC e especialistas no assunto e reflete a pesquisa mais atualizada nesta área. A orientação visa especificamente o setor de mineração canadense, mas pode ser aplicada globalmente.

A orientação descreve um processo de três etapas que os Proprietários podem aplicar para considerar e incorporar as considerações de adaptação às mudanças climáticas na tomada de decisões, conforme mostrado na figura a seguir.



Etapa 1: Avaliação de Riscos relacionados a Mudanças Climáticas

- Estabeleça condições climáticas de linha de base com base nas condições climáticas observadas para o local.
- Desenvolva as condições climáticas futuras projetadas para o local usando abordagens e ferramentas de modelagem reconhecidas.
- Identifique vulnerabilidades identificando componentes de infraestrutura, operações dentro e fora do local, impactos no ecossistema e relações com a sua recuperação, e, impactos potenciais na saúde humana que interagem com o clima.
- Avalie os riscos diretos e indiretos associados às mudanças climáticas para infraestrutura e operações vulneráveis.
- Identifique oportunidades potenciais que possam surgir de mudanças nas condições climáticas.

Etapa 2: Desenvolvimento de Caminhos de Adaptação

- Identificar possíveis medidas de adaptação para lidar com riscos ou oportunidades.
- Desenvolver possíveis vias de adaptação que descrevam diferentes opções para lidar com os riscos ou oportunidades, incluindo o momento (curto, médio ou longo prazo) da implementação de medidas de adaptação, como melhorias na infraestrutura, e a implementação de outras medidas de adaptação, como mudanças nas atividades de operação, manutenção ou monitoramento.
- Aplicar ferramentas de análise de decisão para ajudar a embasar a seleção final do caminho de adaptação preferido, levando em consideração os potenciais benefícios e custos (financeiros e não financeiros) de cada caminho de adaptação avaliado.
- Conduza uma análise de sensibilidade para testar a robustez e a validade dos resultados da análise de decisão em relação a vários vieses e hipóteses.
- Selecione os caminhos de adaptação preferidos e identifique os gatilhos e os limites para outras ações.

Etapa 3: Implementação de Caminhos de Adaptação

- Projetar e implementar os caminhos de adaptação selecionados.
- Conduzir o monitoramento para embasar revisões futuras e possíveis atualizações para projeções de condições climáticas futuras, a avaliação de risco de mudança climática e a análise de decisão do caminho de adaptação selecionado.
- Implementar um processo de gestão adaptativa para lidar com a incerteza associada às projeções de mudanças climáticas, para responder proativamente a mudanças inesperadas nas condições climáticas além das projetadas e tomar medidas adicionais em resposta aos valores-limite observados.

Essas etapas do processo são projetadas para serem aplicáveis à incorporação da adaptação às mudanças climáticas na tomada de decisões em locais existentes e em novos locais e podem ser aplicadas em nível corporativo. É importante enfatizar que, como em todos os processos de avaliação e gestão de riscos, os resultados e a implementação não são estáticos. O processo pretende ser iterativo, com vulnerabilidades reconsideradas, riscos reavaliados e caminhos de adaptação reavaliados com base em uma série de informações, como resultados de atividades de monitoramento, mudanças na infraestrutura ou operações no local da mina, mudanças na ciência climática e projeções atualizadas das condições climáticas futuras.

O processo também foi projetado para ser integrado às práticas existentes de avaliação e gestão de riscos, de modo que os riscos associados às mudanças climáticas possam ser considerados como parte de uma matriz de riscos mais ampla.

Ao implementar esta orientação, os Proprietários podem integrar as considerações sobre mudanças climáticas em seus planos de curto, médio e longo prazo, demonstrar aos reguladores, investidores, seguradoras e CDI quais fatores foram considerados e as medidas que o Proprietário está tomando para gerenciar os riscos associados à mudança do clima. Um resultado importante é a produção de documentação clara e concisa que demonstre a incorporação das mudanças climáticas na tomada de decisões, incluindo o desenvolvimento e implementação, conforme apropriado, de medidas de adaptação.

Índice

Reconhecimentos	I
Sumário Executivo	II
Etapa 1: Avaliação de Riscos relacionados a Mudanças Climáticas	V
Etapa 2: Desenvolvimento de Caminhos de Adaptação.....	V
Etapa 3: Implementação de Caminhos de Adaptação.....	VI
Índice	VII
1. Introdução	1
1.1 Impactos Potenciais das Mudanças Climáticas	1
1.2 Propósito	2
1.3 Audiência Pretendida	3
2. Visão geral	4
2.1 Visão Geral do Processo de Incorporação da Adaptação às Mudanças Climáticas na tomada de decisão ..	5
Etapa 1: Avaliação de Riscos relacionados a Mudanças Climáticas.....	5
Etapa 2: Desenvolvimento de Caminhos de Adaptação	5
Etapa 3: Implementação de Caminhos de Adaptação	6
2.2 Abordagem iterativa e escalável	7
Abordagem Iterativa.....	8
Abordagem Escalável.....	9
2.3 Orientações existentes sobre a incorporação da mudança climática na tomada de decisões	12
2.4 Relacionamento com Iniciativas de Divulgação de Mudanças Climáticas	13
3. Minerando em um clima em mudança	15
3.1 Introdução às Mudanças Climáticas	16
3.2 O Canadá e as Mudanças Climáticas	18
4. Etapa 1: Avaliação de Riscos relacionados a Mudanças Climáticas	23
4.1 Estabelecendo uma Linha de Base Climática	25
4.1.1 Selecionando Conjuntos de Dados Climáticos	25
4.1.2 Quantificando a Linha de Base Climática	26
4.2 Projetando condições climáticas futuras	27
4.2.1 Seleção de fontes de projeção climática futura.....	27
4.2.2 Compreensão da Incerteza.....	29
4.2.3 Projetando o Clima Futuro	29
4.3 Impactos Potenciais e Oportunidades Associadas à Mudança Climática	31
Impactos Potenciais.....	31
Potenciais Impactos dentro e fora do Site	32
Potenciais Impactos diretos e indiretos.....	34
Oportunidades Potenciais.....	35
4.4 Vulnerabilidades e Riscos	36
Vulnerabilidades	36
Riscos	38

4.5	Estrutura de avaliação de risco	39
	Elementos fundamentais da estrutura de avaliação de risco.....	41
	Engajamento das Comunidades de Interesse (CDI)	41
	Monitoramento a e revisão	41
	Documentação e relatórios.....	42
	Constituição da equipe.....	42
	PASSO 1: Escopo da avaliação de risco	42
	PASSO 2: Coleta de informações.....	43
	PASSO 3: Identificação de Vulnerabilidades e Oportunidades.....	44
	PASSO 4: Definição de um sistema de classificação de risco	44
	PASSO 5: Avaliação do Risco de Vulnerabilidades.....	47
4.6	Estudo de caso.....	49
	Agnico Eagle - Uso de Conjunto de Dados Climáticos para Reduzir Riscos e Informar o Projeto da Cobertura	49
5.	Etapa 2: Desenvolvimento de caminhos de adaptação	51
5.1	Ordem Temporal nas decisões sobre Adaptação	52
5.2	Quadro de caminhos de adaptação.....	55
5.2.1	Identificar o Objetivo e Escopo.....	56
5.2.2	Identificar Medidas Potenciais de Adaptação.....	57
5.2.3	Classificação e Pré-Seleção de Potenciais Medidas de Adaptação	58
5.2.4	Identificação de Potenciais Caminhos de Adaptação	59
5.2.5	Limiares e gatilhos climáticos	61
5.2.6	Documentação de vias possíveis de adaptação	64
5.2.7	Decisão Análise de Decisão de Potenciais Caminhos de Adaptação	65
5.2.8	Análise de Sensibilidade.....	67
5.2.9	Seleção do caminho preferencial de adaptação	68
5.3	Estudo de caso	69
	Glencore - Operações Integradas de Níquel de Sudbury	69
6.	Etapa 3: Implementação de Caminhos de Adaptação.....	71
6.1	Projeto e implementação de caminhos de adaptação.....	73
6.2	Monitoramento.....	73
6.3	Desenvolvimento e implementação de um processo de gestão adaptativa.....	74
	Planejar (Plan)	76
	Fazer (Do).....	77
	Checar (Check).....	77
	Agir (Act).....	77

6.4 Estudos de Caso	78
Reabilitação de Giat Mine - Limiares da Mudança Climática	78
Mina Millennium da Suncor - Gestão Adaptativa de Rejeitos Líquidos.....	79
7. Referências	81
Glossário	86
Anexo A: Tendências em Variáveis Climáticas e Eventos	90
Anexo B: Metodologia detalhada para o desenvolvimento da linha de base e conjuntos de dados climáticos projetados	95
Anexo C: Fontes de dados da mudança climática	107
Anexo D: Estudos de caso	127
Anexo E: Vulnerabilidades da Mudança Climática - Ciclo de Vida de Minas	144



1 Introdução

A mudança climática é uma preocupação global e seus impactos representam riscos cada vez mais amplos para todas as indústrias e atividades, incluindo o setor de mineração. As mudanças no clima têm o potencial de impactar muitos aspectos do setor de mineração, como impactos físicos nos locais da mina e comunidades adjacentes, impactos sociais e impactos na reputação e economia dos Proprietários.

Este documento fornece orientação sobre como avaliar, selecionar e implementar medidas para gerenciar os riscos e oportunidades associados às mudanças climáticas, incluindo eventos climáticos extremos e mudanças de longo prazo nas condições climáticas. Seguindo esta orientação, os Proprietários podem fortalecer a resiliência, reduzir ou eliminar impactos, minimizar custos de modificações futuras e criar benefícios sociais e econômicos para interesses públicos e privados.

Em 2016, o Painel Consultivo da Comunidade de Interesse (CDI) da Associação de Mineração do Canadá (MAC) emitiu uma declaração sobre as mudanças climáticas ao MAC com “chamadas à ação” em várias áreas, incluindo a divulgação de riscos e oportunidades de mudanças climáticas. O Painel propôs ideias e ações específicas para ajudar o MAC e seus membros a aproveitar o progresso já feito na abordagem da mudança climática e ajudar a orientar os esforços futuros com relação ao planejamento, gerenciamento e operação de minas e atividades relacionadas neste contexto global em mudança. Este documento se alinha e reflete o conselho fornecido pelos apelos à ação do Painel Consultivo da CDI.

Além do compromisso do MAC com a adaptação às mudanças climáticas, há o reconhecimento setorial do tema em nível internacional, com o Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM) divulgando um relatório atualizado, *adaptando-se a um Clima em Mudança – Construindo Resiliência na Mineração e na Indústria de Metais* em 2019. Este relatório observa uma crescente conscientização sobre as mudanças climáticas e seus potenciais impactos na indústria de mineração.

O MAC gostaria de agradecer as contribuições do Comitê Diretor de Adaptação às Mudanças Climáticas, formado para ajudar a orientar e supervisionar este processo. O MAC também reconhece o apoio e contribuição financeira ao projeto fornecido pela Natural Resources Canada

1.1. Impactos Potenciais das Mudanças Climáticas

Mudanças nas condições climáticas podem ter uma ampla gama de impactos potenciais no setor de mineração. Os impactos diretos seriam principalmente de natureza física, como um evento de precipitação extrema causando danos a uma travessia de estrada e poderia ser dentro ou fora do local (por exemplo, danos a uma travessia de uma estrada de propriedade e manutenção pública usada para acessar o local da mina).

No entanto, esses impactos físicos diretos podem levar a uma ampla gama de potenciais impactos indiretos, como:

- Saúde e segurança do pessoal no local.
- Saúde e segurança em moradores de comunidades próximas.
- Impactos ambientais.
- Impactos econômicos sobre o Proprietário (por exemplo, custos de remediação de curto prazo, custos de longo prazo de taxas de seguro mais altas).
- Responsabilidade legal e impactos.
- Impactos reputacionais

1.2. Propósito

A intenção desta orientação é promover uma compreensão setorial dos riscos relacionados às mudanças climáticas e apoiar a incorporação de considerações sobre mudanças climáticas na tomada de decisões. Mais especificamente, a orientação destina-se a ajudar os Proprietários de minas a incorporar a adaptação às mudanças climáticas na tomada de decisões, fornecendo ferramentas para ajudar os Proprietários:

- Compreender o clima histórico e atual.
- Projetar como o clima pode mudar no futuro.
- Identificar aspectos no nível do local ou no nível corporativo das operações da empresa (por exemplo, gerenciamento de água do local, cadeia de suprimentos corporativa) que são potencialmente vulneráveis às mudanças nas condições climáticas.
- Avaliar os riscos associados às mudanças climáticas para infraestrutura e atividades vulneráveis e identificar oportunidades potenciais.
- Identificar ações potenciais para gerenciar riscos ou oportunidades associadas às mudanças climáticas que podem ser implementadas em uma base específica do local ou em nível corporativo (medidas de adaptação).
- Decidir se, quando e como implementar medidas de adaptação (caminhos de adaptação).
- Implementar o processo de monitoramento, gestão e melhoria contínua que é necessário para monitorar as mudanças climáticas e tomar as medidas apropriadas no futuro.

Um resultado importante é a documentação clara e concisa que evidencia a integração da projeção das condições climáticas futuras na abordagem de um gerenciamento de risco do Proprietário.

A orientação não pretende ser prescritiva e descreve um processo de tomada de decisão consistente e baseado nas orientações mais recentes disponíveis e nas melhores práticas para a adaptação às mudanças climáticas. Ele fornece uma orientação clara sobre a abordagem, fontes de informação e requisitos de documentação para incorporar as considerações sobre mudanças climáticas na tomada de decisões, delineando os processos de tomada de decisão em todos os estágios do ciclo de vida da mina.

A implementação desta orientação pode ajudar a embasar a divulgação corporativa sobre os riscos, oportunidades, impactos financeiros e processos de governança relacionados às mudanças climáticas, incluindo a divulgação por meio de iniciativas como:

- Canadian Securities Administrators (CSA) Staff Notice 51-358 *Reporting of Climate Change-Related Risks* (CSA 2019).
- Task Force on Climate-related Financial Disclosure's (TCFD) report on *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD 2017).

É importante observar que a implementação de medidas de adaptação para aumentar a resiliência ou mitigar os impactos potenciais das mudanças climáticas em uma mina ou como empresa pode ser apenas uma parte da estratégia geral de mudança climática de um Proprietário. Essa estratégia também pode incluir medidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e adaptação a outras mudanças relacionadas às mudanças climáticas, como precificação de carbono, captura e armazenamento de carbono, tecnologias emergentes e mudanças nas estruturas legais ou tributárias. Esta orientação se concentra na adaptação aos impactos potenciais das mudanças nas condições climáticas no setor de mineração. Outros aspectos relacionados às mudanças climáticas estão fora do escopo desta orientação.

1.3. Audiência Pretendida

A orientação destina-se principalmente às empresas de mineração, para permitir que incorporem a consideração da adaptação às mudanças climáticas nas minas atuais e fechadas, bem como nas operações futuras planejadas. A orientação também pode ser aplicada por agências governamentais responsáveis pela gestão de minas órfãs e abandonadas.

A orientação pode ser usada pelos reguladores para ajudar a melhorar sua compreensão das melhores práticas relacionadas à adaptação às mudanças climáticas.

Além disso, organizações comunitárias, organizações não governamentais e outras que possam ser afetadas pela mineração também podem usar a orientação para ajudar a melhorar sua compreensão das melhores práticas relacionadas à adaptação às mudanças climáticas, para que estejam mais bem embasados em seu envolvimento com o setor de mineração.

Embora a orientação seja escrita para o setor de mineração e ilustrada com exemplos e estudos de caso de relevância para o setor de mineração, o processo descrito pode ser aplicado por uma ampla gama de atividades do setor público e privado. Por exemplo, um município pode aplicar o processo descrito na orientação para ajudar a embasar decisões sobre adaptação às mudanças climáticas, como decisões sobre gestão de águas pluviais, mesmo que os riscos que um município enfrenta e as medidas de adaptação que seriam consideradas para gerenciar esses riscos possam ser bem diferentes da mineração.

É importante enfatizar que, embora alguns aspectos deste documento sejam específicos do Canadá, como as projeções nacionais das condições climáticas descritas na Seção 3, esta orientação deve ser aplicada globalmente.

Para aplicação no Canadá, a orientação é consistente com os requisitos legais, como a Lei Canadense de Avaliação de Impacto.

2 Visão geral

Esta seção resume os conceitos apresentados na orientação e como esses conceitos devem ser aplicados em todo o ciclo de vida da mineração para incorporar a adaptação às mudanças climáticas na tomada de decisões. Também é fornecida uma discussão sobre como esta orientação se relaciona com outros documentos de orientação existentes.

É importante ter um entendimento comum do ciclo de vida de mineração e/ou refino e como cada fase do ciclo de vida é definida. O ciclo de vida normalmente consiste em seis fases: planejamento, projeto, construção, operações, fechamento e pós- fechamento. Essas fases raramente são lineares, e planejamento, projeto e construção são atividades recorrentes ao longo do ciclo de vida.

As definições das fases do ciclo de vida são adaptadas do MAC's *Guide to the Management of Tailing Facilities* (Guia de Rejeitos) (MAC 2019b):

O **planejamento** é uma atividade recorrente do ciclo de vida que se aplica ao planejamento de novos desenvolvimentos (*greenfield*), extensões da vida útil da mina, mudanças materiais no plano da mina, reabertura de locais fechados e fechamento. O planejamento avalia uma gama de opções potenciais para selecionar a opção preferida.

O **projeto** é uma atividade recorrente do ciclo de vida que se baseia na fase de planejamento. Uma vez que a opção preferida tenha sido selecionada, o projeto detalhado é realizado.

A construção é uma atividade recorrente do ciclo de vida que inclui:

- Para novas minas e grandes expansões, a construção de infraestrutura e instalações da mina, incluindo transporte, energia, processamento de minério e gerenciamento de água e resíduos da mina.
- Construção em andamento durante a fase de Operação, principalmente para instalações de rejeitos (por exemplo, barragens).
- Recuperação progressiva (por exemplo, restauração de áreas perturbadas).
- Construção associada à implementação do plano de fechamento (por exemplo, instalação de coberturas, remoção de infraestrutura).

A **operação** refere-se ao período do ciclo de vida em que a mina está em produção, o minério está sendo processado (se houver uma instalação no local) e estéril e rejeitos estão sendo produzidos.

O **fechamento** ocorre quando a mina cessou permanentemente as operações comerciais e o plano de fechamento é implementado, incluindo a remoção da infraestrutura principal.

O **pós-fechamento** ocorre quando o plano de fechamento foi implementado e a infraestrutura restante, especialmente instalações de rejeitos e estéril, passa para um período de manutenção e monitoramento contínuo de longo prazo.

2.1. Visão Geral do Processo de Incorporação da Adaptação às Mudanças Climáticas na tomada de decisão

O documento de orientação descreve um processo de três etapas que os Proprietários podem aplicar para incorporar a adaptação às mudanças climáticas na tomada de decisões (Figura 1):

Etapa 1: Avaliação de Riscos relacionados a Mudanças Climáticas

- Compilar e analisar conjuntos de dados sobre as condições climáticas observadas para o local.
- Desenvolver e fazer projeções das condições climáticas futuras para o local, com base nas condições climáticas da linha de base e usando ferramentas de modelagem reconhecidas e diferentes suposições para futuras emissões de GEE.
- Identificar componentes de infraestrutura (por exemplo, travessias de córregos) e operações dentro e fora do local (por exemplo, estradas de acesso, instalações portuárias usadas para o transporte de produtos) que são potencialmente vulneráveis à mudança das condições climáticas, considerando:
 - Como os componentes de infraestrutura atuais ou planejados e as operações do local interagem com o clima (por exemplo, temperatura média anual, eventos extremos como chuva).
 - Projeções das condições climáticas futuras e como as interações de infraestrutura e operações do local com o clima pode mudar sob mudança das condições climáticas.
- Identificar oportunidades potenciais que podem surgir de mudanças das condições climáticas (por exemplo, estações de crescimento mais longas potencializando atividades de recuperação da vegetação de áreas), e alterações que possam surgir devido a mudanças climáticas que não são nem uma vulnerabilidade nem uma oportunidade (por exemplo, mudança nas condições de crescimento alterando as plantas preferidas para utilizar na recuperação), mas que devem ser gerenciados.
- Avaliar os riscos associados às mudanças climáticas para infraestrutura e operações vulneráveis, considerando os riscos sob as condições climáticas atuais (linha de base), e como esses riscos devem mudar de acordo com as projeções das condições climáticas futuras.

Etapa 2: Desenvolvimento de Caminhos de Adaptação

- Identificar o objetivo e o escopo, incluindo os riscos a serem gerenciados e os fatores a serem considerados, e identificando objetivos de desempenho mensuráveis.
- Identificar possíveis medidas de adaptação que possam ser implementadas para lidar com riscos ou aproveitar oportunidades, como:
 - Modificações físicas na infraestrutura existente ou construção de nova infraestrutura.
 - Revisão das atividades de operação, manutenção e monitoramento.
 - Fornecer suporte a terceiros responsáveis por infraestrutura externa vulnerável.
 - Colaborar com fornecedores sobre riscos ou oportunidades associados às cadeias de suprimentos.
 - Aprimoramento das estruturas de governança relacionadas à adaptação às mudanças climáticas.
- Classificar e pré-selecionar as possíveis medidas de adaptação para eliminar de qualquer consideração posterior as que tenham características que não sejam viáveis.

- Em alguns casos, pode ser possível tomar uma decisão neste momento sobre os caminhos e medidas de adaptação a serem implementados e o momento da implementação e prosseguir para a Fase 3.
- Em outros casos, o processo deve continuar com as etapas mais detalhadas descritas abaixo.
- Desenvolver possíveis caminhos de adaptação que mapeiem a sequência de possível implementação de medidas de adaptação para lidar com riscos ou oportunidades. As opções de caminhos de adaptação podem incluir
 - **Business as usual** no qual o caminho não inclui quaisquer medidas de adaptação e o proprietário responderia se um evento climático ocorresse.
 - Implementação de uma medida de adaptação a curto prazo.
 - Adiar a implementação de uma medida de adaptação até que um limiar pré-definido para variáveis climáticas relevantes tenha sido atingida.
- Avaliar os possíveis caminhos de adaptação usando ferramentas de análise de decisão (por exemplo, análise multicritério ou análise de custo-benefício) para analisar possíveis caminhos de adaptação e embasar a seleção do caminho preferido para cada risco e/ou oportunidade a ser gerenciado.
- Conduzir uma análise de sensibilidade para testar a robustez e a validade dos resultados da análise de decisão em relação a vários vieses e hipóteses.
- Identificar os gatilhos e os limites que podem exigir uma reavaliação da medida de adaptação ou exigir medidas de adaptação adicionais.
- Selecionar a via de adaptação preferida.

Etapa 3: Implementação de Caminhos de Adaptação

- Projetar e implementar as vias de adaptação selecionadas.
- Aumentar ou revisar as atividades de monitoramento para embasar revisões futuras e possíveis atualizações para:
 - Projeções de condições climáticas futuras usadas na Etapa 1.
 - Prioridades identificadas na avaliação de risco de mudanças climáticas.
 - Mudanças nas entradas ou valores usados na análise de decisão do caminho de adaptação selecionado.
- Implementar um processo de gerenciamento adaptativo em todo o ciclo de vida da mina para:
 - Abordar a incerteza associada às projeções de mudanças climáticas.
 - Responder proativamente às mudanças observadas nas condições climáticas e incorporar atualizações de ciência do clima.
 - Executar as ações adicionais em resposta aos valores de limite observados conforme descrito no processo de desenvolvimento do caminho de adaptação.

É importante reconhecer que muitos Proprietários já estabeleceram processos multidisciplinares para identificar, avaliar e gerenciar riscos por meio de estruturas de gerenciamento de riscos. As condições climáticas são uma fonte potencial de risco considerada nesses processos. Onde tais processos já existem, os riscos de mudanças climáticas devem ser integrados como outra fonte potencial de risco a ser considerada, levando em consideração tanto o potencial de impactos diretos associados às mudanças climáticas quanto o potencial de mudança do clima como modificador de outros riscos. Não é recomendado estabelecer um processo separado específico para riscos de mudanças climáticas, e esta orientação deve ser usada para ajudar a facilitar a consideração de riscos de mudanças climáticas usando esses processos existentes. Em outros casos, a orientação pode ser aplicada como uma ferramenta autônoma para identificar e gerenciar os riscos das mudanças climáticas.

Figura 1: Visão geral do processo para incorporar a consideração das mudanças climáticas na tomada de decisões



2.2. Abordagem iterativa e escalável

O processo de três etapas descrito acima pode ser aplicado ao planejamento e projeto de novas minas ou componentes de infraestrutura e para ajudar a tornar as novas construções mais resilientes às mudanças climáticas desde o início.

Também pode ser aplicado a locais existentes nas fases de operação, fechamento e pós-fechamento, para ajudar os Proprietários a tomar decisões de curto e longo prazo sobre a melhor forma de responder aos riscos apresentados pelas mudanças climáticas

Abordagem Iterativa

Independentemente da fase do ciclo de vida da mina em que esse processo está sendo aplicado, é importante ressaltar que, como em todos os processos de avaliação e gestão de riscos, os resultados e a implementação não são estáticos. O processo pretende ser iterativo, com vulnerabilidades reconsideradas, riscos reavaliados e caminhos de adaptação reavaliados com base em uma série de informações, como os resultados das atividades de monitoramento e mudanças na infraestrutura ou nas operações no local da mina.

No entanto, uma abordagem iterativa é ainda mais imperativa quando se considera como gerenciar os riscos associados às mudanças climáticas, dada a incerteza quanto às projeções das condições climáticas futuras, o refinamento futuro dessas projeções à medida que o estado do conhecimento melhora e o potencial surgimento de mudanças de curto prazo indicativas de mudanças climáticas. Assim, recomenda-se que os Proprietários apliquem esta orientação de maneira contínua e iterativa, embasada e considerando:

- Atualizações na ciência do clima, códigos e padrões de engenharia ou requisitos legais que podem alterar vulnerabilidades ou riscos.
- Mudanças nas operações da mina, incluindo infraestrutura.
- Mudanças nas políticas, planos, estratégias de negócios e ativos (por exemplo, prazos de manutenção e substituição) (ISO 2019).
- Mudança na fase do ciclo de vida da mina (ou seja, uma mina que está em transição de operação para fechamento).
- Mudanças nos planos futuros para a mina (por exemplo, uma extensão da vida útil da mina).
- Mudanças no ambiente externo.
- Ações de adaptação ao clima realizadas por terceiros (ISO 2019).

Conforme ilustrado na Figura 2, alterações como as listadas acima podem desencadear a revisão do:

- Conjunto de dados climáticos e projeções das condições climáticas futuras (Etapa 1).
- Identificação de vulnerabilidades e oportunidades (Etapa 1).
- Avaliação de risco das alterações climáticas (Etapa 1).
- Caminhos de adaptação que foram selecionados (Etapa 2).
- Implementação de caminhos de adaptação (Etapa 3).
- Desenho e implementação do programa de monitoramento (Etapa 3).

Figura 2: A natureza iterativa do processo para incorporar a consideração das mudanças climáticas na tomada de decisões



Abordagem Escalável

O processo foi projetado para ser aplicado de maneira escalável, tanto ao longo do ciclo de vida quanto ao longo do processo, à medida que mais informações são obtidas. Uma abordagem escalável ajusta o nível de detalhe necessário com base na decisão a ser informada ou na etapa do processo e permite que o processo seja iniciado na etapa de Planejamento, quando o plano inicial da mina está sendo desenvolvido.

No contexto da adaptação às mudanças climáticas, uma abordagem escalável envolve principalmente o grau de incerteza e os esforços feitos para reduzir essa incerteza. A incerteza é inerente aos resultados de qualquer avaliação de risco, e a incerteza associada à projeção das condições climáticas futuras adiciona um grau ainda maior de incerteza. A coleta de conjuntos de dados mais abrangentes sobre as condições climáticas observadas e a condução de modelagem mais abrangente das projeções das condições climáticas futuras podem ajudar a reduzir a incerteza. No entanto, essa redução da incerteza nem sempre é necessária ou possível.

Os exemplos a seguir ilustram as diferentes maneiras pelas quais uma abordagem escalável pode ser usada.

- Escalável com base no objetivo do processo de tomada de decisão: um maior grau de rigor (menor quantidade de incerteza) é necessário para embasar algumas decisões em relação a outras, como as decisões relacionadas ao projeto detalhado de uma nova mina, em comparação com uma decisão sobre uma possível substituição de uma travessia de córrego.
- Escalável ao longo do ciclo de vida: menos detalhes e mais incerteza são toleráveis durante a fase de planejamento de um novo local de mina ou componente de infraestrutura (por exemplo, infraestrutura de gerenciamento de água), mas pode ser necessário um conjunto mais abrangente de dados climáticos observados e modelagem das projeções das condições climáticas futuras para embasar o projeto detalhado com base nos resultados da avaliação de risco.

- Escalável através das etapas do processo: por exemplo, um conjunto de dados climáticos menos detalhado e projeção de condições climáticas futuras podem ser usados para embasar a identificação de vulnerabilidades, mas o desenvolvimento e a seleção de vias de adaptação podem exigir informações adicionais, como informações sobre variáveis climáticas (por exemplo, potencial para condições de seca). Da mesma forma, ao implementar os caminhos de adaptação (Fase 3), informações adicionais podem ser necessárias para definir pontos de gatilho para ações de adaptação adicionais.

A Tabela 1 fornece exemplos para um aspecto específico e escalável – o nível de detalhe do conjunto de dados climáticos usado para descrever as condições climáticas atuais e históricas. Este conjunto de dados fornece a base para o desenvolvimento de uma projeção específica do local das condições climáticas futuras. A Tabela 1 divide os conjuntos de dados climáticos em três categorias: básico, intermediário e detalhado (*Charron 2016*). Essas categorias se aplicam não apenas à aplicação potencial da informação, mas também aos formatos em que a informação pode vir. Passar da categoria básica para a categoria detalhada aumenta a complexidade do tipo de variáveis climáticas consideradas.

As fases de planejamento e projeto são particularmente importantes para novas minas e para extensões significativas da vida útil da mina e planejamento de fechamento. Durante as fases de planejamento e projeto, os riscos das mudanças climáticas devem ser identificados, avaliados e incorporados à tomada de decisão, ajudando a levar a operações mais resilientes e evitando a necessidade de mitigação no futuro. No entanto, conforme observado, mais detalhes são necessários na fase de projeto. Tanto o planejamento quanto o projeto devem considerar uma longa escala de tempo, incluindo a duração da vida operacional projetada da mina e as fases de fechamento e pós-fechamento. Durante essas fases, tanto eventos climáticos extremos (por exemplo, tempestades, eventos de precipitação de alta intensidade, incêndios florestais) quanto mudanças de longo prazo no clima (por exemplo, aumento das temperaturas) devem ser considerados e incorporados ao projeto geral da mina e em componentes específicos da infraestrutura da mina. A Tabela 1 descreve como as mudanças climáticas podem ser refinadas ao longo do tempo para cada fase do ciclo de vida da mineração.

O planejamento e o projeto específicos para o desenvolvimento de um plano de fechamento podem precisar ter uma visão de prazo ainda maior. Consistente com as melhores práticas para o desenvolvimento do plano de fechamento, o desenvolvimento deve começar o mais cedo possível no ciclo de vida, com o plano e os elementos de design associados refinados continuamente e finalizados nos estágios finais da fase de Operação. O desenvolvimento contínuo do plano de fechamento deve ser embasado por projeções do clima futuro e refletir as atualizações dessas projeções ao longo do tempo, além de ser embasado por uma série de outros fatores, como condições de construção da mina, mudanças nos requisitos legais, melhorias em tecnologia etc.

Tabela 1: Três categorias de informações climáticas projetadas (adaptado de Charron 2016)

Categoria	Características			
	Propósito	Resolução Espacial	Estatística Climática	Fase do Ciclo de Vida da Mina
Básico	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conhecimento inicial ■ Análise de risco preliminar ■ Avaliação de alternativas ■ Divulgação a nível corporativo (por exemplo, TCFD) ■ Identificação de riscos e oportunidades climáticas prioritárias 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Escala grosseira (por exemplo, projeções existentes de agências governamentais, instituições acadêmicas etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mudança média (delta) do clima atual 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planejamento ■ Planejamento de fechamento conceitual
Intermediário	<ul style="list-style-type: none"> ■ Identificação de vulnerabilidades ■ Avaliações de impacto ■ Desenvolvimento de medidas iniciais de adaptação “<i>in-design</i>” 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Variável (por exemplo, nacional, provincial, regiões dentro de um país, bacia hidrográfica) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Faixa de valores futuros projetados para variáveis climáticas específicas (por exemplo, temperatura média anual) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Projeto conceitual ■ Desenvolvimento do plano de fechamento através das fases iniciais do ciclo de vida
Detalhado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Avaliação de risco climático ■ Ferramentas suporte para análise de decisão ■ Monitoramento de informe e implementação de vias de adaptação ■ Registros de risco no nível do site 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Normalmente, escala fina (por exemplo, regional ou dezenas de quilômetros) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Extremos, incluindo mudança na distribuição da precipitação 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Projeto detalhado ■ Construção ■ Operação ■ Projeto de fechamento detalhado ■ Fechamento, pós-fechamento

2.3. Orientações existentes sobre a incorporação da mudança climática na tomada de decisões

Antes do desenvolvimento desta orientação, havia pouca orientação específica de mineração disponível que fornecesse métodos ou procedimentos para incorporar considerações sobre a mudança climática no processo decisório do Proprietário. Foi realizada uma revisão de literatura que coletou documentação disponível publicamente de agências internacionais, instituições acadêmicas e governos federais e provinciais/territoriais para orientação sobre a incorporação de considerações sobre a mudança climática para a indústria de mineração.

Adaptação a um Clima em Mudança: ***Building Resilience in the Mining and Metals Industry*** (Conselho Internacional de Mineração e Metais [(International Council on Mining and Metals - ICMM) 2019]: Fornece uma atualização de alto nível sobre os principais desafios e oportunidades que o setor de mineração enfrenta com relação à adaptação à mudança climática. Fornece uma visão geral sobre a importância da construção da resiliência à mudança climática para as minas e faz recomendações sobre como os proprietários podem integrar as considerações climáticas nos processos de gerenciamento de risco existentes e estabelece um processo gradual para a construção da resiliência climática. O relatório não fornece orientação específica sobre as opções/práticas de adaptação recomendadas. Este documento de orientação está alinhado com a orientação fornecida pelo ICMM.

***Relatório do Canadá sobre Mudanças Climáticas* (Bush e Lemmen, ed. 2019): Fornece uma avaliação nacional do estado do conhecimento sobre como e por que o clima do Canadá mudou** e que mudanças são projetadas para o futuro. Liderado por *Environment and Climate Change Canada*, é o primeiro relatório a ser lançado como parte da série de relatórios Canadá em um Clima em Mudança: Avançando nosso Conhecimento para Ação. Este relatório inclui uma visão geral dos modelos climáticos e como eles são usados para simular o clima histórico e para fazer projeções do clima futuro. Também inclui uma discussão de métodos de redução que transformam os resultados do Modelo de Circulação Geral em informações mais detalhadas e locais mais adequadas para estudos de impacto. Um resumo dessas informações, incluindo as tendências observadas e projetadas para uma série de variáveis climáticas no Canadá, está incluído como Apêndice A e é descrito em mais detalhes na Seção 3.

Mais informações sobre como acessar e usar os dados climáticos observados e futuros podem ser obtidas do Canadian Centre for Climate Services (CCCS), estabelecido pelo Governo do Canadá para que os canadenses tenham as informações e apoio necessários para compreender e reduzir os riscos das mudanças climáticas. O website do CCCS inclui informações básicas sobre conceitos de mudança climática, links para portais de dados climáticos canadenses, uma biblioteca de recursos relevantes para considerar informações climáticas para a tomada de decisões e um gabinete de apoio.

O gabinete de apoio ajuda a responder perguntas para guiar os canadenses que procuram entender e usar os dados climáticos. Ele fornece acesso direto aos especialistas em clima, e pode ser alcançado através do site do Centro, pelo telefone 1-833-517-0376, ou pelo e-mail info.cccs-ccsc@canada.ca. Por favor, verifique regularmente o website do CCCS à medida que novas ferramentas e recursos se tornam disponíveis.

As orientações canadenses sobre como usar as informações climáticas para ajudar a embasar as decisões de adaptação e como decidir que nível de detalhe melhor apoia a adaptação e a tomada de decisões incluem o seguinte:

- ***A Guidebook on Climate Scenarios - Um Guia sobre Cenários Climáticos* (Charron 2016):** Auxilia os profissionais da adaptação à mudança climática ao usar informações climáticas, fornecendo uma introdução geral aos conceitos da ciência climática.

- ***Dam Safety Guidelines – Guia de Segurança de Barragens, 2007 (Revisado em 2013; CDA 2013):*** A Associação Canadense de Barragens não fornece orientação específica sobre considerações relativas à mudança climática. Para a infraestrutura existente, a orientação recomenda que a mudança climática deve ser considerada ao avaliar se as práticas ou planos precisam ser atualizados diante de possíveis mudanças futuras, especialmente no que diz respeito a equilíbrios e extremos de precipitação.
- ***Public Guideline: Principles of Climate Adaptation and Mitigation for Engineers - Guia Público: Princípios de Adaptação Climática e Mitigação para Engenheiros (Engineers Canada 2018):*** Engineers Canada desenvolveu princípios orientadores para delinear a prática profissional necessária para a adaptação e mitigação da mudança climática. Estes princípios são projetados para melhorar a resiliência, compreendendo os impactos potenciais e reduzindo a magnitude destes impactos. Entretanto, o planejamento de engenharia, projeto, operações e manutenção da infraestrutura não podem mais contar com as tendências históricas projetadas para o futuro. Para a manutenção da infraestrutura em particular, os engenheiros precisam considerar o clima histórico, as tendências climáticas a curto prazo (por exemplo, o clima atual) e as projeções climáticas a longo prazo (por exemplo, o clima futuro). A sustentabilidade a longo prazo e a resiliência da infraestrutura precisam ser consideradas ao longo de sua vida útil prevista, com margens para acomodar medidas de adaptação climática. Os engenheiros devem aplicar um padrão razoável de julgamento profissional ao considerar as condições climáticas em mudança, a resiliência e as oportunidades de mitigação dentro de sua prática profissional.
- ***Government of Canada's Strategic Assessment of Climate Change - Avaliação Estratégica da Mudança Climática do Governo do Canadá (2020):*** A avaliação fornece orientações sobre como as avaliações federais de impacto considerarão os componentes de mitigação e adaptação de um projeto. A avaliação estratégica esclarece como a Agência de Avaliação de Impacto do Canadá ou outros reguladores revisarão as informações relacionadas às emissões de GEE de um projeto e a resiliência aos impactos da mudança climática. A diretriz recomenda que seja preparada uma descrição do escopo e da escala de tempo da avaliação de resiliência que considere todas as fases de um projeto. Os projetos também devem apresentar uma descrição da estrutura de gerenciamento de risco e do processo de avaliação de risco usado para identificar, avaliar e gerenciar os riscos climáticos.
- ***Climate Lens General Guidance Version 1.2 - Orientação Geral da Lente Climática Versão 1.2 (Infrastructure Canada 2019):*** Desenvolvido para projetos que procuram receber financiamento no âmbito do Programa de Infraestrutura de Investimento no Canadá (ICIP), Fundo de Mitigação e Adaptação a Desastres e Desafio Cidades Inteligentes. Projetada para infraestrutura futura, a avaliação exige considerar a resiliência climática examinando a capacidade de um projeto proposto de responder e se recuperar de um evento relacionado à mudança climática. O Anexo H da Versão 1.2 inclui referências a provedores de serviços climáticos nacionais e regionais, portais de dados climáticos e outras fontes de dados e informações climáticas em todo o país. As informações climáticas são expandidas nesta versão para atender às necessidades de tomada de decisão, além de uma lista atualizada de recursos disponíveis para informações e dados climáticos.

2.4. Relacionamento com Iniciativas de Divulgação de Mudanças Climáticas

Há um interesse crescente dos investidores em buscar uma melhor divulgação sobre os riscos, oportunidades, impactos financeiros e processos de governança relacionados às mudanças climáticas. Por exemplo, dois instrumentos de divulgação específicos foram desenvolvidos:



- Aviso da equipe 51-358 da Canadian Securities Administrators (CSA) **Relatório de riscos relacionados às mudanças climáticas** (CSA 2019). Há um interesse crescente de investidores no Canadá e internacionalmente na divulgação de riscos, oportunidades, impactos financeiros e processos de governança relacionados às mudanças climáticas. A legislação canadense de valores mobiliários exige a divulgação de riscos materiais que afetam as empresas de mineração e quaisquer impactos financeiros associados.
- Relatório da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima (Task Force on Climate-related Financial Disclosure - TCFD) sobre **Recomendações da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima** (TCFD 2017). O TCFD estabelece uma estrutura para a divulgação voluntária de riscos e oportunidades relacionados ao clima. Ele sugere que as oportunidades relacionadas ao clima para as empresas de mineração resultarão de ações que melhorem a eficiência operacional.

Além disso, várias seguradoras e resseguradoras multinacionais incorporaram a adaptação às mudanças climáticas ao avaliar seus riscos de carteira e reduziram a capacidade de subscrição para determinadas exposições e implementaram novas exclusões e condições de cobertura.

A implementação desta orientação pode ajudar a embasar a divulgação relacionada a essas iniciativas. No entanto, este documento de orientação não se destina a fornecer orientação para divulgação por meio desses programas. Os resultados de uma avaliação de riscos climáticos específicos de minas devem ser integrados a um programa de gestão de risco de toda a empresa ou incorporados à política ou estratégia de governança corporativa. Isso ajudará a comunicar e integrar riscos e oportunidades relacionados ao clima na estratégia ou programa mais amplo de uma empresa e demonstraria a necessidade de capacitação e aprendizado organizacional. Isso também permitiria que todos os riscos e oportunidades do projeto fossem considerados de forma consistente e acompanhassem o desempenho das medidas de adaptação.

3 Minerando em um clima em mudança

Esta seção apresenta conceitos que ajudam a embasar a incorporação da adaptação às mudanças climáticas na tomada de decisões. Embora alguns dos detalhes desta seção forneçam uma visão geral de como o clima está mudando e as projeções de mudança no Canadá, os conceitos descritos podem ser aplicados globalmente.

A mineração sempre exigiu uma compreensão da variabilidade climática e estabeleceu práticas e processos de avaliação e gestão de riscos que consideram riscos e oportunidades relacionados ao clima. Por exemplo, mesmo sem considerar as possíveis mudanças futuras no clima, é comum projetar infraestrutura de gerenciamento de água e instalações de rejeitos para acomodar eventos climáticos extremos, como o uso de precipitação máxima provável ou condições de inundação ou um evento de 1/10.000 anos, em vez de períodos de retorno mais curtos.

No entanto, a mudança climática é agora um modificador desses riscos, e as projeções de mudanças no clima podem introduzir riscos adicionais, bem como oportunidades. As mudanças no clima global impactaram e continuarão impactando as minas localizadas em todos os ambientes e abordar os riscos relacionados às mudanças climáticas é uma prioridade reconhecida para o setor de mineração (ICMM 2019).

Esta seção introduz a terminologia usada em todo o documento:

Variável Climática: Um parâmetro climático que pode ser medido e projetado no futuro (por exemplo, temperatura, precipitação, vento etc.) e que tem a capacidade de interagir com a infraestrutura e as operações da mina.

Indicador Climático: Um índice que pode ser quantificado ou medido para demonstrar as mudanças de uma Variável Climática (por exemplo, temperatura diária, número de dias de geada, intensidade e duração dos eventos de chuva, velocidade e direção do vento). O valor de um Indicador Climático pode mudar ao longo do tempo devido às mudanças climáticas.

Evento Climático: Um evento (por exemplo, evento de chuva extrema) que ocorre quando uma Variável Climática está acima de um valor de Indicador Climático, resultando em impactos indesejados na infraestrutura, nas operações da mina ou no meio ambiente.

Os aumentos nas emissões de GEE causaram mudanças nas tendências de variáveis climáticas, como temperatura média anual e precipitação. Essas mudanças podem ser medidas usando indicadores climáticos. Mudanças ao longo do tempo nas variáveis climáticas podem levar a eventos climáticos relacionados às mudanças climáticas, como: aumento do nível do mar, degradação do *permafrost*, calor extremo, eventos extremos de tempestade, secas, inundações e incêndios florestais. A mudança climática atua como um modificador de risco, alterando potencialmente a frequência e a intensidade de tais eventos. Compreender as mudanças nas condições observadas e como as projeções de mudanças futuras no clima terão impactos diretos e indiretos em uma mina, comunidades vizinhas e meio ambiente é o primeiro passo no processo geral descrito nesta orientação. Os impactos das mudanças nas variáveis climáticas irão variar dependendo de muitos fatores, particularmente a localização da mina, a natureza da infraestrutura e a fase do ciclo de vida da mina.

Principais perguntas abordadas nesta seção

Que informações estão disponíveis para descrever o clima atual e futuro? A Seção 3.1 apresenta a principal fonte intergovernamental de ciência do clima e alguns termos-chave que ajudam a entender o estado aceito da pesquisa em ciência do clima.

Como o clima está mudando e projetado para mudar no Canadá? A Seção 3.2 fornece uma visão geral das tendências observadas e projetadas nas variáveis climáticas em todo o Canadá. Isso inclui uma descrição de tendências passadas e futuras para uma lista de variáveis climáticas para o Canadá.

3.1. Introdução às Mudanças Climáticas

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é geralmente considerado como a fonte definitiva de informações relacionadas às mudanças climáticas passadas e futuras, assim como à ciência climática. O IPCC é um órgão das Nações Unidas dedicado a fornecer uma avaliação objetiva e científica das informações sobre a mudança climática, dos potenciais impactos naturais, políticos, econômicos e humanos da mudança climática, e das possíveis opções de resposta. O IPCC divulga periodicamente Relatórios de Avaliação, cada um dos quais fornece o estado atual da ciência da mudança climática, onde há acordo dentro da comunidade científica. Cada relatório passa por uma série de revisões para garantir objetividade e transparência. O IPCC não realiza suas próprias pesquisas e é considerado neutro, relevante para as políticas, mas não normativo para as políticas.

Através deste trabalho, o IPCC fornece uma fonte comum de informações relacionadas aos cenários de emissões, fornece análises de terceiros sobre modelos climáticos e recomenda abordagens para documentar projeções climáticas futuras. O IPCC emitiu seu Quinto Relatório de Avaliação (AR5) em 2013, representando a síntese mais atual das informações relativas às mudanças climáticas. Os relatórios de avaliação são atualizados a cada cinco ou seis anos, e o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) está previsto para ser lançado em 2021.

A modelagem climática envolve a representação matemática das interações da terra, do mar e da atmosfera globais durante um longo período de tempo. Modelos de Circulação Geral (GCMs), também conhecidos como Modelos do Clima Global e Modelos do Sistema Terrestre, foram desenvolvidos por vários centros de modelagem (incluindo agências de governo), e compartilham muitos elementos em comum com os modelos descritos pelo IPCC (IPCC 2013). Simulações do clima produzidas por GCMs variam porque diferentes modelos usam diferentes maneiras de descrever processos atmosféricos, processos oceânicos e terrestres e podem empregar diferentes resoluções geográficas (grid-box).

Modelos Gerais de Circulação (GCMs) são representações numéricas dos processos físicos na atmosfera, oceano, criosfera e superfície terrestre. Eles são as ferramentas mais avançadas disponíveis para simular a resposta do sistema climático global às mudanças nas concentrações de GEE (IPCC 2019a). Os GCMs têm resoluções grosseiras de grade que variam entre 1 e 4 graus de latitude e 1 e 5 graus de longitude em todo o planeta (Charron 2016; European Network for Earth System Modelling 2019).

Importante enfatizar que todos os modelos têm limitações e incertezas, dependendo da abordagem para superar a incerteza do modelo aplicada no desenvolvimento dos modelos. Como resultado, projeções baseadas em qualquer modelo não devem ser vistas como completamente precisas. A variação nas projeções climáticas é discutida em mais detalhes no *A Guidebook on Climate Scenarios* (Charron 2016).

Portanto, ao projetar as condições climáticas futuras para embasar as avaliações da mudança climática, um conjunto de modelos múltiplos deve ser usado para avaliar o alcance das projeções. No **Apêndice B** é fornecida orientação sobre o desenvolvimento de um conjunto de modelos múltiplos a partir de dados disponíveis do climatedata.ca, e como usar esses dados nas etapas subsequentes do processo descrito neste guia.

As projeções das condições climáticas futuras também precisam considerar diferentes cenários climáticos potenciais futuros com base em diferentes suposições sobre emissões futuras de GEE e concentrações atmosféricas. Estes cenários climáticos futuros são expressos como Vias de Concentração Representativas (Representative Concentration Pathways - RCPs). Os RCPs descrevem diferentes cenários de mudanças

nas condições climáticas até 2100. Especificamente, os RCPs descrevem as características de forçagem radiativa¹ sob cada cenário (Charron 2016, IPCC 2019b). Na AR5, o IPCC identificou quatro cenários, RCP2.6 (baixas emissões), RCP4.5, RCP6.0 e RCP8.5 (altas emissões), que produzem resultados diferentes para certas variáveis climáticas, que estão descritas na Tabela 2 (van Vuuren et al. 2011). A Figura 3 compara cada um desses cenários RCP com a linha de base climática, com base nas emissões globais de GEE previstas a longo prazo em gigatoneladas de equivalentes de CO₂ por ano (IPCC 2014). Os resultados (as regiões sombreadas na Figura 3) ajudam a demonstrar a futura gama de incertezas.

Os RCPs são usados como insumos para GCMs ao projetar as condições climáticas futuras. Ao invés de basear as projeções em um único CCR (por exemplo, usando um cenário de pior caso do RCP8.5), é melhor prática gerar projeções das condições climáticas futuras sob todos os quatro cenários CCR, além de usar múltiplos modelos.

Forçagem Radiativa refere-se à mudança líquida do aumento da radiação líquida menos o decréscimo da radiação, em Watts por metro quadrado (W/m²) no topo da atmosfera (IPCC 2019b; Charron 2016).

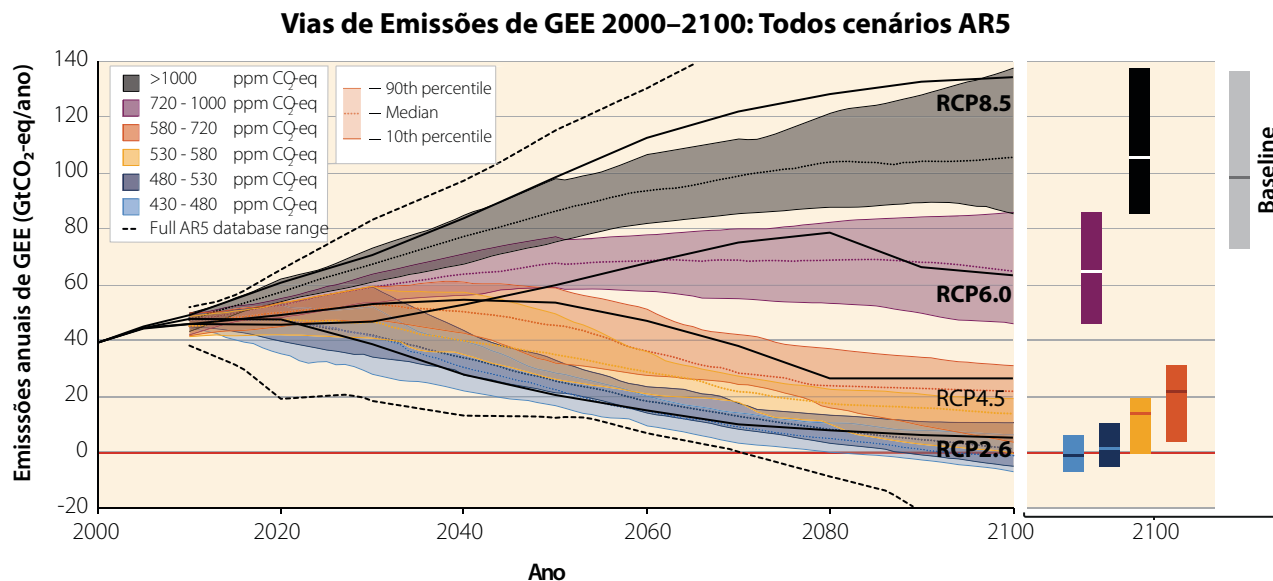
Tabela 2: Caracterização das Vias de Concentração Representativa (RCP)(van Vuuren et al. 2011)

Nome	Forçagem Radiativa em 2100	Caracterização Global
RCP8.5 (Cenário de altas emissões)	8,5 W/m ²	Aumento das emissões de GEE ao longo do tempo, sem estabilização, representativo dos cenários que levam a altos níveis de concentração de GEE.
RCP6.0	6,0 P/m ²	A forçagem radiativa total é estabilizada pouco depois de 2100, aplicando tecnologias e estratégias para reduzir as emissões de GEE.
RCP4.5	4,5 W/m ²	A forçagem radiativa total é estabilizada logo após 2100, sem excessos, através da redução das emissões de GEE ao longo do tempo através da política climática.
RCP2.6 (Cenário de baixas emissões)	2.6 W/m ²	Cenário de “pico e declínio” onde a forçagem radiativa atinge primeiro 3,1 W/m ² até meados do século e retorna a 2,6 W/m ² até 2100. Isto é alcançado através de uma redução substancial dos GEE ao longo do tempo, através de uma política climática rigorosa.

RCP = representative concentration pathway = via de concentração representativa; W/m² = Watt por metro quadrado.

1. Nota do tradutor: além da definição constante no quadro, acrescenta-se outras definições para auxiliar na compreensão do termo: Forçamento radiativo ou forçagem radiativa é a diferença entre a radiação solar absorvida pela Terra e a energia radiada de retorno. É uma perturbação do equilíbrio da energia incidente e da energia emergente do planeta Terra. Pode ser positiva, e aí causa o aquecimento da troposfera e da superfície da Terra, ou negativa, causando o resfriamento da troposfera e da superfície da globo terrestre. Trata-se assim da base científica para o efeito de estufa verificado nos planetas, e tem um papel importante nos modelos computacionais do balanço energético da Terra, e modelos climáticos. [Shindell, Drew (2013). «Radiative Forcing in the AR5»].

Figura 3: Emissões globais de GEE em giga toneladas de CO2 equivalente por ano, para cada cenário RCP baseado em níveis de concentração de longo prazo em comparação com a linha de base e cenários de mitigação para diferentes níveis de concentração de longo prazo. (Referência: Figura SPM.11 (fragmento) do IPCC 2014: Resumo para os formuladores de políticas. In: Mudança Climática 2014: Relatório de Síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [Equipe Central de Redação, R.K. Pachauri e L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151 pp. (<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>).



Um conjunto de dados climáticos é uma coleção de observações climáticas locais e projeções de condições futuras para Variáveis Climáticas de interesse em um determinado local ou em uma determinada região (por exemplo, temperatura, precipitação). Tais conjuntos de dados são usados para ajudar a informar as especificações de projeto de infraestrutura (por exemplo, uma nova travessia de rio) e para informar como as projeções do clima futuro podem ser levadas em conta no projeto (Charron 2016).

Outras orientações sobre o desenvolvimento de conjuntos de dados climáticos, que consideram tanto os modelos que fazem parte do conjunto quanto os RCPs que informam os resultados do modelo, conforme recomendado pelo IPCC, Meio Ambiente e Mudança Climática do Canadá e outros órgãos científicos, estão incluídas na **Seção 4.2** e mais detalhadamente descritas no **Apêndice B**. Os conjuntos de dados climáticos são geralmente específicos do local e desenvolvidos considerando as características do local, incluindo tamanho, localização e geografia, e devem documentar a incerteza associada com as projeções.

3.2. O Canadá e as Mudanças Climáticas

O Governo do Canadá, liderado pela *Natural Resources Canada*, prepara avaliações periódicas dos últimos conhecimentos sobre os impactos da mudança climática e adaptação no Canadá. Essas avaliações fornecem um ponto de partida útil para aqueles que trabalham na adaptação às mudanças climáticas. A última avaliação, o Canadá em um Clima em Mudança, consiste em uma série de relatórios. O primeiro a

ser divulgado foi o Canadá em um Clima em Mudança (Bush e Lemmen 2019). Ele cobre como e por que o clima do Canadá mudou e que mudanças são projetadas para o futuro. Os relatórios nacionais e regionais fornecem informações sobre os impactos da mudança climática na sociedade, no meio ambiente natural e na economia, bem como as ações de adaptação que estão sendo tomadas para enfrentar os impactos. O setor de mineração é especificamente discutido no relatório de questões nacionais.

O *Relatório sobre Mudanças Climáticas do Canadá* mostra que o Canadá tem experimentado mudanças em muitas variáveis climáticas, incluindo temperatura do ar, precipitação e cobertura de neve e gelo. Em comparação com as médias globais, o Canadá tem experimentado mudanças mais pronunciadas nas temperaturas médias anuais, particularmente no Norte. Nacionalmente, as temperaturas médias anuais aumentaram duas vezes mais do que a média global e estão projetadas para continuar aumentando ao longo do próximo século (Figura 4).

A precipitação média anual também aumentou em todas as estações do ano, mas as tendências não são uniformes em todo o país (Figura 5). Prevê-se que os eventos de precipitação de alta intensidade sejam duas vezes mais freqüentes na maior parte do Canadá até meados do século (Warren e Lemmen 2014). Além disso, as projeções mostram aumentos na frequência e intensidade de outros eventos extremos, incluindo tempestades (vento, gelo, neve), calor extremo e incêndios florestais.

Figura 4: Mudança anual de temperatura sob cenários de baixa emissão (RCP2.6) e alta emissão (RCP8.5), para horizontes temporais de meados do século (2031 a 2050) e fim do século (2080 a 2100) (Referência: Figura 4.8 (fragmento) de Bush, E. e Lemmen, D.S., editores (2019): Relatório do Canadá sobre Mudanças Climáticas; Governo do Canadá, Ottawa, ON. 444 p.).

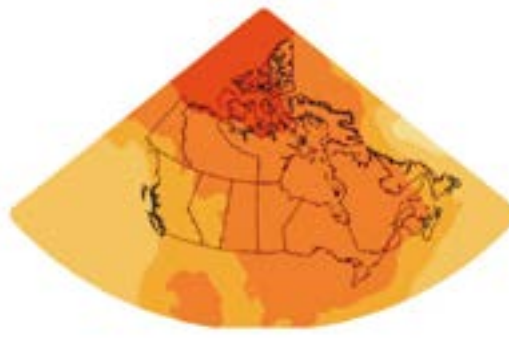
a) Temperature change RCP2.6 (2031–2050)

Annual



b) Temperature change RCP8.5 (2031–2050)

Annual



c) Temperature change RCP2.6 (2081–2100)

Annual



d) Temperature change RCP8.5 (2081–2100)

Annual

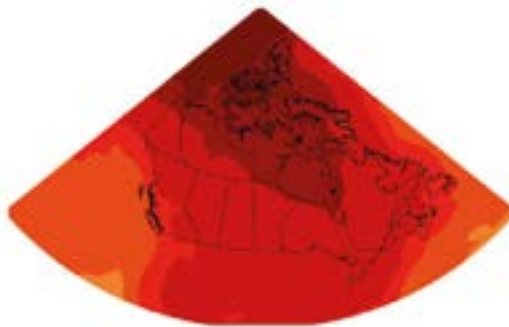
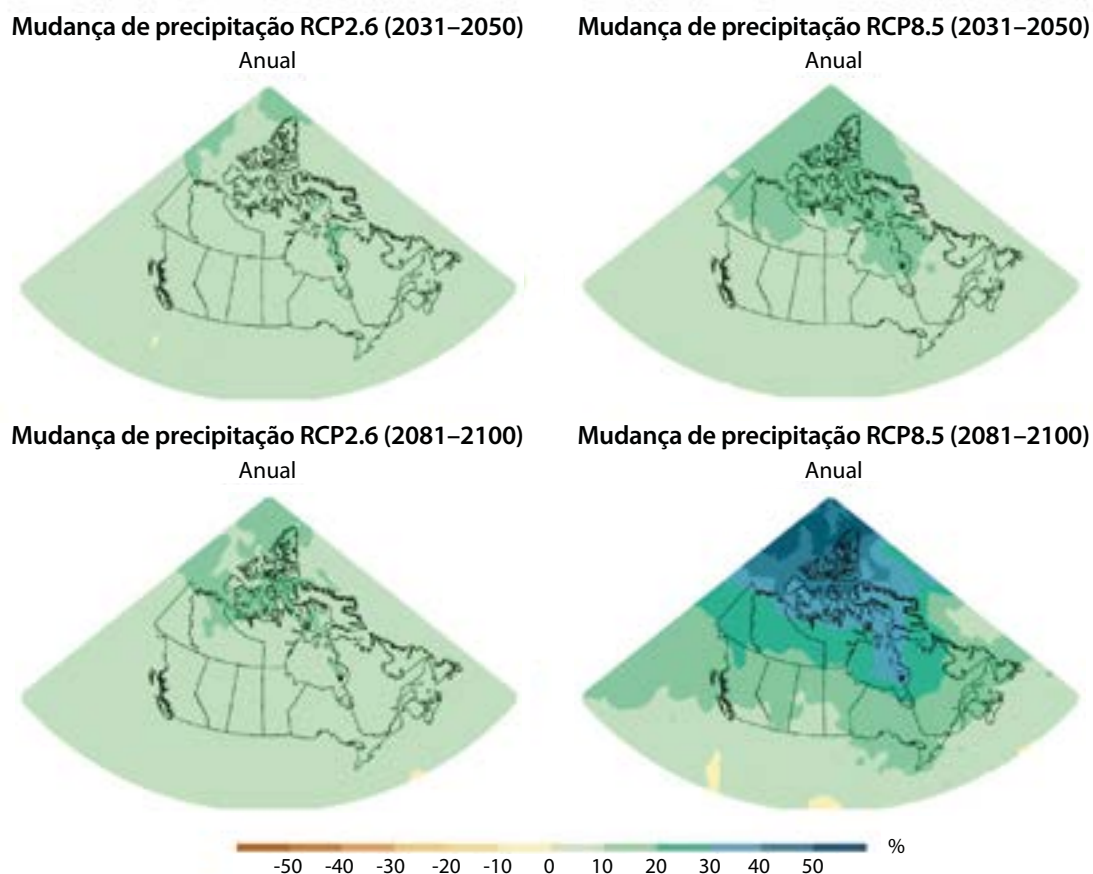


Figura 5: Mudança anual de precipitação sob cenários de baixa emissão (RCP2.6) e alta emissão (RCP8.5), para os horizontes de tempo de meados do século (2031 a 2050) e final do século (2080 a 2100). (Referência: Figura 4.19 (fragmento) de Bush, E. e Lemmen, DS, editores (2019): Relatório sobre Mudanças Climáticas do Canadá; Governo do Canadá, Ottawa, ON. 444 p.).



Descrições de alto nível de tendências históricas e projetadas para variáveis climáticas no Canadá a partir do relatório de avaliação nacional revisado por pares, *Canada's Changing Climate Report* produzido pelo Governo do Canadá (Bush & Lemmen 2019) e outras fontes, conforme observado, fornecem projeções com base nas projeções climáticas mais atuais disponíveis no momento do lançamento deste relatório e fornecem uma visão geral de como o clima pode mudar no Canadá. Variáveis climáticas adicionais e eventos associados estão incluídos no Apêndice A, Tabela 1. É importante notar que essas descrições fornecem estimativas para grandes áreas geográficas do país e podem não capturar variações locais no clima. O Apêndice C fornece orientação sobre fontes de dados e métodos que os Proprietários podem usar para desenvolver projeções de condições climáticas futuras mais específicas do local, tanto no Canadá quanto internacionalmente.

Temperatura do ar: As temperaturas médias anuais e sazonais para o Canadá aumentaram 1,7°C entre 1948 e 2016, e 2,3°C para o norte do Canadá (definido como a região ao norte de 60° de latitude norte). Até 2100, as temperaturas médias anuais devem aumentar cerca de 2°C acima do período de referência

de 1986 a 2005 para um cenário de baixa emissão (RCP2.6), e mais de 6°C em um cenário de alta emissão (RCP8.5)

Precipitação média anual: A precipitação média anual aumentou em todo o Canadá em cerca de 20% de 1948 a 2012, com aumentos maiores no norte do Canadá (Vincent et al. 2015; Bush e Lemmen 2019). Até 2100, a precipitação média anual deverá aumentar em todo o Canadá em 7% em um cenário de baixas emissões (RCP2.6) e até 24%, mas com aumento da sazonalidade em um cenário de altas emissões (RCP8.5) em relação ao período de linha de base de 1986 a 2005. Em particular, sob um cenário de altas emissões, a precipitação de verão deverá diminuir no sul do Canadá até 2100.

Eventos de precipitação extrema: Definido como um evento de precipitação que excede certos limites que tem um impacto associado ou é considerado extremo com base em sua raridade (com base em percentil ou com base no período de retorno) (WMO 2018). Faltam evidências observacionais de mudanças na magnitude de eventos extremos de precipitação para o Canadá, e nenhuma mudança detectável foi encontrada com base nos dados disponíveis da estação. No entanto, prevê-se que eventos extremos de precipitação aumentem em frequência, com um período de retorno de 20 anos tornando-se um evento de 1 em 10 anos em meados do século e um evento de 1 em 5 anos até 2100 sob um cenário de alta emissão (RCP8.5). A quantidade de precipitação extrema de 24 horas que ocorre durante um evento de 1 em 20 anos está projetada para aumentar até 25% até 2100 sob um cenário de altas emissões.

Vento: Mudanças nos padrões de vento foram observadas, e espera-se que a gravidade e a frequência de eventos futuros de rajadas de vento mudem no final do século (Warren e Lemmen 2014). O aumento percentual em futuros eventos diários de rajadas de vento de mais de 70 km/h podem ser de 10% a 20% maior em comparação com as condições atuais na maioria das regiões do Canadá. Os aumentos correspondentes nos futuros eventos de rajadas de vento por hora são projetados em 20% a 30% (Cheng et al. 2014).

Seca: Há pouca confiança nas tendências históricas em escala global, mas foram observadas tendências em escala regional no Canadá para o aumento da seca. Prevê-se que temperaturas mais altas e mudanças na frequência de precipitação, particularmente no verão, contribuam para o aumento da ocorrência de secas.

Umidade: A quantidade de vapor de água na atmosfera aumentou desde a década de 1970, devido às temperaturas do ar mais quentes, capazes de reter mais umidade. É muito provável que a umidade específica próxima à superfície aumente no futuro à medida que a evaporação e a temperatura do ar aumentam (IPCC 2013).

O clima do Canadá varia entre as regiões e, embora o aquecimento seja observado em todo o Canadá, tendências mais fortes podem ser encontradas no norte e no oeste do Canadá. Esses padrões regionais podem ser atribuídos a mudanças nos padrões de circulação atmosfera-oceano em grande escala (Warren e Lemmen 2014). Os efeitos dessas mudanças são amplificados nas regiões do norte do Canadá, particularmente mudando os padrões de precipitação e temperatura. O aquecimento das temperaturas do ar e do mar ocorreu mais rapidamente nessas regiões, levando a impactos significativos no *permafrost*, gelo marinho e geleiras. As diminuições observadas na extensão do gelo marinho e na queda de neve e a degradação do *permafrost* vêm ocorrendo e devem continuar.

Além de temperaturas oceânicas mais altas e gelo marinho reduzido, as regiões costeiras estão passando por mudanças nos níveis do mar e inundações costeiras e interiores (Lemmen et al. 2016). Os impactos associados às tempestades são complexos para as regiões costeiras, com as ondas de tempestade representando um grande perigo em algumas áreas, principalmente na costa do Mar de Beaufort e no

Golfo de St. Lawrence e na costa atlântica. Alturas máximas de marés de tempestades superiores a 1 m já ocorrem em todas as regiões costeiras do Canadá. A frequência e a magnitude das inundações de maré de tempestade aumentarão no futuro à medida que os níveis relativos do mar continuarem a subir.

O nível médio global do mar aumentou como resultado da expansão térmica da água do oceano devido ao aquecimento e à adição de gelo terrestre derretido de geleiras e mantos de gelo. Prevê-se que o nível do mar aumente de 28 a 98 cm durante este século, dependendo do cenário de emissão, no entanto, as mudanças no nível do mar variam significativamente no Canadá devido ao movimento vertical da terra. O movimento vertical da terra resulta na “elevação” de terra para cima ou a “subsidiência” de terra para baixo como resposta ao recuo da última camada de gelo glacial. Em áreas onde a terra está passando por subsidiência ou afundamento (por exemplo, partes do Canadá Atlântico), o aumento do nível do mar está ocorrendo em taxas muito mais altas. Outras áreas estão experimentando elevação de terra (por exemplo, Baía de Hudson), onde o nível do mar está diminuindo como resultado do movimento ascendente da terra continental. Este movimento de terra está ocorrendo devido aos efeitos retardados da última glaciação continental (era do gelo) chamada de ajuste isostático glacial onde a crosta continental norte-americana em áreas próximas ao centro das antigas camadas de gelo está se elevando e regiões que estavam originalmente próximas às bordas das camadas de gelo estão diminuindo. Prevê-se que o nível do mar suba não apenas na maior parte da costa atlântica, mas também em partes da costa do Pacífico e na costa de Beaufort, no Ártico (Bush & Lemmen 2019).

4 Etapa 1: Avaliação de Riscos relacionados a Mudanças Climáticas



Esta seção fornece orientações para descrever e documentar como o clima está mudando de uma forma que será útil ao fazer avaliações de risco e fornece uma visão geral do processo que pode ser usado para identificar vulnerabilidades da mudança climática, avaliar seus riscos e identificar oportunidades potenciais que podem surgir de um clima em mudança.

Historicamente, os impactos climáticos potenciais nos locais das minas foram abordados com base em critérios de projeto estacionários baseados em informações históricas projetadas para o futuro. Entretanto, dependendo do critério de projeto estacionário usado e da magnitude das mudanças futuras projetadas para as variáveis climáticas relevantes, esta abordagem pode não ser eficaz como mudanças climáticas. O método a seguir descreve uma abordagem prospectiva de caracterização das mudanças climáticas que não se baseia apenas em previsões baseadas em informações históricas.

Os conjuntos de dados climáticos específicos da mina devem ser desenvolvidos considerando as características do local da mina, incluindo o tamanho, localização, geografia, infraestrutura associada e ciclo de vida (incluindo o ciclo de vida da própria mina e os rejeitos associados e o gerenciamento de resíduos de rocha). Seguindo as melhores práticas, as avaliações devem incluir:

1. Uma descrição das condições climáticas da linha de base, incluindo eventos médios e extremos, e um registro de observação suficientemente longo para capturar médias climáticas de longo prazo e uma variedade de eventos extremos.
2. Projeções de mudanças futuras nas condições climáticas, incluindo eventos médios e extremos, e também incluindo uma avaliação das incertezas inerentes a essas projeções.

Os dados climáticos devem ser discutidos em termos de Normais Climatológicas (ou seja, uma linha de base climática) e o clima projetado no futuro. As Normais Climatológicas são definidas como médias de longo prazo usadas para descrever as condições climáticas médias de um local. No Canadá, as Normais são definidas pelo *Environment and Climate Change Canada* (ECCC) com base nas recomendações da Organização Meteorológica Mundial (WMO), que utilizam as médias mais recentes de 30 anos, e que são atualizadas ao final de cada década (ECCC 2017). A linha de base climática é fundamentada tanto em

observações climáticas históricas quanto em observações climáticas atuais. A linha de base climática é informada pelo período de normal climatológica, mas pode ser estendida para incluir mais informações históricas, se necessário, dependendo da aplicação das informações climáticas. O Apêndice B fornece orientações sobre como estabelecer uma linha de base climática.

O clima futuro projetado é definido como a diferença entre as projeções dadas pelos resultados dos modelos climáticos e a linha de base climática. O clima futuro deve ser apresentado como uma mudança em relação à linha de base climática em relação ao período da normal climática.

Com base nos dados climáticos, esta seção fornece uma abordagem passo a passo para identificar mudanças potenciais que ocorreriam como resultado da mudança climática, as vulnerabilidades, e os riscos e oportunidades associados. O processo pode ser implementado no planejamento e projeto de novas instalações e é aplicável a áreas operacionais. Como observado na introdução, o processo geral descrito neste Guia é um processo contínuo de melhoria contínua. Como parte disto, as avaliações de vulnerabilidades e riscos devem ser atualizadas regularmente ao longo do ciclo de vida, em resposta a mudanças tais como atualizações das projeções climáticas, condições climáticas observadas ou do plano da mina.

Questões-chave abordadas nesta seção

Como você descreve adequadamente o clima histórico e atual? Como você seleciona e quantifica os dados apropriados? Quais fontes de dados climáticos estão disponíveis para o clima histórico/contemporâneo? A seção 4.1 esboça e recomenda orientações para descrever e documentar o clima atual, incluindo considerações mínimas para incorporar a mudança climática, variáveis climáticas a considerar, definir a completude dos dados, fontes de dados climáticos históricos/correntes, e como abordar as lacunas de dados.

Como você seleciona e caracteriza corretamente o clima futuro? Como você aborda a incerteza com as projeções climáticas? Que fontes de dados climáticos estão disponíveis para o clima futuro? A seção 4.2 esboça e recomenda orientações para descrever e documentar o clima futuro. Os tópicos incluem cenários a serem considerados (isto é, horizontes temporais, cenários de emissão), como abordar a incerteza associada às projeções climáticas futuras, fontes de dados climáticos futuros e refinamentos adicionais para melhor caracterizar a incerteza.

Como se espera que uma mudança climática tenha impacto em cada fase do ciclo de vida da mineração? Que impactos fora das instalações são esperados que um clima em mudança tenha? Como esses impactos afetariam a mina? Que oportunidades podem surgir devido a um clima em mudança? A seção 4.3 discute como a mudança climática pode afetar todas as fases do ciclo de vida da mineração e que considerações climáticas são esperadas para cada fase em termos de informação. Também discute como um clima em mudança afetará as comunidades e o meio ambiente ao redor de uma mina, e as possíveis oportunidades como resultado de um clima em mudança.

Quais são as vulnerabilidades e riscos da mineração em relação às mudanças climáticas? Qual é o processo para concluir uma avaliação dos riscos da mudança climática? As seções 4.4 e 4.5 esboçam uma série de etapas consecutivas usadas na realização de uma avaliação de risco climático que pode ser escalada para diferentes níveis de detalhe para várias fases da vida da mina.

Quais são alguns exemplos de avaliações de risco das mudanças climáticas? A seção 4.6 fornece um estudo de caso de avaliação de risco que pode ser usado para referência posterior.

4.1. Estabelecendo uma Linha de Base Climática

Uma boa compreensão das condições climáticas históricas e atuais é essencial para todos os outros aspectos da adaptação à mudança climática, incluindo o fornecimento de insumos para projeções de condições climáticas futuras. As condições históricas e atuais são descritas através do estabelecimento de uma linha de base climática específica do local que descreve:

- Normais climáticas atuais
- Tendências observadas durante o período de linha de base

Ao estabelecer a linha de base climática, o Proprietário precisa determinar o período a ser utilizado para a linha de base. Idealmente, observações do período mais recente devem ser usadas para criar uma média de longo prazo que dependerá:

- Da natureza das decisões a serem informadas pela linha de base climática (por exemplo, um período de linha de base mais curto pode ser usado para decisões do tipo triagem, mas um período de linha de base mais longo seria melhor para o projeto de infraestrutura crítica).
- A disponibilidade de dados apropriados.

O período da linha de base escolhida deve ser longo o suficiente para remover a influência dos ciclos naturais (por exemplo, ciclos El Niño e La Niña) das observações, para que a tendência climática seja tudo o que resta.

A variabilidade interanual do clima que não está relacionada à mudança climática pode interromper a verdadeira tendência das mudanças climáticas. O clima local é influenciado por muitos ciclos que ocorrem em diferentes escalas de tempo (por exemplo, sazonal, diurno, interanual). Aumentar a duração desse período pode ajudar a remover a influência desses ciclos, se houver dados adequados para estabelecer a linha de base. O período usado para estabelecer a linha de base deve ser o mais recente possível para capturar as condições climáticas atuais para comparação com o clima futuro projetado.

Esta seção descreve um método para estabelecer uma linha de base climática específica do local usando conjuntos de dados climáticos disponíveis com mais detalhes fornecidos no Apêndice B. Os dois passos-chave para estabelecer a linha de base climática são:

- Seleção de conjuntos de dados climáticos para uso na descrição do clima observado.
- Quantificar o clima observado.

4.1.1 Selecionando Conjuntos de dados Climáticos

A linha de base climática é estabelecida usando os conjuntos de dados climáticos existentes. Quando disponível, a linha de base climática deve ser baseada em observações de estações meteorológicas locais. As observações meteorológicas ou meteorológicas são coleções de curto prazo (por exemplo, 1 ano) de dados meteorológicos, tais como vento e chuva, enquanto as observações climáticas são uma coleção de observações meteorológicas e fornecem tendências de longo prazo em dados meteorológicos.

Entretanto, a disponibilidade e adequação dos conjuntos de dados climáticos pode variar consideravelmente. A qualidade e a adequação dos conjuntos de dados podem ser classificadas da seguinte forma:

1. Conjuntos de dados climáticos que consistem de dados de observações meteorológicas de longo prazo de estações meteorológicas no local ou nas proximidades da mina.
2. Conjuntos de dados climáticos consistindo de dados de estações meteorológicas mais distantes na mesma região que podem ser consideradas representativas do local para o qual a linha de base está sendo estabelecida (por exemplo, de fornecedores de serviços meteorológicos nacionais ou outras fontes da indústria, tais como outras minas).
3. Conjuntos de dados climáticos de outras fontes, tais como dados de centros de dados climáticos (por exemplo, agências provinciais/territoriais e locais), fontes acadêmicas, relatórios científicos, avaliações relevantes da mudança climática, publicações governamentais e intergovernamentais, e bancos de dados.

Os dados de reanálise podem ser usados para preencher dados faltantes e completar linhas de base climáticas combinando observações locais com modelos numéricos de previsão meteorológica, conforme descrito no **Apêndice B**.

O **Apêndice C** descreve fontes potenciais de dados climáticos com foco nos recursos federais, provinciais e territoriais canadenses.

O grau de representatividade e detalhes necessários para um conjunto de dados climáticos depende da decisão a ser tomada, e como descrito na **seção 2.3**, uma abordagem escalável pode ser aplicada para estabelecer um conjunto de dados climáticos. Um nível inferior de representatividade e detalhe pode ser usado para desenvolver uma linha de base climática e o clima futuro projetado para informar a triagem inicial. Por outro lado, um nível mais alto de representatividade e detalhe pode ser usado para refinar a linha de base e a projeção e informar o projeto detalhado. A fim de desenvolver um conjunto de dados climáticos com um nível apropriado de detalhes, um exercício de triagem de risco climático pode ser conduzido para identificar quais variáveis climáticas são de interesse, os períodos de tempo específicos e os períodos ou durações de retorno, com base nas decisões a serem informadas pelas condições climáticas projetadas, derivadas do conjunto de dados. Por exemplo, um grau de representatividade e detalhe do conjunto de dados que pode ser necessário para informar o projeto de uma nova mina, em comparação com uma decisão sobre a atualização de um pequeno bueiro.

Iterações subsequentes do desenvolvimento do conjunto de dados climáticos, da linha de base climática e do clima futuro projetado também podem ser informadas pelos resultados da avaliação da vulnerabilidade e risco climático.

4.1.2 Quantificando a Linha de Base climática

Com base nos conjuntos de dados climáticos e período de linha de base selecionado, as médias de longo prazo (normais) e tendências são calculadas para variáveis climáticas a fim de estabelecer a linha de base climática. O **Apêndice B** fornece orientações detalhadas sobre análises de tendências e testes de significância estatística para ajudar a avaliar as mudanças climáticas dentro das observações de longo prazo, calculadas como a mudança média no clima por período especificado (por exemplo, mudança por década ou mudança por período de linha de base). As variáveis climáticas primárias a considerar são temperatura média anual e precipitação total, uma vez que são o foco de muitos estudos climáticos e são tipicamente observadas por longos períodos e para muitos locais, o que pode ajudar no cálculo das médias climáticas de longo prazo. (por exemplo, IPCC AR5). Outros índices, tais como a integridade do *permafrost* nas regiões do norte, também devem ser considerados com base em vulnerabilidades potenciais associadas ao clima.

A intensidade e o período de retorno dos extremos climáticos (por exemplo, seca ou precipitação extrema) também devem ser estimados, pois eles representam riscos em todas as fases do ciclo de vida da mina. Quaisquer tendências em eventos extremos, tais como um período de retorno decrescente para eventos de precipitação extrema, também devem ser documentadas. Mais discussões sobre o cálculo de extremos climáticos são fornecidas no **Anexo B**.

A caixa abaixo fornece uma lista de verificação de perguntas a serem consideradas na seleção de dados para uso na linha de base climática.

Lista de verificação para o desenvolvimento de um conjunto de dados climáticos atuais

- Com base nas características da mina (ou seja, fase do ciclo de vida e planos futuros, a idade da infra-estrutura e a região onde a mina está localizada), é fornecida uma fundamentação para o nível de detalhe na avaliação do clima?
- É provável que um conjunto de dados detalhados sobre mudanças climáticas seja necessário no futuro?
- Que observações meteorológicas históricas foram consideradas e como foram selecionadas?
- Que observações meteorológicas foram consideradas como parte da linha de base climática e como foram selecionadas?
- Como foram tratadas as observações meteorológicas ausentes dos conjuntos de dados históricos?

4.2. Projetando condições climáticas futuras

Esta seção descreve um método recomendado para projetar futuras mudanças climáticas a partir das condições da linha de base em um local específico ou dentro de uma região específica, com base em orientações aceitas pelo IPCC e outros órgãos científicos. Mais detalhes são fornecidos no Apêndice B. No AR5 do IPCC, os dados de projeção climática futura estão disponíveis em cerca de 30 GCMs cobrindo quatro cenários de emissões ou RCPs. As projeções climáticas usadas no AR5 estão disponíveis em várias fontes, como discutido abaixo e em mais detalhes no Apêndice C.

4.2.1 Seleção de fontes de projeção climática futura

A projeção do clima futuro para um determinado local é baseada na linha de base climática para esse local, e então usa uma combinação de modelos e projeções existentes em maior escala espacial para desenvolver condições climáticas futuras específicas do local projetado. Como descrito na seção 2.1, há uma gama de modelos, projeções existentes e conjuntos de dados climáticos que podem ser usados. A seleção dos modelos, projeções existentes e conjuntos de dados a serem usados é específica do local e depende de uma série de fatores, tais como:

- Objetivo da avaliação de risco e a natureza das decisões a serem informadas pela avaliação de risco.
- Variáveis climáticas relevantes.
- Escala de tempo a ser considerada.
- Resolução espacial necessária.

Conforme descrito na Seção 3.2, estes critérios mudarão ao longo do ciclo de vida, dependendo da natureza da decisão a ser informada pelas condições climáticas futuras projetadas.

Uma vez estabelecidos estes critérios, projeções e conjuntos de dados apropriados existentes podem ser selecionados para desenvolver a projeção das condições climáticas futuras específicas do local. Ao selecionar modelos, projeções existentes, conjuntos de dados e outras fontes a serem usados no desenvolvimento de projeções de condições climáticas futuras específicas do local, os seguintes fatores devem ser considerados:

- Ciência climática: As fontes de dados devem ser cientificamente atualizadas.
- Número de GCMs: O uso do maior número possível de modelos (um conjunto de vários modelos).
- Resolução espacial: Uma resolução espacial mais fina pode proporcionar uma melhor representação do local para estudos detalhados usando métodos estatísticos ou métodos de regionalização (downscaling) dinâmica com Modelos Climáticos Regionais (RCMs).
- Cenários de emissão: As projeções devem estar disponíveis para vários cenários de emissão usados no IPCC AR5, tais como RCP2.6, 4.5, 6.0 e 8.5.
- Período de tempo: Os dados devem cobrir os períodos de tempo apropriados usados para avaliações de risco. Por exemplo, se a avaliação cobrir o período até 2050, então as projeções climáticas devem cobrir esse período e além (por exemplo, até 2080) para confirmar a direção da mudança no clima e entender se a magnitude da mudança durante o período prolongado (presente até 2080) é diferente do período de interesse (presente até 2050). Seria prudente considerar um período mais longo para captar as mudanças que possam ter impactos na fase de fechamento.
- Formato dos dados: Nem todos os formatos de dados são facilmente acessíveis para processamento direto e alguns requerem algum pós-processamento para extrair as informações de interesse (ou seja, os arquivos NetCDF requerem um conjunto de bibliotecas de software para acessar os dados).

Observe que as fontes de dados têm níveis variados de revisão, dependendo se são fornecidos por pesquisadores independentes ou por organizações regulamentadas. Pessoal com qualificações apropriadas deve auxiliar na seleção da fonte de dados.

Ao selecionar modelos, projeções existentes e conjuntos de dados a serem usados, é importante considerar o número de modelos usados, o número de cenários de emissão disponíveis e a cobertura geográfica. Os modelos climáticos estão sendo continuamente aperfeiçoados e cada um possui seus próprios vieses e limitações inerentes. Assim, nenhum modelo ou cenário climático pode ser visto como o resultado mais provável ou completamente exato. Portanto, o IPCC (2013) e a Charron (2016) recomendam que as avaliações da mudança climática utilizem o maior número possível de modelos e cenários climáticos, ou um "conjunto de vários modelos". Além disso, a média dos resultados de um conjunto dos modelos está geralmente mais próxima dos valores observados para o clima passado do que qualquer modelo ou cenário individual (Charron 2016). O conjunto de portais de dados climáticos canadenses delineados no Apêndice C torna as projeções climáticas (para variáveis de temperatura e precipitação e índices derivados) disponíveis em várias escalas espaciais, através de diferentes modelos e cenários de emissão, e que podem ser exibidos graficamente ou baixados como valores.

4.2.2 Compreensão da Incerteza

As incertezas da projeção climática provêm de três fontes principais (Charron 2016):

- Variabilidade natural do clima - mais importante para prazos mais curtos (décadas)
- Incertezas estruturais do modelo climático - importantes em todas as escalas de tempo
- Trajetórias futuras de emissões de GEE - importantes em períodos mais longos no futuro

Representar o sistema climático da Terra é difícil dada a sensibilidade dos fenômenos meteorológicos a pequenos distúrbios que causam variabilidade natural. As projeções do modelo climático podem variar devido às diferenças em como elas representam os processos do sistema terrestre (Bush e Lemmen 2019). Estes podem criar distorções nos modelos e produzir resultados ligeiramente diferentes (Charron 2016). Por esta razão, a abordagem de conjuntos de modelos múltiplos é tipicamente usada para delinear a gama provável de resultados e irá captar melhor o real resultado (um desconhecido inerente). Incertezas também surgem quando se utilizam diferentes resoluções geográficas de projeções. A incerteza nas projeções climáticas aumenta à medida que as projeções globais (geralmente fornecidas em uma escala de 100 km ou mais) são reduzidas para uma resolução regional/local mais fina.

Além disso, para lidar com a incerteza ao considerar prazos longos, os proprietários devem considerar todos os cenários plausíveis para futuras emissões de GEE (isto é, RCP2.6, 4.5, 6.0 e 8.5), se disponíveis, uma vez que uma RCP não é necessariamente melhor ou mais correta para ser usada do que as outras. Cada um dos cenários de emissão resulta em uma faixa (ou cone) futura de incerteza. É incerto quais serão as condições exatas no futuro, mas as condições provavelmente cairão dentro desta faixa. Um cenário ou modelo específico poderia ser usado como parte da avaliação de risco, entretanto, a incerteza e o viés no uso de um modelo devem ser considerados ao completar cada uma das seguintes etapas deste guia.

4.2.3 Projetando o Clima Futuro

Usando o conjunto de modelos múltiplos de projeções climáticas e conjuntos de dados existentes, os modelos podem ser usados para projetar mudanças climáticas futuras a partir da linha de base para diferentes horizontes temporais. Os horizontes temporais mais comumente usados são:

- Próximo prazo ou 2020s (por exemplo, 2011 a 2040)
- Meados do século ou 2050 (por exemplo, 2041 a 2070)
- Final do século ou 2080s (por exemplo, 2071 a 2100)

O horizonte de interesse dependerá da fase do ciclo de vida da mineração. Por exemplo, se o horizonte de interesse for de 2030 a 2050, um intervalo de anos representativo dos anos 2040 poderá ser selecionado para a projeção. Devem ser usados horizontes temporais mais longos para o fechamento e pós-fechamento. As projeções do clima futuro devem cobrir a mesma duração de tempo que a linha de base climática atual. Assim, se a linha de base for baseada em um período de 30 anos, então as projeções do clima futuro deverão ser feitas em incrementos de 30 anos.

Os extremos futuros são projetados usando um método similar aos índices descritos na Seção 3.2 e no Anexo B, mas o método deve ser aplicado ao conjunto de modelos múltiplos selecionados. As projeções diárias de temperatura e precipitação a partir dos dados regionalizados (*downscaled*) disponíveis devem ser usadas para uma avaliação climática e consideradas durante as fases de planejamento e projeto de uma mina e no desenvolvimento de vias de adaptação para minas existentes (Seção 6). Os extremos climáticos futuros podem ser descritos em termos de uma mudança a partir da linha de base. Como cada modelo

tem uma linha de base única, os cálculos devem ser completados para cada modelo e depois avaliados estatisticamente para produzir uma gama de projeções em todo o conjunto de vários modelos.

No momento da conclusão desta orientação (final de 2020), as projeções das condições climáticas futuras relacionadas à degradação *permafrost*, perda percentual de *permafrost* ou mudanças na espessura da camada ativa não estavam disponíveis diretamente nas fontes fornecidas no Apêndice C, embora cada uma dessas variáveis seja afetada pelas temperaturas médias anuais, extremos de temperatura e mudanças nas condições do solo e da vegetação.

Além disso, estão disponíveis artigos de periódicos que descrevem pesquisas sobre a porcentagem projetada de perda de *permafrost* ou as mudanças na espessura da camada ativa. Bush e Lemmen (2019) apresentam resultados de estudos que indicam o aumento das temperaturas *permafrost* e a redução da área *permafrost* canadense. Entretanto, é mencionado que a confiança na projeção da degradação do *permafrost* a partir de simulações do modelo climático é afetada por representações inadequadas das propriedades do solo, incertezas na compreensão da resposta das camadas profundas de *permafrost* e interações com mudanças em outras variáveis climáticas, tais como o aumento da intensidade da chuva. Conforme a ciência climática continua a avançar, mais informações sobre projeções relacionadas ao *permafrost* podem se tornar disponíveis.

Variações hidrológicas, tais como condições de enchente, podem ser projetadas examinando como a precipitação máxima provável (PMP), curvas de intensidade-duração-frequência e estatísticas de pluviosidade, acúmulo de neve e derretimento de neve, e evapotranspiração são projetados para mudar sob condições climáticas futuras. O método para projetar tanto o PMP quanto a evapotranspiração potencial futura é o mesmo que para o clima atual, mas aplicado neste caso às projeções do clima diário futuro. O método para projetar as curvas de intensidade-duração-frequência climática futura e as estatísticas pluviométricas estão descrito no Apêndice B.

Ao contrário das projeções de temperatura, os modelos climáticos ainda não são capazes de resolver completamente os processos convectivos responsáveis por gerar quantidades extremas de precipitação em escalas espaciais mais finas e contribuir para uma precipitação extrema em sistemas sinópticos de maior escala (CSA 2019). Por este motivo, as estimativas de precipitação extrema de curta duração para um local selecionado provavelmente não serão robustas. Os métodos descritos no Anexo B foram incluídos para ajudar a aumentar a extensão espacial da análise e captar mais variabilidade interna nas projeções de precipitação. Quaisquer tentativas de projetar futuros extremos de precipitação de curta duração devem reconhecer as intensas pesquisas e debates científicos em andamento sobre este assunto.

Como um evento extremo que é frequentemente utilizado como base do projeto de instalações de rejeitos, a metodologia para estimar o PMP é particularmente importante e as metodologias continuam a ser refinadas. Entretanto, Kappel (2019) fez uma avaliação do Furacão Harvey e Florence, duas das tempestades mais intensas já registradas nos Estados Unidos, tanto em termos de duração quanto de intensidade do evento. Kappel concluiu que Harvey não excedeu o PMP calculado para a região e que a tempestade "forneceu um exemplo muito benéfico em tempo real de que o processo de desenvolvimento do PMP envolve apropriadamente os processos que produzem precipitação extrema". Assim, um PMP, se calculado corretamente, fornece uma base muito robusta para o projeto de infraestruturas críticas, tais como instalações de rejeitos. Entretanto, Kappel também concluiu afirmando que "Harvey também demonstra a necessidade de atualizar continuamente o banco de dados de tempestades e as estimativas do PMP à medida que novas tempestades ocorrem e a compreensão dos mecanismos de precipitação extrema aumenta". Esta incerteza deve ser reconhecida no desenvolvimento das projeções do PMP.

A aplicação da abordagem do conjunto multimodelo, às variáveis descritas acima, produz uma gama de resultados. Para ajudar a lidar com a incerteza, é necessário calcular estatísticas que descrevam a faixa de projeção de variação relativa para os membros do conjunto como um todo (mínimo, máximo, médio, mediano e percentil).

O quadro abaixo fornece uma lista de perguntas para ajudar a selecionar e documentar modelos, projeções existentes e conjuntos de dados usados para desenvolver projeções de clima futuro específico do local.

Checklist para o desenvolvimento de conjunto de dados climáticos futuros

Que modelos climáticos foram utilizados e como foram selecionados?

- Como foram obtidas as projeções climáticas?
- Que períodos de tempo futuros (por exemplo, meados do século ou final do século) foram considerados?
- Que cenários foram considerados (por exemplo, PCR)?
- Como é abordada a incerteza nas futuras projeções climáticas? Que variáveis climáticas futuras foram consideradas?
- Que variáveis estão disponíveis diretamente nos modelos climáticos (por exemplo, precipitação total)?
- Que variáveis se baseiam na análise das projeções do modelo (por exemplo, estatísticas de precipitação)?
- Que valores são retirados da literatura?

4.3. Impactos Potenciais e Oportunidades Associadas à Mudança Climática

A mudança climática pode ter uma ampla gama de impactos potenciais sobre o setor de mineração e também pode apresentar oportunidades. A seção apresenta uma breve discussão, com exemplos, dos tipos de impactos potenciais e oportunidades que devem ser considerados na identificação da vulnerabilidade à mudança climática e nas subsequentes avaliações de risco. Os exemplos aqui não são de forma alguma exaustivos, mas se destinam a provocar uma discussão específica sobre impactos potenciais, particularmente impactos fora do site, que podem não ser tão evidentes como impactos potenciais no site. Estes impactos potenciais são descritos mais detalhadamente no Apêndice E.

Impactos Potenciais

Os impactos potenciais da mudança climática na mineração dependem de uma ampla gama de fatores, como por exemplo:

- A localização da mina.
- Cenário geográfico sobre como a geografia local interage com o clima.
- Clima atual e clima futuro projetado.
- O tamanho da mina e a natureza da infraestrutura do local da mina.

- Fase do ciclo de vida.
- Riscos atuais sendo gerenciados e como esses riscos podem ser modificados pela mudança climática.

Impactos que podem afetar as atividades de mineração podem ocorrer dentro ou fora do site da mina. Os impactos também podem ser diretos ou indiretos.

O Apêndice E fornece exemplos de variáveis climáticas, eventos climáticos e potenciais vulnerabilidades categorizadas por fase do ciclo de vida da mina (**Tabela E-1**).

Potenciais Impactos dentro e fora do Site

Os impactos potenciais no site incluem:

- Saúde e segurança:
 - Lesão ou perda de vidas devido a incêndios, enchentes ou outros eventos.
 - Lesão ou perda de vidas devido ao estresse térmico.
- Infraestrutura de transporte, como estradas e pistas de aeroportos.
- Danos às pistas de decolagem devido à degradação do permafrost.
- Infraestrutura de gerenciamento de água.
- Excesso de estruturas de desvio ou vertedouros.
- Tratamento ineficaz da água devido ao baixo fluxo de água em condições de seca.
- Instalações de rejeitos:
 - Perda da cobertura de água necessária para manter a condição saturada e evitar a oxidação de minerais sulfetados.
- Níveis de água superiores aos aceitáveis.

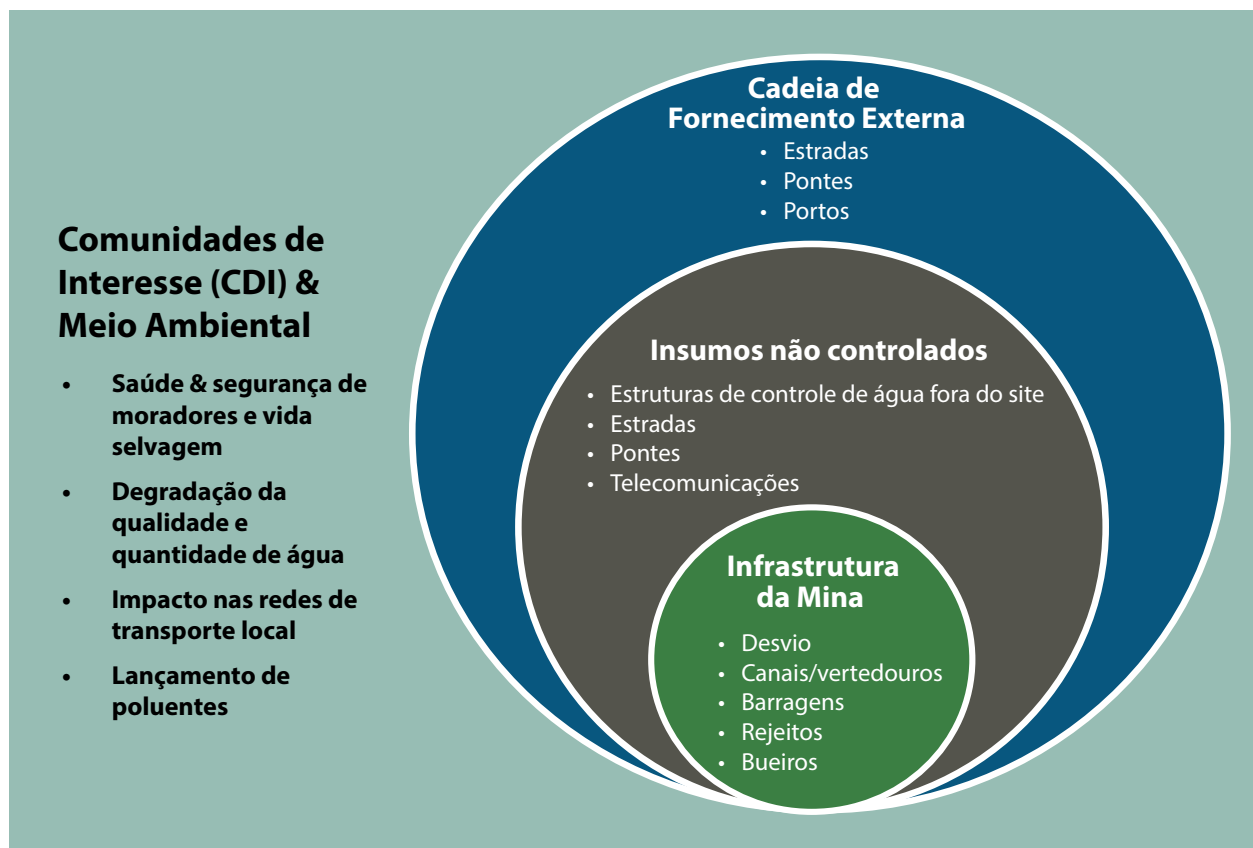
Os potenciais impactos fora do site podem ser mais desafiadores para identificar e avaliar. Tais impactos podem levar à impossibilidade de acesso ao local, ou à ruptura das cadeias de abastecimento, incluindo a impossibilidade de fornecimento, pessoal ou produto de se deslocar de ou para o site. Tais impactos também podem afetar comunidades próximas, levando a impactos ambientais, econômicos e sociais. Os impactos fora do site podem incluir:

- Saúde e segurança.
- Danos ou interrupção da infraestrutura de transporte fora do local.
- Derretimento precoce das estradas de inverno.
- Impactos nas instalações portuárias devido à elevação do nível do mar ou a eventos extremos.
- Interrupção do transporte aéreo devido a eventos extremos, tais como tempestades de nevoeiro prolongado.
- Interrupção do fornecimento de energia elétrica para locais conectados à rede elétrica.
- Condições climáticas extremas (por exemplo, tempestades de vento ou tempestades de gelo) podem impactar as linhas de transmissão.

- As altas temperaturas podem reduzir a capacidade de transmissão.
- Redução da capacidade de geração de energia hidrelétrica devido à seca.
- Interrupção das telecomunicações devido a eventos climáticos extremos.
- Impactos nos ecossistemas locais ou regionais, tais como mudanças nas condições do habitat que levam a mudanças na biodiversidade ou na estrutura e função do ecossistema (por exemplo, mudanças nos tipos de vegetação dominante).
- Essas mudanças podem ter implicações no planejamento e recuperação do fechamento e no uso esperado do solo após o fechamento.

Ao identificar os impactos potenciais das mudanças climáticas dentro e fora do site, é útil considerar a esfera de influência de uma mina, que descreve quais impactos um Proprietário pode influenciar, dentro ou fora do site (Figura 6). Impactos que estão fora da esfera de influência não podem ser controlados pelo Proprietário. Por exemplo, um proprietário pode controlar aspectos de sua cadeia de fornecimento externa controlando o uso de combustível, aquisição e entrega de reagentes, manutenção de veículos e empreiteiros, mas não pode influenciar ou controlar as condições fora da estrada que estão sendo utilizadas para o transporte de mercadorias de e para o local.

Figura 6: Esferas de influência do Proprietário em relação à mudança climática e à adaptação.



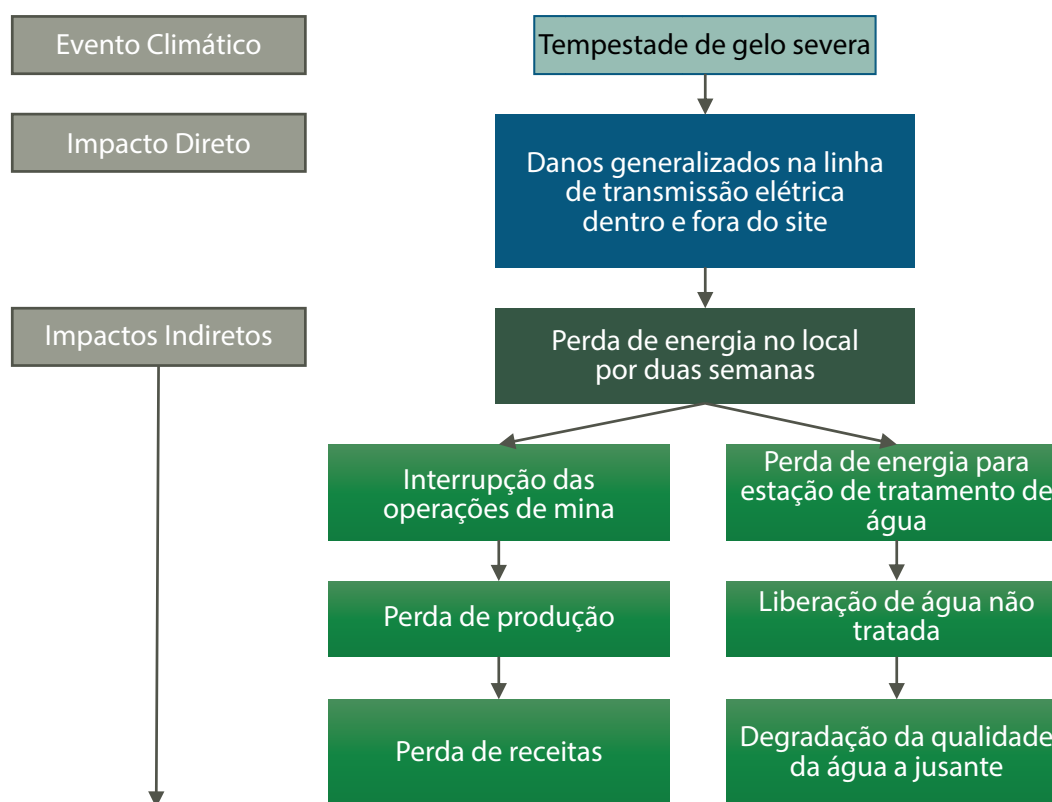
Potenciais Impactos diretos e indiretos

Além do potencial de impactos a ocorrer dentro ou fora do site, os impactos também podem ser diretos ou indiretos.

Impacto direto: um impacto (normalmente um impacto físico) sobre um componente específico da infraestrutura em resposta a um evento climático.

Impacto indireto: um impacto que ocorre como resultado de um impacto direto. Um impacto indireto pode, por sua vez, levar a outros impactos indiretos.

A Figura 7 ajuda a ilustrar a diferença entre impactos diretos e indiretos.

Figura 7: Como um evento climático pode causar impactos tanto diretos quanto indiretos.

Os termos primário, secundário e terciário etc., também podem ser usados para descrever impactos. Estes termos não pretendem implicar severidade ou prioridade, mas sim a sequência de eventos que levariam a impactos. De fato, como ilustra o exemplo da Figura 7, as consequências potenciais dos impactos indiretos podem ser significativas.

Proprietários ou operações com extensas cadeias de fornecimento globais e operações que dependem de um único elo de transporte que não é controlado diretamente pelo Proprietário podem ser particularmente vulneráveis aos impactos indiretos da mudança climática. A necessidade de resiliência nas cadeias de abastecimento deve ser considerada no desenvolvimento de medidas potenciais de adaptação.

Oportunidades Potenciais

A indústria de mineração deve se adaptar e tomar decisões para administrar os riscos associados à mudança climática. Entretanto, a mudança climática também pode apresentar oportunidades para o setor de mineração. Embora seja essencial manter o foco no entendimento e gerenciamento dos riscos, é importante não negligenciar as oportunidades potenciais. Além disso, algumas mudanças futuras no clima podem ser neutras - nem riscos nem oportunidades, mas mudanças que ainda precisam ser identificadas e compreendidas.

Exemplos de mudanças no clima que poderiam levar a oportunidades, ou a mudanças que não representam riscos nem oportunidades incluem:

- Invernos mais quentes e o derretimento prematuro da primavera podem resultar em menores picos de fluxo de frescor, o que poderia reduzir os riscos de inundação se os riscos de pico de fluxo estiverem relacionados ao frescor.
- Como as temperaturas aumentam e o gelo marinho derrete, locais no Norte que antes eram inacessíveis para mineração podem ser potencialmente acessíveis.
- O aumento das temperaturas pode reduzir o consumo geral de energia, diminuindo a demanda de aquecimento no inverno, particularmente em minas subterrâneas onde o ar de ventilação é aquecido no inverno.
- O aumento da duração das estações de crescimento ajudaria a melhorar as atividades de revegetação. Além disso, mudanças nas condições de crescimento poderiam afetar as misturas ideais de sementes para uso na revegetação e aumentar a absorção de carbono da biomassa.
- Os derretimentos de neve de maior intensidade podem proporcionar uma oportunidade de obter água de fontes locais, já que o aumento do derretimento de neve se alimentará desses sistemas.

4.4. Vulnerabilidades e Riscos

Antes de descrever a abordagem de avaliação de risco, é importante ter uma compreensão clara e consistente dos conceitos de vulnerabilidade e risco.

Vulnerabilidades

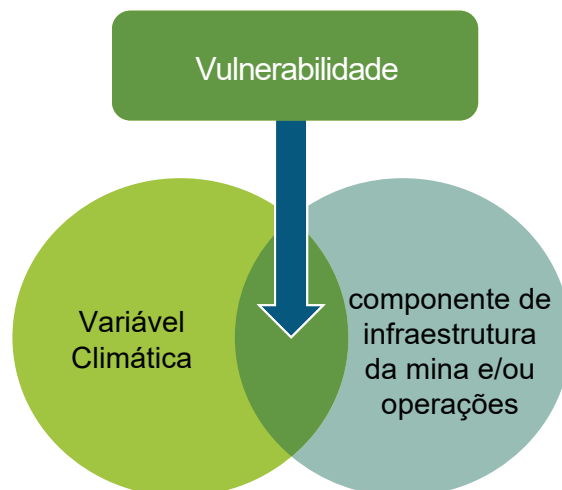
Vulnerabilidades estão presentes quando uma variável climática interage com uma entidade como a infraestrutura da mina de uma maneira que tem o potencial de dar origem a riscos. As vulnerabilidades não se limitam à infraestrutura direta da mina, mas também podem incluir infraestrutura fora do site e cadeias de fornecimento. Os exemplos a seguir ilustram o conceito de vulnerabilidades:

- Se uma passagem de água na estrada não tiver a capacidade de funcionar se ocorrer um evento climático para o qual ela não foi projetada (por exemplo, altos fluxos de água excedem a capacidade da passagem de água), e não houver outras medidas de adaptação em vigor (por exemplo, um desvio ou uma lagoa de retenção de águas pluviais), então essa passagem de água é vulnerável a um impacto direto devido à mudança climática.
- Se a travessia de água falhar, haveria impactos indiretos potenciais:
 - Ecossistemas a jusante
 - Infraestrutura ou comunidades a jusante
 - Transporte se a estrada for danificada
- Se um complexo de acomodações de mina for construído em permafrost, então esse complexo de acomodações é vulnerável a um impacto direto se o permafrost se degradar.
- Se o complexo de acomodações se desmoronar ou se tornar instável, haveria impactos indiretos potenciais:
 - Saúde e segurança se a falha for repentina ou se o edifício for considerado inseguro.
 - Continuidade comercial (por exemplo, se uma parte de um complexo de acomodações falhar, então a capacidade do Proprietário de abrigar pessoal no local é reduzida, levando a reduções na força de trabalho e na taxa de produção).

Todos os impactos diretos e indiretos potenciais devem ser identificados, e as vulnerabilidades devem ser identificadas em conformidade. Da mesma forma, a identificação de vulnerabilidades deve levar em conta os impactos potenciais dentro e fora do local.

As Figuras 8 e 9 ilustram o conceito de vulnerabilidades de diferentes maneiras.

Figura 8: Vulnerabilidades existem quando uma variável climática interage com um componente de infraestrutura da mina e/ou operação.

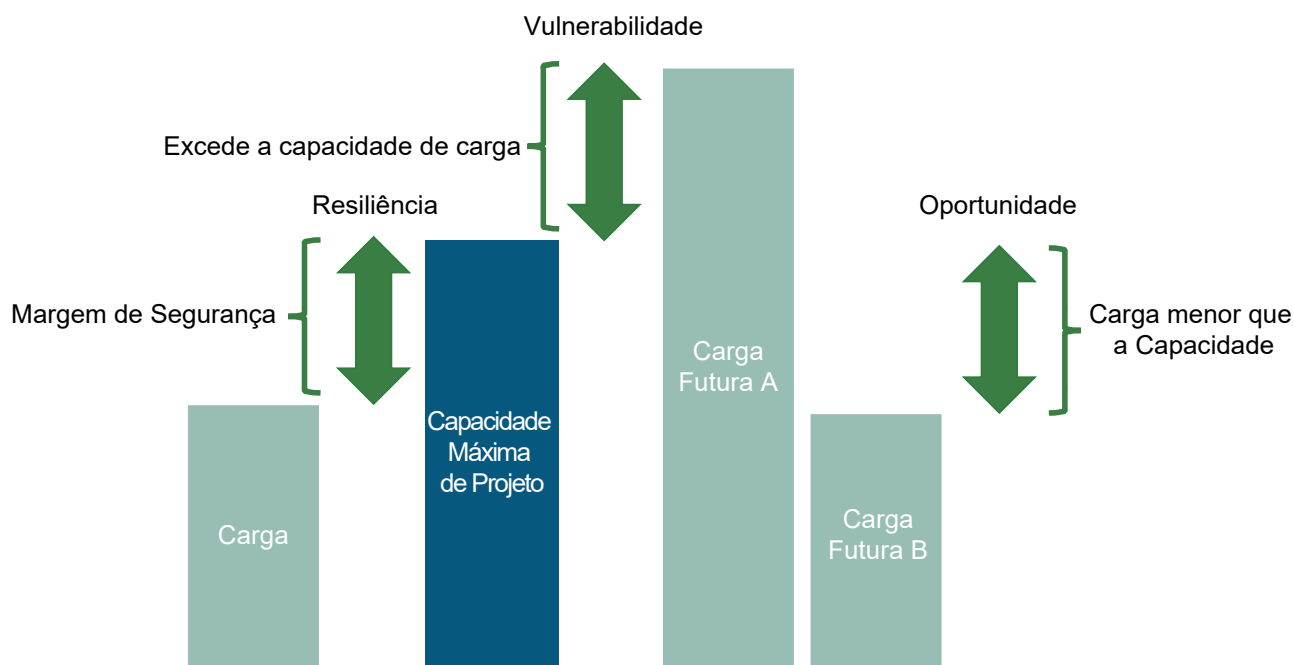


Vulnerabilidades e riscos associados mudarão ao longo do ciclo de vida da mina e dependem de uma série de fatores, como por exemplo:

- Localização (por exemplo, litoral vs. interior, árido vs. temperado).
- Extensão geográfica da mina e sua infraestrutura e operações.
- Mudanças nas condições climáticas, particularmente se as condições excederem as projeções das condições futuras.
- Comunidades e ecossistemas próximos.
- Mudanças locais ou regionais, tais como:
 - Nova infra-estrutura
 - Novas atividades comerciais ou recreativas
 - Expansões de comunidades
 - Mudança no uso do solo
 - Mudanças na gestão regional da água.
- Implementação de medidas de adaptação por terceiros.
- Tempo de vida útil da mina e tempo de vida útil necessário da infra-estrutura.
- Fechamento da mina e condições pós-fechamento.
- Mina em si, os componentes de infra-estrutura no local e as operações que estão ocorrendo.

Exemplos de vulnerabilidades às mudanças climáticas e como elas podem mudar durante todo o ciclo de vida da mina são fornecidos no **Anexo E**.

Figura 9: Se a carga futura puder exceder a capacidade máxima de projeto, existe uma vulnerabilidade (adaptada da Engineers Canada). Se a carga futura pode ser menor do que uma oportunidade existe.



Riscos

O risco é definido como um potencial impacto negativo, prejudicial às operações, às instalações, ao meio ambiente, à saúde pública ou à segurança, que pode surgir de algum processo presente ou evento futuro (MAC 2019b). Quando avaliando o risco, tanto a gravidade potencial e a consequência do impacto quanto sua probabilidade de ocorrência são consideradas.

O conceito de risco é muitas vezes mal compreendido, e o termo é muitas vezes mal utilizado. Ao realizar a avaliação de risco e comunicar o risco e as atividades relacionadas ao risco, é importante ser claro sobre o significado do risco e, em particular, ser claro que o risco considera tanto a consequência potencial ou a gravidade de um evento, quanto a probabilidade ou verossimilhança de que esse evento ocorra. Por exemplo, ao comparar o risco pessoal de dirigir um carro com uma viagem comercial aérea, a consequência potencial é a mesma em ambos os casos - catastrófica. Entretanto, a probabilidade de você morrer em um acidente de carro fatal é maior do que a probabilidade de você morrer em um acidente de avião fatal. Portanto, seu risco pessoal associado à condução de um carro é maior do que o risco associado às viagens aéreas comerciais, mesmo que algumas pessoas possam perceber que as viagens aéreas comerciais são mais arriscadas.

O risco pode ser expresso qualitativamente, semi-quantitativamente ou quantitativamente, dependendo do objetivo de estimar o risco e do grau de certeza associado a vários parâmetros envolvidos na estimativa. Isto é discutido mais adiante na seção 4.5.

4.5. Estrutura de avaliação de risco

A conclusão de uma avaliação de risco da mudança climática ajuda os proprietários a construir uma base de evidências e fornece um quadro mais completo de suas vulnerabilidades e riscos relacionados ao clima. Uma avaliação de risco ajudará os proprietários a tomar decisões sobre a implementação potencial de medidas de adaptação às mudanças climáticas (ICMM 2019).

Como já mencionado anteriormente, as empresas de mineração têm experiência no gerenciamento de riscos e, em muitos casos, possuem programas de gerenciamento de riscos empresariais e operacionais que podem ser adaptados para apoiar ou incluir uma avaliação de risco climático. Esta seção descreve uma estrutura de avaliação de risco que se destina a acrescentar uma lente climática para um programa de gerenciamento de risco já existente, ou pode servir como base para um programa de gerenciamento de risco para Proprietários que talvez ainda não tenham um programa em vigor.

Uma avaliação de risco é usada para identificar vulnerabilidades e riscos da mudança climática, avaliar a magnitude dos riscos e classificar os riscos identificados. A mudança climática pode representar uma série de riscos potenciais a nível local e corporativo, associados a impactos potenciais (consequências) na saúde e segurança do pessoal no local e dos residentes das comunidades locais, infraestrutura, operações de minas, meio ambiente local/regional, economia do proprietário, reputação do proprietário e potencial para agitação social ou trabalhista. Ao planejar e conduzir uma avaliação de risco de mudança climática, esta ampla gama de consequências potenciais deve ser considerada além de outros modificadores potenciais de risco, tais como mudanças nas exigências legais e mudança das expectativas dos investidores, seguradoras e comunidades. A avaliação de risco concentra-se no risco inerente na ausência de medidas de adaptação e a Etapa 2 analisa o risco residual após o desenvolvimento de caminhos de adaptação.

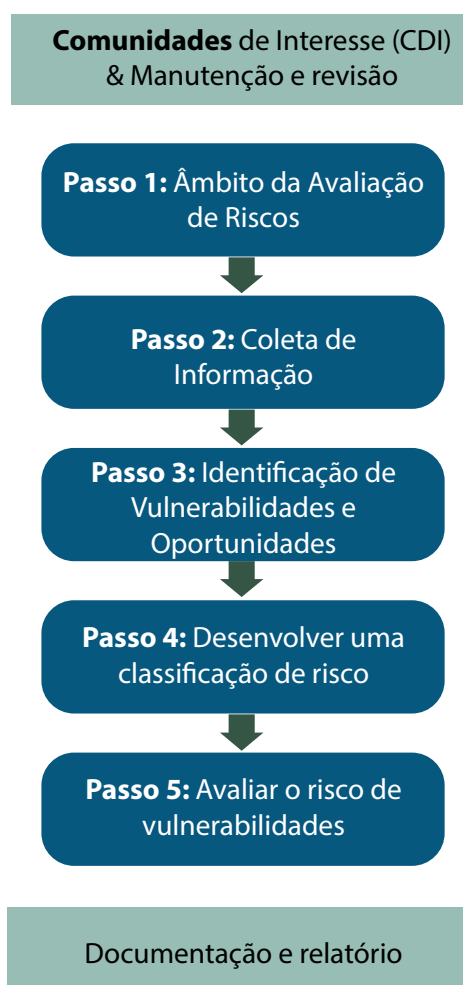
A seguinte estrutura de avaliação de risco de mudança climática está alinhada com a norma ISO 31000 de Gerenciamento de Risco (ISO 2018) e incorpora questões específicas da mineração com base em documentos de orientação existentes (Seção 2.3). A estrutura considera os seguintes princípios abrangentes de avaliação do risco da mudança climática:

- Espera-se que as vulnerabilidades e riscos ocorram durante todo o ciclo de vida da mina e, portanto, a estrutura considera as vulnerabilidades e riscos que poderiam ocorrer em todas as fases do ciclo de vida.
- A avaliação de risco é baseada nas informações atualmente disponíveis.
- A avaliação de risco é personalizada para o site específico da mina, levando em consideração os objetivos da avaliação de risco.
- A avaliação de risco fornece informações de apoio para auxiliar o processo de tomada de decisão (Seção 5.0).

As etapas de uma estrutura de avaliação de risco da mudança climática são mostradas na Figura 10, e descrições detalhadas para cada etapa são fornecidas abaixo. A estrutura delinea uma série de ações, bem como componentes abrangentes (por exemplo, envolvimento da CDI, monitoramento e revisão, registro e relatório) que podem ser usados para realizar uma avaliação de risco climático específica do site. Também pode ser usada para empreender uma avaliação regional de risco climático se várias operações estiverem localizadas na mesma região, ou se um Proprietário colaborar com as comunidades locais ou outras indústrias na realização de uma avaliação de risco. Esta estrutura pode ser dimensionada para diferentes níveis de detalhe em diferentes fases da vida da mina, de acordo com as necessidades dos tomadores de decisão.

Uma avaliação de risco climático em nível de site incluiria definições específicas em termos de vulnerabilidade e risco que poderiam ser diferentes das definições em nível de empreendimento (portfólio), que são mais amplas e podem priorizar os riscos em vários sites de mina. Ao traduzir os riscos climáticos a nível de site para uma matriz de riscos em toda a empresa, os riscos a nível de site podem não ser necessariamente aplicáveis. Por exemplo, os riscos climáticos identificados no nível do site podem ser subestimados se forem utilizadas categorias de consequências utilizadas no nível da empresa, que normalmente são maiores do que no nível do site. Isto provavelmente ocorreria ao utilizar matrizes para empresas maiores que consideram múltiplos ativos e a classificação/escala de consequências pode precisar ser ajustada passando da avaliação da empresa para avaliações específicas do site.

Figura 10: Estrutura de avaliação de risco de mudança climática.



Elementos fundamentais da estrutura de avaliação de risco

Engajamento das Comunidades de Interesse (CDI)

Em todas as etapas da avaliação de risco, um aspecto importante é a comunicação contínua e o engajamento com a CDI, inclusive com as comunidades/grupos indígenas. A CDI está ficando preocupada com os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre sua saúde e segurança, meio ambiente, comunidades, e meios de subsistência, e a presença de uma mina perto de suas comunidades pode agravar essas preocupações.

Os proprietários devem explorar isso através das estruturas de engajamento existentes da CDI, incluindo o Protocolo de Relações Indígenas e Comunitárias TSM do MAC.

O engajamento da CDI pode ajudar a apoiar o processo de tomada de decisões, fornecendo feedback e informações de pessoas com diferentes conhecimentos e experiências em múltiplas áreas. Em particular, o engajamento da CDI pode:

- Informar o processo de identificação de vulnerabilidades e avaliação de risco.
- Facilitar o compartilhamento de conhecimentos, inclusive conhecimentos tradicionais, que podem ajudar o Proprietário a compreender melhor:
- Como o clima tem mudado.
- A aplicabilidade e precisão da linha de base climática desenvolvida pelo Proprietário.
- A eficácia potencial das medidas de adaptação às mudanças climáticas propostas.
- Ajudar a evitar "má adaptação" onde ações de adaptação de um grupo podem ter consequências negativas para outros (ICMM 2019).
- Ajudar a CDI a ter uma melhor compreensão dos riscos de mudança climática identificados, e das ações que o Proprietário está tomando para administrar esses riscos.
- Ajudar a CDI a compreender melhor os impactos potenciais da mudança climática em suas próprias comunidades.

Monitoramento a e revisão

De acordo com a abordagem iterativa descrita na seção 2.3, o processo de avaliação de risco deve ser iterativo. Isso é verdade para todos os processos de avaliação de risco, mas é particularmente importante dadas as incertezas associadas às mudanças climáticas.

Os proprietários devem rever sua avaliação de risco regularmente (por exemplo, anualmente, ou quando ocorrer uma mudança material na operação ou negócio) para confirmar que a avaliação ainda é válida e atualizada. O resultado dessa revisão poderia desencadear uma atualização da avaliação de risco, conforme necessário, com base em mudanças significativas. Conforme descrito na Seção 2.3, mudanças nas vulnerabilidades e riscos poderiam ser desencadeadas por fatores tais como:

- Atualizações da ciência climática, projeções das condições climáticas futuras, ou outros fatores (por exemplo, exigências legais) que podem alterar as vulnerabilidades ou riscos.
- Mudanças nas operações da mina, inclusive na infraestrutura.
- Mudanças nas políticas corporativas, planos, estratégias de negócios e ativos.
- Mudanças na fase do ciclo de vida da mina.
- Mudanças em planos futuros para a mina.

- Mudanças no ambiente externo.
- Ações de adaptação climática tomadas por terceiros.

Documentação e relatórios

O processo de avaliação de risco e os resultados devem ser documentados e relatados. Atividades de gestão de risco e resultados para a tomada de decisões devem ser comunicados aos interessados internos apropriados e à CDI. Os relatórios devem ser compilados em termos comuns e simples que possam ser compreendidos pela alta administração, reguladores e CDI.

Constituição da equipe

Antes de iniciar o processo de avaliação de risco, os proprietários devem estabelecer uma equipe multidisciplinar que possa fornecer um nível diversificado de habilidades e conhecimentos que ajudarão a completar a avaliação. A equipe deve incluir pessoas que tenham conhecimento:

- Clima local histórico e atual.
- Projeto e/ou operação dos diferentes componentes de infraestrutura da mina.
- Projeções climáticas futuras e impactos climáticos.
- Registro de risco específico do site e processo de avaliação de risco.

A composição da equipe dependerá da estrutura organizacional do proprietário, mas normalmente incluiria representantes das seguintes funções: operações de minas, meio ambiente, relações comunitárias e governamentais, gerenciamento de água, gerenciamento de rejeitos, compras e gerenciamento de minas. Especialização adicional, como avaliação de risco, climatologia e profissionais de saúde e segurança também podem ser necessários.

PASSO 1: Escopo da avaliação de risco

A definição do escopo da avaliação de risco é necessária para identificar o nível de esforço necessário para conduzir a avaliação e será informada pelas exigências internas dos Proprietários.

O nível de esforço dependerá do tamanho do projeto, extensão geográfica (isto é, isso cobre toda a mina, ou apenas um componente?), impactos potenciais além da propriedade da mina, criticidade (isto é, isso é uma peça crítica da infraestrutura?), e vulnerabilidades. O escopo da avaliação de risco deve considerar o seguinte:

- Objetivo(s) da avaliação de risco.
- Limites da avaliação referida como o domínio, considerando a extensão geográfica, componentes de infraestrutura, operações, e nível de projeto que devem ser incluídos.
- Registros de risco existentes ou programas de gerenciamento de risco que já tenham identificado riscos, a serem referenciados ou integrados com a avaliação de risco climático.
- Limites temporais da avaliação - que fase do ciclo de vida da mina a avaliação considera, qual é o período de vida da mina ou do componente de infra-estrutura.
- Recursos humanos e financeiros necessários para realizar a avaliação de risco, e quaisquer limitações de tempo.
- CDI que precisam ser contratados, e em que ponto do processo eles precisam ser contratados.

- Ligações com práticas e procedimentos existentes de avaliação de risco (isto é, registros de risco existentes).
- Como a avaliação de risco da mudança climática será integrada no processo geral de tomada de decisões, tanto no nível operacional quanto no nível da empresa.

PASSO 2: Coleta de informações

A obtenção de informações de base ajudará a desenvolver um inventário de dados, identificar ferramentas existentes e outros recursos relevantes e atualizados necessários para completar a avaliação. O nível de informações necessárias variará, mas normalmente inclui:

- Informações de práticas e revisões de avaliação de risco existentes. Isso poderia incluir os critérios de risco específicos da empresa ou da mina já usados pelo Proprietário para avaliar riscos.
- Conhecimento tradicional e indígena.
- Medidas de adaptação climática já tomadas por terceiros.
- Uma lista dos equipamentos de mina, componentes de infraestrutura, operações e parâmetros de projeto que serão usados para identificar vulnerabilidades (Passo 3) - essa lista pode variar no nível de detalhe e dependerá da fase do ciclo de vida da mina, e pode incluir:
 - Construção:
 - Gerenciamento e tratamento de água
 - Gestão do pó
 - Preparação do terreno
 - Operações e construção em andamento:
 - Gestão de resíduos
 - Gestão de resíduos de rocha
 - Gestão e tratamento da água
 - Gestão do pó
 - Infra-estrutura de transporte
 - Planta de processamento
 - Encerramento e Pós-encerramento:
 - Gestão e tratamento da água
 - Gestão dos resíduos
 - Gestão de resíduos de rocha
 - Gestão do pó
 - Recuperação e revegetação
- Informações sobre os projetos atuais de infra-estrutura e planos de fechamento, incluindo suposições climáticas consideradas para fins de projeto (por exemplo, períodos de retorno de tempestades usados, estimativas de frequência de intensidade de duração), bem como quaisquer

códigos, padrões, requisitos de permissão, ou diretrizes seguidas no processo de projeto.

- Dados operacionais para equipamento e infraestrutura, incluindo resultados de monitoramento, experiência operacional (por exemplo, como uma infraestrutura específica reagiu durante eventos climáticos similares no passado?), resiliência antecipada, e relatórios de incidentes.

Um registro de documentos deve ser estabelecido para identificar e rastrear documentos de origem para as informações de base a serem usadas para informar a avaliação de vulnerabilidades e riscos.

PASSO 3: Identificação de Vulnerabilidades e Oportunidades

Este passo envolve:

1. Identificar e descrever as possíveis interações entre uma gama de indicadores climáticos relevantes e componentes de infraestrutura, operações, comunidades e o ambiente circundante.
2. Com base nessas interações potenciais e nas projeções das condições climáticas futuras, desenvolvidas no Passo 1, identificar as vulnerabilidades da mudança climática.

Os potenciais impactos diretos e indiretos e as vulnerabilidades associadas tanto dentro como fora do site devem ser identificados, e as relações entre vulnerabilidades diretas e indiretas devem ser descritas. A identificação das vulnerabilidades deve ser feita de maneira abrangente, tanto com contribuições internas quanto externas.

Ter uma lista de vulnerabilidades tão completa quanto possível, e uma compreensão clara das relações entre as vulnerabilidades diretas e indiretas é essencial, uma vez que isso formará a base para a avaliação de risco. Qualquer coisa que faltar aqui será deixada de fora da avaliação de risco.

Durante essa etapa, quaisquer oportunidades ou resultados de mudanças climáticas que seriam neutros (nem negativos nem oportunidades) também devem ser identificados. As oportunidades não precisam ser consideradas ou avaliadas através do processo de avaliação de risco, mas devem ser consideradas no desenvolvimento subsequente de caminhos de adaptação (**Seção 5**) e implementação (**Seção 6**).

PASSO 4: Definição de um sistema de classificação de risco

Como descrito na seção 4.3, o risco é o produto da probabilidade e a consequência de um evento potencialmente indesejável. Classificar a probabilidade e a consequência de cada vulnerabilidade a ser avaliada facilita a categorização do risco, por exemplo, como baixo, médio ou alto. Para avaliar o risco usando a abordagem descrita nesta orientação, é necessário desenvolver um sistema ou escala de classificação de risco e critérios de risco associados tanto para a probabilidade quanto para a consequência.

Os critérios de risco para consequência podem ser descritos qualitativa ou quantitativamente. Por exemplo, uma gama de categorias que representam a gravidade das consequências financeiras pode descrever quantitativamente o custo financeiro potencial de um risco. Outras categorias de consequências que podem ser usadas incluem saúde e segurança, projeto estrutural, operacional, reputacional (exposição pública), ambiental, e riscos sociais. O quadro 3 fornece exemplos de critérios qualitativos e quantitativos de risco para consequência.

O quadro 3: Exemplos qualitativos e quantitativos de categorias de consequências.

Categoria de Consequência / Pontuação do Risco	Qualitativo	Perda de Capital por evento
1	Insignificante	<US\$ 250.000
2	Menor	\$ 250.000 – \$ 500.000
3	Moderado	\$ 500.000 – \$ 1 milhão
4	Grave	\$ 1 milhão – \$ 2 milhões
5	Catastrófico	>\$2 milhões

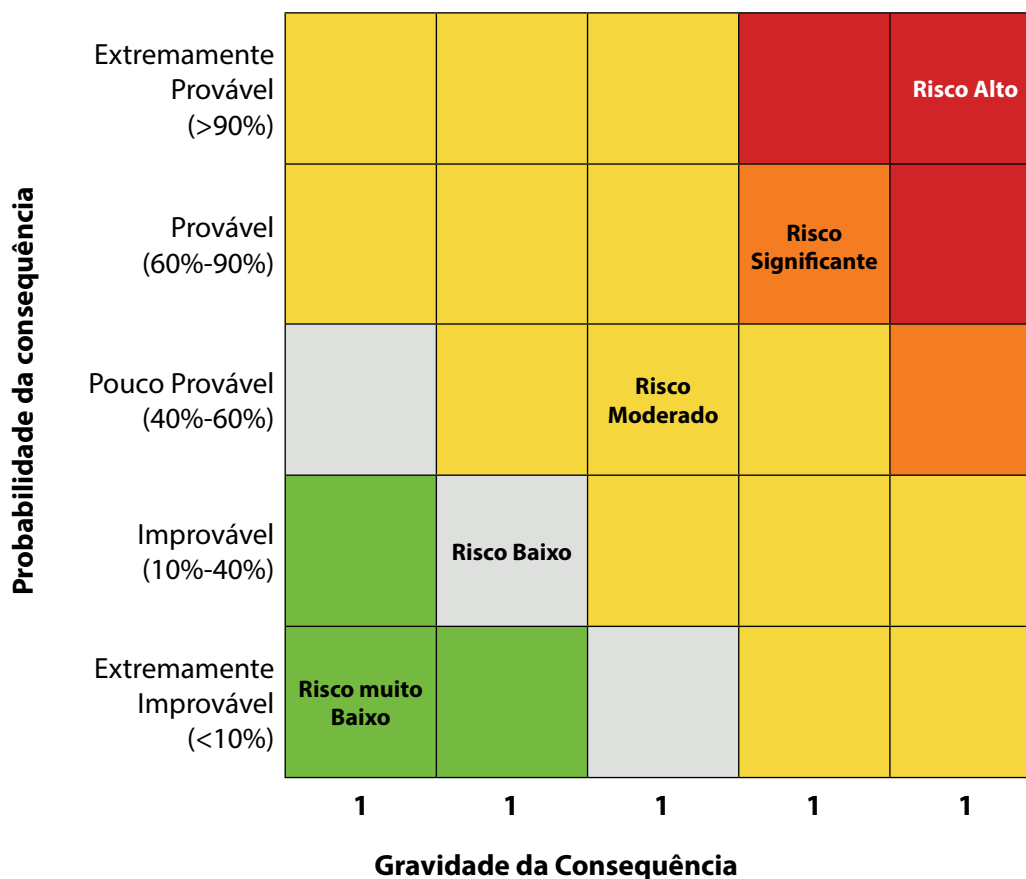
Os critérios de risco de probabilidade também podem ser descritos qualitativa ou quantitativamente. Qual abordagem a ser usada depende, em parte, do grau de incerteza. Atribuir probabilidades quantitativas a um evento sem informações adequadas para justificar essas probabilidades pode ser enganoso.

O Quadro 4 fornece exemplos de critérios qualitativos e quantitativos de risco para probabilidade.

Categoria de Probabilidade / Pontuação do Risco	Qualitativo	Probabilidade anual
1	Raro	<1%
2	Improvável	1-10%
3	Possível	10-50%
4	Possível	50-100%
5	Quase Certo	100%

Ao conduzir avaliações qualitativas de risco, uma abordagem matricial pode ser usada para categorizar o risco para cada vulnerabilidade avaliada. Nessa abordagem, é desenvolvida uma grade ou matriz, com consequências em um eixo e probabilidade no outro. A categorização do risco é determinada pela probabilidade e consequência, e onde na matriz esses se interceptam para uma dada vulnerabilidade.

Isso é ilustrado na Figura 11, que é um exemplo de uma matriz, também chamada de mapa de calor, que representa um sistema de classificação de risco. A consequência (eixo x) e a probabilidade (eixo y) foram ambas divididas em cinco categorias para uma matriz de 5 por 5 e podem ser usadas para traçar cada vulnerabilidade para categorizar o risco.

Figura 11: Exemplo matriz ou mapa de calor para um sistema de classificação de risco.

Muitos proprietários têm sistemas de classificação de risco existentes que podem ser aplicados aos riscos da mudança climática - com ou sem modificações. Se um sistema de classificação ainda não está sendo aplicado, um sistema deve ser desenvolvido e aplicado que inclua risco climático e considere:

- Desenvolver critérios apropriados para permitir que os riscos climáticos sejam diferenciados (isto é, para que todos os riscos não acabem na mesma categoria).
- Desenvolver critérios que se alinhem com a terminologia existente usada pelo Proprietário (por exemplo, o Proprietário se refere a "alta probabilidade" ou "extremamente provável", o Proprietário define termos tais como "probabilidade" ou "consequência").
- Políticas ou objetivos relevantes que definem níveis aceitáveis de risco (por exemplo, aqueles delineados em relatórios de sustentabilidade). O nível aceitável de risco deve ser definido no contexto do site da mina e para sua fase específica do ciclo de vida, levando em conta a probabilidade e consequência, e perspectivas do Proprietário, reguladores e CDI (MAC 2019b).

PASSO 5: Avaliação do Risco de Vulnerabilidades

O sistema de classificação de risco desenvolvido no Passo 4 é aplicado às vulnerabilidades identificadas no Passo 3, e o risco associado a cada vulnerabilidade é avaliado. A cada vulnerabilidade a ser avaliada é atribuído uma consequência e probabilidade de pontuação. A pontuação de consequência e probabilidade pode ser plotada nos mapas de matriz/calor.

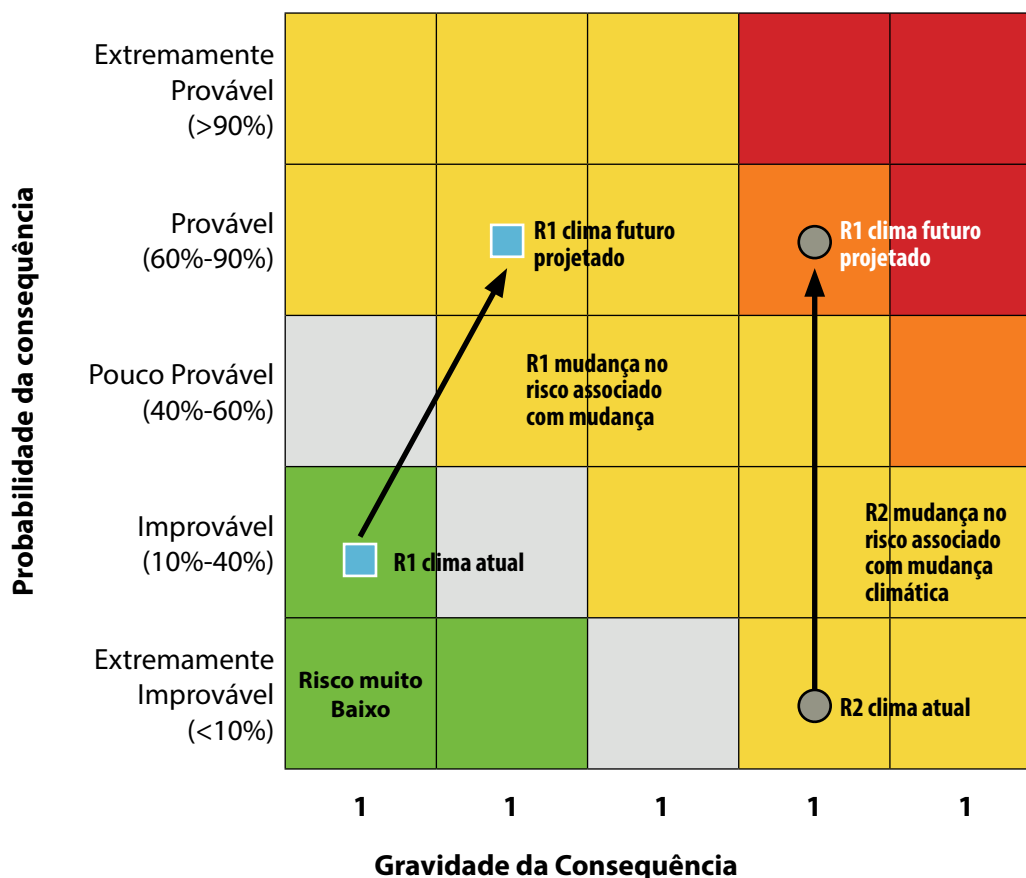
Uma diferença notável na metodologia para avaliar os riscos da mudança climática, em comparação com a avaliação de outros riscos, é que para cada vulnerabilidade, o risco é categorizado tanto sob as condições climáticas atuais quanto sob as projeções das condições climáticas futuras, para poder entender como o risco pode mudar (por exemplo, maior probabilidade e/ou consequência) como resultado da mudança climática. Alternativamente, se outras abordagens estão sendo usadas, o risco pode ser calculado pela consequência e probabilidade, mas deve ser calculado de maneira semelhante tanto para as condições climáticas atuais quanto para as projeções das condições climáticas futuras. O risco resultante associado à mudança climática é o delta ou mudança no risco entre o clima atual e o clima futuro.

A Figura 12 fornece uma ilustração disso usando dois riscos:

- R1: o risco de galgamento de vertedouro como resultado de um evento de precipitação de alta intensidade.
- Nas condições climáticas atuais, o R1 é classificado como de risco muito baixo.
- Sob condições climáticas futuras projetadas, supondo que nenhuma ação administrativa adicional seja tomada entre condições atuais e futuras, a probabilidade de um galgamento do vertedouro é maior, e a consequência se o galgamento ocorrer também é maior.
- Portanto, sob condições climáticas futuras projetadas, o R1 é categorizado como um risco moderado.
- O risco associado à mudança climática para R1 é moderado, já que mudaria em duas categorias de risco, de muito baixo para moderado.
- R2: o risco de falha de uma estrutura de contenção como resultado do aumento da temperatura, levando à degradação do permafrost, levando a uma redução na estabilidade estrutural.
- Sob as condições climáticas atuais, R2 é categorizado como um risco moderado.
- Sob condições climáticas futuras projetadas, assumindo que nenhuma ação administrativa adicional seja tomada entre condições atuais e futuras, a probabilidade de falha da estrutura de contenção é maior, mas a consequência se a falha ocorrer é inalterada.
- Portanto, sob condições climáticas futuras projetadas, o R2 é categorizado como um risco significativo.
- O risco associado à mudança climática para o R2 é baixo, já que mudaria por uma categoria de risco, de moderado para significativo.

Portanto, o risco associado com a mudança climática para R1 é maior do que para R2. Entretanto, em ambos os cenários, o risco associado ao R2 é maior. Esses dois fatores precisariam ser considerados na priorização desses riscos para a tomada de decisões.

Figura 12: Exemplo de matriz/mapa de calor com consequências e escores de probabilidade para cada vulnerabilidade sob condições climáticas atuais e futuras.



A avaliação de risco pode ser conduzida em diferentes graus de detalhe, por meio de métodos qualitativos, semi-quantitativos ou quantitativos, ou de uma combinação desses métodos. A avaliação de risco é um processo iterativo e os proprietários devem considerar o seguinte:

- Incertezas associadas com as vulnerabilidades que dão origem a riscos, incluindo a qualidade e integridade dos dados nos quais a avaliação de risco se baseia.
- Incertezas associadas com a avaliação da probabilidade e consequência dos riscos, particularmente a probabilidade.
- Resultados do monitoramento ou coleta de dados adicionais.
- Medidas de adaptação já em vigor e sua eficácia na redução do risco.
- Uma análise mais detalhada das projeções climáticas pode ser feita à medida que a ciência climática melhora para melhorar a compreensão dos riscos climáticos.

Os resultados da análise de risco de todas as vulnerabilidades avaliadas são comparados, classificados e priorizados para informar a tomada de decisões e determinar se é necessária uma ação adicional. A classificação e a priorização devem considerar tanto a mudança no risco associado à mudança climática, quanto o risco absoluto para cada vulnerabilidade avaliada. No exemplo acima, R2 provavelmente seria

considerado uma prioridade mais alta, embora a mudança no risco associado com a mudança climática seja mais alta para R1.

Além disso, é importante considerar dar alta prioridade a eventos de consequência alta ou extrema devido à severidade dos impactos potenciais, mesmo que a probabilidade seja muito baixa.

Checklist de verificação para avaliação da vulnerabilidade às mudanças climáticas e dos riscos

- Quais são os objetivos da avaliação dos riscos da mudança climática?
- Que nível de informação é necessário para completar a avaliação? Foi obtido o nível apropriado de informação?
- Todas as vulnerabilidades potenciais foram identificadas e descritas para todos os estágios do ciclo de vida da mina?
- Os critérios de classificação de risco foram claramente definidos? Há algum sistema de classificação de risco existente que possa ser aplicado aos riscos da mudança climática?
- Como as incertezas foram consideradas na avaliação?

4.6. Estudo de caso

O estudo de caso a seguir é um exemplo de uma avaliação de vulnerabilidade e risco que foi concluída por uma empresa mineira. O Anexo D fornece informações mais detalhadas.

Agnico Eagle - Uso de Conjunto de Dados Climáticos para Reduzir Riscos e Informar o Projeto da Cobertura

Agnico Eagle é uma empresa canadense de mineração de ouro que opera três minas no território de Nunavut no Canadá - Meadowbank, Meliadine e Whale Tail. Suas propostas de minas foram submetidas a uma Avaliação de Impacto Ambiental e Social (ESIA - Environmental and Social Impact Assessment), uma exigência da Junta de Avaliação de Impacto de Nunavut (NIRB - Nunavut Impact Review Board). A NIRB exige que os proponentes do projeto levem em consideração os efeitos potenciais de um clima em mudança através do ciclo de vida de um projeto proposto. A NIRB pede aos proponentes que considerem a pergunta "Como as mudanças potenciais no clima afetarão a infraestrutura associada com o projeto".

No caso dos projetos de Agnico Eagle em Nunavut, o nível de detalhes nas apresentações ao NIRB, os pedidos de informação subsequentes do NIRB, e as projeções climáticas futuras disponíveis usadas para apoiar a avaliação evoluíram da época em que o projeto Meadowbank original foi iniciado em 2005, até a mais recente aprovação da Whale Tail em 2020.

A avaliação da mudança climática de cada mina incluiu uma caracterização detalhada do clima histórico na região, e mais localmente no site do projeto. Para projetar o clima futuro, a abordagem usada foi:

- Usar as projeções de mudanças climáticas existentes e disponíveis ao público.
- Analisar essas projeções usando ferramentas e protocolos aplicáveis.
- Fornecer as projeções em um formato que fosse significativo tanto para um cientista não-climático quanto para outras disciplinas que completam seções da ESIA que estavam confiando nos dados para aplicações técnicas.

Essas informações foram então fornecidas num formato que apoiava análises adicionais e fornecia uma base para a identificação de potenciais interações entre o clima e a infraestrutura e para o desenho de medidas de adaptação para reduzir os riscos do projeto. O nível de detalhe necessário para documentar as opções de adaptação tornou-se mais detalhado com cada avaliação subsequente. O NIRB, seus revisores técnicos e partes interessadas concentraram-se nas opções potenciais de adaptação e na forma como se relacionaram com o desenho do projeto.

Uma vulnerabilidade chave identificada como parte do projeto Whale Tail foi a vulnerabilidade da Instalação de Armazenamento de Pedras Residuais (WRSF - Waste Rock Storage Facility) ao aumento das temperaturas. A WRSF foi projetada para assegurar que as rochas residuais permaneçam congeladas para evitar a oxidação de minerais de sulfeto nas rochas residuais, evitando assim a ocorrência de drenagem ácida e impactando a qualidade das águas subterrâneas e de superfície. Para contabilizar o descongelamento sazonal da camada ativa de permafrost, as rochas residuais potencialmente geradoras de ácido seriam cobertas com uma camada de rochas não potencialmente geradoras de ácido. Se essa cobertura não for suficientemente espessa, e a profundidade da camada ativa se estender abaixo da cobertura até a rocha residual, então poderia ocorrer uma drenagem ácida.

Assim, demonstrando que a mudança climática, especificamente a degradação do permafrost, não afetaria o WRSF e comprometeria a proteção das águas subterrâneas e de superfície, foi identificada como uma consideração chave no processo de revisão do NIRB e foi abordada por Agnico Eagle no projeto do WRSF.

Para enfrentar essa vulnerabilidade, Agnico Eagle avaliou a espessura mínima de cobertura exigida para o WRSF sob condições climáticas em mudança. O primeiro passo nessa avaliação foi desenvolver um conjunto de dados climáticos que incorporou informações do programa de monitoramento para o atual Meadowbank WRSF (cerca de 50 km a sudoeste da Whale Tail) e fornecer um resumo das futuras temperaturas médias mensais projetadas para a localização da Whale Tail. Esse conjunto de dados climáticos foi então usado como input em um estudo de modelagem térmica para avaliar as condições sazonais de congelamento-descongelamento e estimar mudanças futuras na profundidade da camada ativa. Os resultados foram usados para avaliar a espessura da cobertura que seria necessária para assegurar que as rochas residuais potencialmente geradoras de ácido permanecessem congeladas abaixo da camada ativa sob as diferentes projeções das condições climáticas futuras. Os resultados dessa avaliação foram então usados para desenvolver o projeto final para o WRSF, que recebeu a aprovação do NIRB.

5 Etapa 2: Desenvolvimento de caminhos de adaptação



Esta seção fornece orientação sobre como desenvolver caminhos de adaptação que descrevam ações futuras para responder ao risco e às oportunidades colocadas pelas mudanças climáticas.

As empresas de mineração tipicamente já têm mecanismos para gerenciar riscos, tais como sistemas de gestão, avaliação de risco, desenvolvimento e implementação de planos de gestão de risco e implementação de programas de monitoramento, e elas tipicamente revisam e atualizam esses mecanismos ao longo do ciclo de vida.

No entanto, as mudanças climáticas e a incerteza associada às projeções do clima futuro representam desafios adicionais. A decisão ótima tomada hoje pode não permanecer a decisão ótima daqui a uma década com base na mudança nas condições climáticas observadas ou pode não permanecer a decisão ótima quando o próximo Relatório de Avaliação do IPCC for divulgado, e as projeções do clima futuro forem atualizadas. Assim, a adaptação à mudança climática acrescenta um nível maior de incerteza e fluxo aos mecanismos existentes de avaliação e gestão de risco. Devido a essa incerteza, as decisões sobre a melhor maneira de se adaptar às condições climáticas em mudança são um desafio.

Esta seção fornece orientação sobre como tomar decisões sobre a adaptação às mudanças climáticas diante dessa incerteza, e recomenda o desenvolvimento de caminhos de adaptação como uma ferramenta para avaliar, desenvolver, e potencialmente implementar medidas de adaptação. A abordagem dos caminhos de adaptação é uma "abordagem de planejamento que aborda a incerteza e os desafios da tomada de decisões sobre as mudanças climáticas". Ela permite a consideração de múltiplos futuros possíveis e permite a análise/exploração da robustez e flexibilidade de várias opções através desses múltiplos futuros" (Portal de Mudanças Climáticas do Sudoeste 2020).

Medidas de adaptação são ações tomadas para administrar riscos ou oportunidades associadas com as mudanças climáticas. Medidas de adaptação podem incluir ações para prevenir ou reduzir a probabilidade da ocorrência de um impacto adverso devido à mudança climática ou reduzir ou mitigar as consequências de um impacto adverso devido à mudança climática. Elas podem ser implementadas em uma base específica do site ou em nível corporativo e incluir uma ampla gama de ações potenciais, tais como:

- Modificações na infraestrutura existente ou construção de nova infraestrutura.
- Revisão de planos, práticas e procedimentos, tais como:

- Práticas operacionais, tais como: gestão da água.
- Práticas de manutenção, tais como: manutenção de infraestrutura dependente do *permafrost*.
- Práticas de monitoramento relacionadas a vulnerabilidades climáticas e de mudanças climáticas.
- Planos de fechamento para refletir as projeções das condições climáticas futuras.
- Desenvolvimento de melhores projeções das condições climáticas futuras.
- Melhoria das estruturas de governança relacionadas com a adaptação às mudanças climáticas.

Principais questões abordadas nesta secção

Como os proprietários podem responder de forma mais adequada aos riscos associados às alterações climáticas, dada a incerteza? A **secção 5.1** analisa a forma como os riscos podem mudar ao longo do tempo e como isso influencia a seleção dos caminhos de adaptação.

Quais são os elementos-chave de um quadro de tomada de decisão? A **secção 5.2** descreve o quadro para o desenvolvimento de caminhos de adaptação que podem ser utilizadas para ajudar os proprietários a decidir como e quando considerar as alterações climáticas.

Quais são alguns exemplos de ferramentas de tomada de decisão utilizadas na integração das alterações climáticas? A **Secção 5.3** fornece um estudo de caso que utilizou ferramentas de tomada de decisão para avaliar medidas de adaptação e pode ser utilizado para referência adicional.

5.1. Ordem Temporal nas Decisões sobre Adaptação

Existem muitas medidas diferentes de adaptação que podem ser implementadas, conforme descrito na seção 5.2, para administrar riscos ou oportunidades. No entanto, uma parte chave desse desafio na seleção de medidas de adaptação é tomar decisões sobre quando implementar medidas de adaptação que podem não ser testadas por um evento climático por muitos anos, versus aceitar o risco crescente como resultado das condições climáticas em mudança, e potencialmente incorrer em impactos e custos associados se um evento climático acontecer antes que as medidas de adaptação tenham sido implementadas.

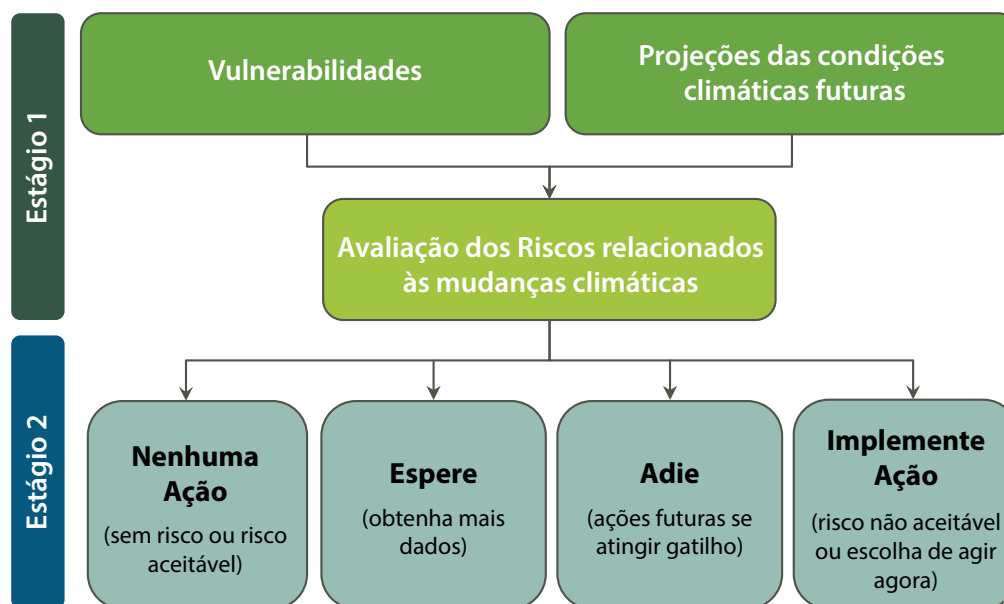
Para ajudar a enfrentar esse desafio, podem ser desenvolvidos caminhos de adaptação que apresentem vários caminhos ou abordagens potenciais para responder aos riscos e oportunidades colocados pelas mudanças climáticas. Considerando as condições climáticas futuras projetadas e os resultados da avaliação de risco da mudança climática, as opções para um Proprietário considerar são (Figura 13):

- **Não é necessária nenhuma ação:** O risco de mudança climática é aceitável agora e sob as condições climáticas projetadas para o futuro.
- **Espere:** Atualmente não há informações suficientes para tomar uma decisão. Conduzir avaliação adicional, atualizar periodicamente as projeções das condições climáticas futuras e reavaliar o risco. Se, no futuro, o risco for inaceitável ou projetado para se tornar inaceitável, então as medidas de adaptação seriam identificadas, avaliadas e implementadas.
- **Adiar, com gatilhos pré-definidos para ação:** O risco é atualmente aceitável e ações de curto prazo não são necessárias, mas a mudança do clima pode exigir ações futuras. Indicadores de

desempenho (gatilhos) são definidos, monitoramento é implementado, e se esses gatilhos forem excedidos no futuro, então medidas de adaptação serão implementadas.

- **Implementar medidas a curto prazo:** Proceder com a implementação de medidas de adaptação.

Figura 13: Tomada de decisões: se e quando implementar medidas de adaptação.



Esse processo pode ser usado para informar uma série de decisões sobre possíveis caminhos de adaptação, como por exemplo:

- Decisões em todo o site sobre quais caminhos de adaptação devem ser priorizados para implementação.
- Decisões sobre caminhos de adaptação relacionados a um componente específico de infraestrutura, como uma fundação de construção.

Para um determinado site de mineração ou proprietário, pode haver uma ampla gama de riscos e oportunidades em relação à mudança climática. O processo descrito nesta seção deve ser seguido para tomar decisões sobre como abordar cada risco e oportunidade. Entretanto, os Proprietários também precisam considerar que, para qualquer risco ou oportunidade de mudança climática, as medidas potenciais de adaptação podem ser:

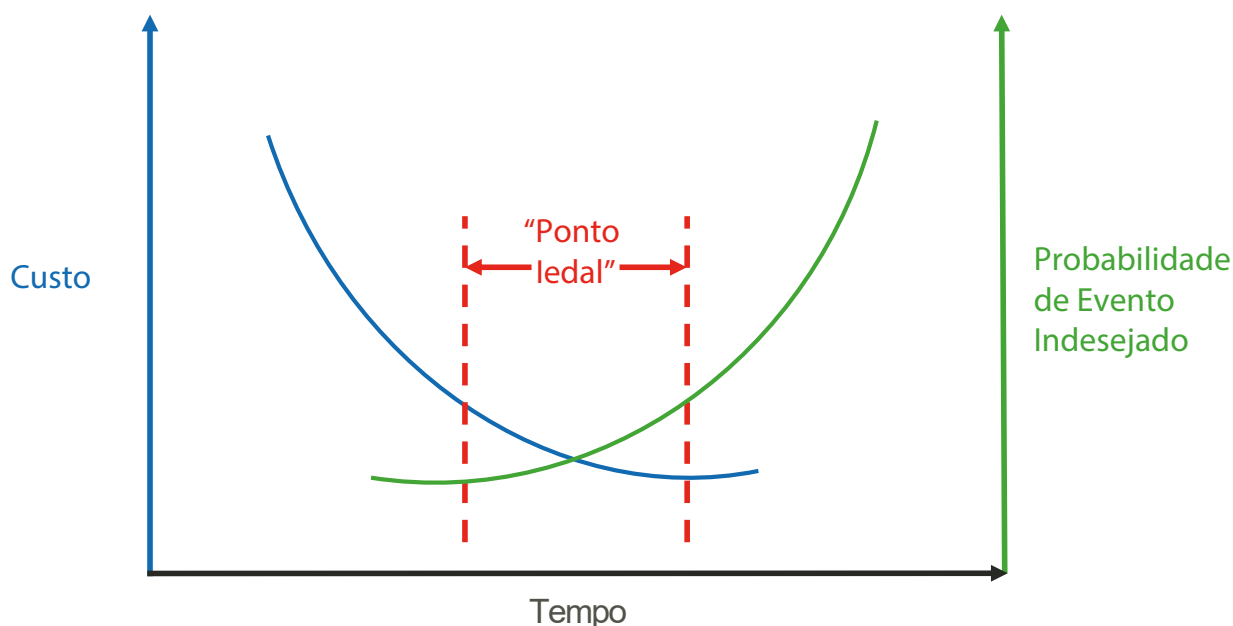
- Independentes da gestão de outros riscos ou oportunidades.
- Complementarias à gestão de outros riscos ou oportunidades (por exemplo, ajudar a aumentar a eficácia da gestão de outros riscos).
- Aplicável a múltiplos riscos ou oportunidades (i.e., uma medida de adaptação potencial abordaria vários riscos diferentes).

- Em desacordo com a gestão de outros riscos ou oportunidades (isto é, a gestão de um risco pode entrar em conflito com ou reduzir a eficácia da gestão de um risco diferente).

Ao implementar o processo descrito nesta seção e tomar decisões sobre caminhos e medidas de adaptação, é importante que os Proprietários adotem uma abordagem holística, e considerem essas possíveis relações entre diferentes medidas de adaptação, a fim de ajudar a assegurar os melhores resultados e evitar consequências não intencionais.

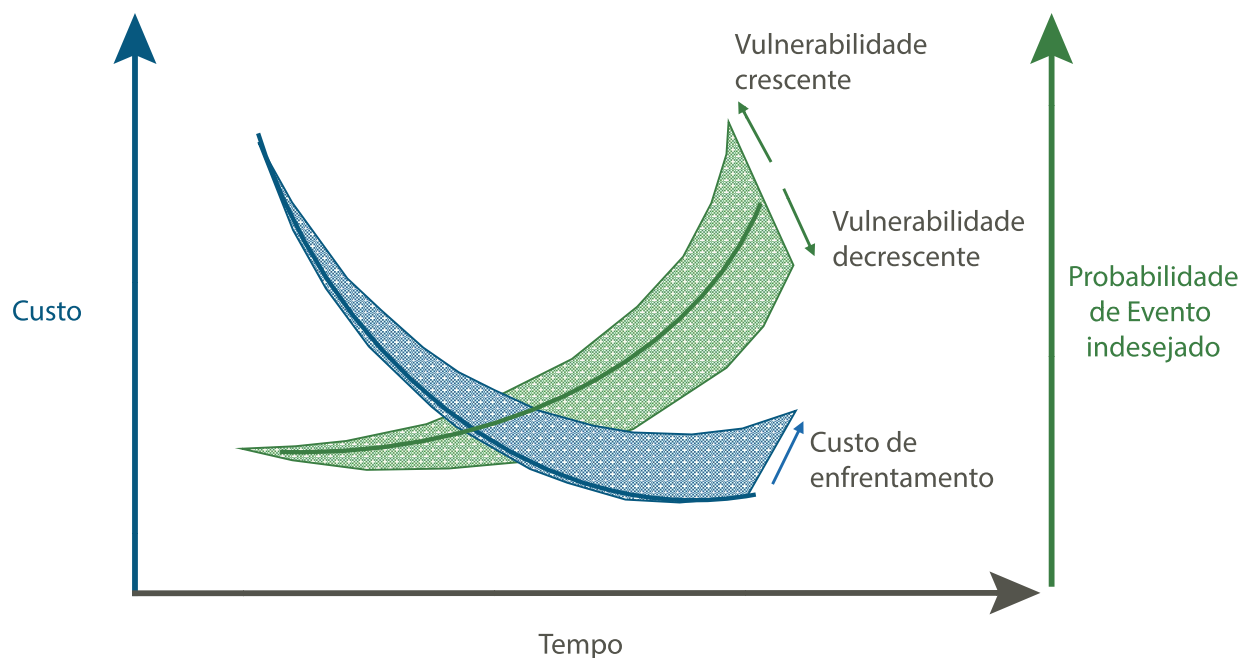
Ao desenvolver caminhos de adaptação e tomar decisões sobre a implementação de medidas de adaptação, os Proprietários devem considerar cuidadosamente o prazo para implementar medidas de adaptação, a natureza dessas medidas, e os custos associados. O termo "custo" é usado aqui para incluir custos não financeiros, tais como fatores ambientais ou sociais, assim como custos financeiros. Ao considerar custos financeiros em tais decisões, a sabedoria contábil convencional sugeriria que adiar "custos" para o futuro é a opção menos dispendiosa devido ao desconto de "custos" futuros. No entanto, a sabedoria da engenharia convencional sugere que quanto mais tempo a medida de adaptação for adiada, maior a probabilidade da ocorrência do evento indesejado (por exemplo, danos devidos à degradação do *permafrost*) que a medida de adaptação se destina a tratar. Além disso, com o tempo, as opções para implementação de medidas de adaptação podem ser reduzidas, diminuindo a flexibilidade dos proprietários para administrar o risco: quanto mais tempo se espera, menos opções eles têm para lidar com um determinado risco. Portanto, como ilustrado na figura 14, há um prazo ideal reconhecido para essas decisões que equilibra os custos com a implementação de medidas de adaptação.

Figura 14: Uma análise de decisão ajudará os proprietários a decidir quando é o momento mais efetivo para implementar as medidas de adaptação.



Dada a incerteza das projeções das condições climáticas futuras, os custos e a probabilidade de um evento não desejado (as linhas azul e verde na figura 14) devem ser considerados como intervalos. Quanto mais longe no futuro, maior será a incerteza, daí a incerteza ter sido representada como uma forma de cunha, como mostram as regiões sombreadas na figura 15.

figura 15: Como as mudanças ideais ao considerar a incerteza futura.



5.2. Quadro de caminhos de adaptação

Esta seção fornece orientação sobre como identificar medidas potenciais de adaptação e desenvolver e selecionar caminhos de adaptação a serem implementados. Esse processo se baseia nas projeções das condições climáticas futuras e na avaliação de risco de mudança climática desenvolvida na Etapa 1 e inclui¹:

1. Identificação do objetivo e escopo, incluindo os riscos a serem gerenciados e os fatores a serem considerados, e identificação de objetivos de desempenho mensuráveis.
2. Identificação de medidas potenciais de adaptação.
3. Classificação e pré-triagem das medidas de adaptação potenciais para eliminar de considerações posteriores quaisquer que tenham características que não seriam viáveis.
4. Desenvolver caminhos potenciais de adaptação com base no objetivo e escopo e incorporar as demais medidas potenciais de adaptação.
5. Avaliar os caminhos potenciais de adaptação usando ferramentas de análise de decisão.

1. O processo é adaptado da orientação sobre a avaliação de alternativas para a gestão de rejeitos apresentada no Guia de rejeitos do MAC (MAC 2019b).

6. Realizar uma análise de sensibilidade para testar a robustez e validade dos resultados da análise de decisão contra vários vieses e hipóteses.
7. Selecionar o caminho preferido para a adaptação.

5.2.1 Identificar o Objetivo e Escopo

Antes de desenvolver potenciais caminhos de adaptação, devem ser determinados o objetivo e o alcance, incluindo os riscos a serem gerenciados e os fatores a serem considerados. O objetivo e o escopo ajudam a identificar o nível de esforço necessário, considerando também o nível de risco que o Proprietário está disposto a aceitar. Isso dependerá da extensão geográfica (ou seja, estão sendo desenvolvidos caminhos de adaptação para toda a mina, ou apenas um aspecto, como a instalação de rejeitos), e das vulnerabilidades e riscos a serem tratados. Ao determinar o escopo, o proprietário deve considerar fatores similares àqueles considerados na determinação do escopo da avaliação de risco (Seção 4.5).

O objetivo e o escopo também determinarão a composição da equipe a ser envolvida no desenvolvimento e seleção dos caminhos de adaptação. Assim como a equipe reunida para conduzir a avaliação de risco, essa equipe deve ser multidisciplinar, e incluir membros com funções, responsabilidades e conhecimentos relevantes para o objetivo e escopo. A equipe pode incluir pessoal que também tenha estado envolvido na avaliação de risco. A equipe exata dependerá da estrutura organizacional do Proprietário, mas normalmente incluirá a equipe de operações, especialistas em gestão de recursos hídricos, e a alta gerência da mina. Em alguns casos, especialistas externos podem ser necessários.

Além de descrever o objetivo geral, objetivos de desempenho mensuráveis devem ser definidos. Os objetivos de desempenho estão relacionados com o risco a ser gerenciado e o escopo e devem ser definidos de acordo. Os objetivos de desempenho devem ser aplicáveis às fases relevantes do ciclo de vida e, conforme apropriado ao objetivo e escopo geral, eles devem abordar:

- Proteção da saúde e segurança dos empregados e da população.
- Objetivos de projeto e critérios para medidas de adaptação.
- Mitigação de impactos adversos diretos e indiretos devido às mudanças climáticas. Ao desenvolver objetivos de desempenho, os proprietários também devem considerar:
 - Políticas corporativas
 - Sistemas de gestão existentes
 - Objetivos, padrões e diretrizes de desempenho existentes
 - Exigências legais
 - Compromissos com a CDI
 - Contribuições de revisões externas
 - Boas práticas de engenharia e práticas ambientais

5.2.2 Identificar Medidas Potenciais de Adaptação

Uma vez que os proprietários tenham identificado vulnerabilidades e oportunidades, e avaliado e priorizado os riscos associados, o próximo passo é identificar medidas potenciais de adaptação.

Os objetivos das medidas potenciais de adaptação são identificar os meios para tal:

- Gerenciar riscos diretos e indiretos, dentro e fora do local, associados com as mudanças climáticas:
 - Eliminar os riscos relacionados com as mudanças climáticas sempre que possível.
 - Reduzir os riscos residuais a níveis aceitáveis.
 - Desenvolver planos de contingência e planos de mitigação a serem implementados para mitigar os impactos de um evento futuro relacionado com as mudanças climáticas.
- Tirar vantagem das oportunidades potenciais que as mudanças climáticas oferecem.
- Adaptar-se às mudanças projetadas nas condições climáticas futuras que não são nem risco nem oportunidade, mas que devem ser abordadas para otimizar o desempenho futuro.

O objetivo nessa etapa não é julgar medidas potenciais de adaptação, mas sim desenvolver uma lista de candidatos. Esse exercício deve ser multidisciplinar e envolver pessoal envolvido na condução da avaliação de risco, bem como pessoal envolvido em diferentes aspectos das operações de minas e corporativas que tenham funções e responsabilidades relacionadas com as vulnerabilidades e riscos identificados.

As medidas de adaptação podem tomar uma série de formas e podem ser incorporadas em todas as áreas de negócios de um Proprietário (ICMM 2019).

Exemplos de medidas de adaptação relacionadas a riscos ou oportunidades específicas incluem:

- Modificações físicas na infraestrutura existente, tais como substituição ou atualização para assegurar que a infraestrutura seja adequada às projeções das condições climáticas futuras.
- Construção de novas infraestruturas, tais como novas infraestruturas de gestão de água.
- Revisão do plano de fechamento para assegurar que os riscos de longo prazo sejam tratados no período de fechamento e pós-fechamento (por exemplo, adotar sistemas de cobertura mais resilientes para resíduos de minas).
- Revisão das práticas de operação, manutenção e monitoramento para melhorar a gestão dos riscos ou oportunidades de mudança climática, como por exemplo:
 - Revisão das práticas operacionais existentes ou introdução de novas práticas, tais como melhor gestão e reutilização da água para reduzir a vulnerabilidade a condições de seca ou precipitação extrema.
 - Revisão das práticas de manutenção existentes ou introdução de novas práticas associadas à infraestrutura que é vulnerável às mudanças climáticas, tais como o aumento da frequência de remoção de detritos de bueiros.
 - Revisar as atividades de monitoramento associadas às vulnerabilidades às mudanças climáticas, para informar uma melhor compreensão dos riscos, avaliar o desempenho sob condições climáticas em mudança, e informar a tomada de decisões a curto, médio e longo prazo.
- Exemplos de medidas de adaptação em todo o site ou em nível corporativo incluem:

- Melhorar o monitoramento das condições climáticas ou desenvolver projeções mais detalhadas das condições climáticas futuras para melhor compreender as vulnerabilidades e riscos e reduzir a incerteza.
- Redução da dependência de estradas sazonais ou de inverno pela diminuição do consumo de combustível através do aumento da eficiência energética das operações ou aumento do uso de fontes alternativas de energia (por exemplo, turbinas eólicas).
- Revisão das políticas, padrões ou diretrizes corporativas para refletir a necessidade de conduzir a avaliação de risco de mudança climática e o desenvolvimento de medidas de adaptação.
- Melhorar as estruturas de governança relacionadas à adaptação às mudanças climáticas, incluindo a atribuição de responsabilidade e delegação de responsabilidade pela adaptação às mudanças climáticas, e a implementação de uma abordagem de sistemas de gestão.
- Colaboração com fornecedores sobre riscos ou oportunidades associadas com a potencial perturbação das cadeias de fornecimento.
- Implementar ações estratégicas, tais como mudanças nas práticas comerciais ou ampliação da cobertura de seguros.
- Envolver terceiros (por exemplo, reguladores, CDI, investidores, seguradoras, especialistas no assunto) na adaptação às mudanças climáticas para melhorar as entradas de avaliação de risco, refinar as opções potenciais de adaptação e a compreensão geral da aceitabilidade dos riscos residuais.

5.2.3 Classificação e Pré-Seleção de Potenciais Medidas de Adaptação

As potenciais medidas de adaptação identificadas podem ser classificadas, com base nas categorias abaixo. Isso pode ajudar na tomada de decisões, particularmente nos casos em que várias medidas potenciais de adaptação são identificadas para um risco particular. Categorizar medidas potenciais de adaptação também pode ajudar nas comunicações internas, inclusive para a alta administração, e para a CDI, reguladores, e outras partes externas.

- A adaptação que não compromete o futuro: Medidas de adaptação que são justificadas sob as condições climáticas atuais e que produziram benefícios não importa como o clima mude (serão beneficiadas sob todos os cenários futuros plausíveis). Essas medidas são menos vulneráveis a incertezas em risco (Mason et al. 2013).
- Adaptação com baixo índice de arrependimento: Medidas de adaptação que têm custos relativamente baixos que aumentarão a capacidade de adaptação para lidar com riscos climáticos futuros. As medidas são relativamente fáceis ou baratas de modificar se necessário (Mason et al. 2013).
- Adaptação vantajosa para ambas as partes: Medidas de adaptação que não só ajudam a reduzir os riscos climáticos, mas têm outros benefícios associados (Mason et al. 2013).
- Adaptação flexível: Medidas de adaptação que podem proporcionar uma abordagem iterativa para a gestão da incerteza (por exemplo, Diretrizes de Design de Resiliência Climática de Nova York). Por exemplo, construir um dique que tenha uma base de fundação mais ampla para que um dique mais alto possa ser construído sobre a base existente no futuro, se necessário.

- Adaptação crítica: Medidas de adaptação que têm que ser implementadas independentemente do custo (por exemplo, perda significativa potencial de vida se não forem implementadas).
- Outras: Opções de adaptação que não são viáveis devido a restrições de custo, capacidade técnica, tempo, etc.

Uma vez classificadas, as potenciais medidas de adaptação devem ser pré-selecionadas para eliminar quaisquer medidas que não sejam viáveis. O Proprietário deve estabelecer um conjunto de especificações mínimas (por exemplo, objetivos de desempenho) e eliminar medidas potenciais de adaptação que não atendam a essas especificações. Isso reduzirá o número de potenciais medidas de adaptação a serem consideradas no desenvolvimento e seleção dos caminhos de adaptação.

De acordo com a abordagem escalonável (seção 2.2), pode, em alguns casos, ser possível tomar uma decisão neste ponto sobre as medidas de adaptação a serem implementadas e o momento da implementação, dependendo do caso:

- Risco ou oportunidade de mudança climática a ser tratada.
- Potenciais medidas de adaptação consideradas.
- Resultados da classificação e pré-seleção das potenciais medidas de adaptação.

Nesses casos, é possível passar à Etapa 3. Em outros casos, o processo deve continuar para os passos mais detalhados descritos abaixo.

5.2.4 Identificação de Potenciais Caminhos de Adaptação

Uma vez que potenciais medidas de adaptação tenham sido identificadas e pré-selecionadas, devem ser identificadas potenciais caminhos de adaptação que mapeiem diferentes opções para possíveis medidas de adaptação e possível calendário de implementação para cada risco e oportunidade a ser abordado.

A abordagem dos caminhos de adaptação foi desenvolvida pela primeira vez nos Países Baixos no início dos anos 2000, e é uma "abordagem de planejamento que aborda a incerteza e os desafios da tomada de decisões sobre mudanças climáticas". Ela permite a consideração de múltiplos futuros possíveis e permite a análise/exploração da robustez e flexibilidade de várias opções através desses múltiplos futuros" (Portal de Mudanças Climáticas do Sudoeste 2020).

A abordagem de caminhos de adaptação apoia a tomada de decisões estratégicas, flexíveis e estruturadas, e permite aos tomadores de decisão planejar, priorizar e escalonar o investimento em medidas de adaptação (CoastAdapt 2017).

Caminhos de adaptação podem ser desenvolvidos para:

- Programar a implementação de medidas de adaptação e decisões associadas.
- Identificar as decisões que precisam ser tomadas no curto prazo e aquelas que podem ser adiadas para o longo prazo.

Os caminhos de adaptação podem ser desenvolvidos em diferentes escalas, desde um componente específico de infraestrutura vulnerável, até um site de mina, até o nível corporativo. Elas devem ser desenvolvidas com contribuições multidisciplinares, contribuições de diferentes unidades operacionais, e da alta administração, e também podem ser desenvolvidas com contribuições externas, tais como de reguladores e CDI.

O desenvolvimento de caminhos de adaptação deve ser considerado:

- Projeções das Condições climáticas futuras.
- Resultados da avaliação dos riscos da mudança climática.
- Oportunidades identificadas.
- Situação de implementação das medidas de adaptação existentes.
- Potenciais medidas de adaptação identificadas e a classificação dessas medidas de adaptação.

Trabalhar através de múltiplos cenários para o futuro é uma força fundamental da abordagem dos caminhos de adaptação para sequenciar pontos de decisão e reconhecer quando a gestão de risco ou medidas de adaptação existentes podem não ser mais eficazes. Ao desenvolver uma série de cenários, uma série de possíveis medidas de adaptação pode ser avaliada para determinar o potencial:

- Eficácia, incluindo robustez e flexibilidade das medidas de adaptação consideradas nos vários cenários.
- Implicações da implementação de medidas de adaptação dentro de diferentes períodos de tempo.
- De acordo com a Figura 13, as vias potenciais de adaptação para enfrentar um determinado risco de mudança climática podem incluir:
- Nenhuma ação necessária: O Proprietário considera que o risco é aceitável agora e sob as projeções das condições climáticas futuras, e o caminho de adaptação não inclui nenhuma medida de adaptação adicional. O Proprietário responderia se um evento climático ocorresse (por exemplo, substituir uma passagem de riacho danificada por uma inundação).

Mesmo que o Proprietário não considere essa abordagem como uma via de adaptação potencial, então um cenário de negócios como de costume ou de base deve ser descrito em todos os casos para fornecer um ponto de comparação para a seleção da via de adaptação a ser implementada. Isso inclui:

- Atribuição de um custo aos riscos atuais.
- Definir os custos de reparo/remediação associados a futuros eventos climáticos.
- Comparar o caso base com cada caminho de adaptação potencial usando ferramentas de análise de decisão (descritas abaixo).
- **Espera:** Atualmente não há informações suficientes para se tomar uma decisão. Conduzir monitoramento, atualizar periodicamente as projeções das condições climáticas futuras, e reavaliar o risco. Se, no futuro, o risco for inaceitável ou prevista para se tornar inaceitável, então as medidas de adaptação seriam identificadas, avaliadas e implementadas. As operações ou atividades de manutenção podem ser revisadas como medidas de adaptação "de baixo arrependimento" para ajudar a melhorar a gestão de risco nesse ínterim.
- **Adiar com gatilhos pré-definidos para ação:** O risco é atualmente aceitável e ações de curto prazo não são necessárias, mas as mudanças climáticas podem exigir ações futuras. Uma medida de adaptação é identificada, indicadores de desempenho (gatilhos) são definidos para a vulnerabilidade, e monitoramento é implementado para assegurar que o Proprietário compreenda o desempenho em relação aos indicadores. Se os gatilhos forem excedidos no futuro, então a medida de adaptação será implementada. As operações ou atividades de manutenção podem ser revistas como uma medida de adaptação de "baixo índice de arrependimento" para ajudar a

melhorar a gestão de riscos no ínterim.

- **Implementar medidas:** Dependendo do risco e da natureza da medida de adaptação a ser implementada, o Proprietário pode decidir implementar uma medida de adaptação a curto prazo, tal como um projeto de capital para substituir um componente de infraestrutura vulnerável.

Cada caminho de adaptação pode incluir uma ou mais medidas de adaptação, tais como melhorias na infraestrutura e mudanças nas atividades de operação, manutenção ou monitoramento.

Essa opção final, incluindo o desenvolvimento de limites e gatilhos pré-definidos, é uma característica chave da abordagem dos caminhos de adaptação que facilita a tomada de decisões efetivas em relação à implementação diferida de medidas de adaptação. Ela é descrita mais adiante.

5.2.5 Limiares e gatilhos climáticos

Limiares ou pontos de inflexão descrevem as condições climáticas para uma variável climática específica (por exemplo, precipitação média anual) além da qual mudanças adicionais no clima resultariam em que a gestão de risco ou medidas de adaptação existentes não seriam mais capazes de atingir os objetivos de desempenho e potencialmente falhar (por exemplo, a capacidade máxima de um vertedouro) (Buurman e Babovic 2016).

Um gatilho descreve um desvio menor das condições atuais para a variável climática associada a um limiar. Os gatilhos são estabelecidos para fornecer ao Proprietário um aviso prévio da abordagem de um limiar, com tempo adequado para implementar medidas de adaptação e gerenciar riscos antes que o limiar seja atingido. Essa abordagem permite que a implementação seja proativa e estratégica, em vez de reativa e ad hoc (Buurman e Babovic 2016).

A definição de limiares e gatilhos associados é uma ferramenta que pode ser usada para desenvolver caminhos de adaptação nos quais a implementação de uma medida de adaptação seria adiada.

Um gatilho pode ser relacionado a um evento extremo agudo específico ou a uma mudança crônica em uma variável climática. A identificação de gatilhos pode envolver a revisão de sistemas similares que operam em locais análogos ao clima (isto é, um local onde o clima atual é semelhante ao que o clima será no futuro no site) e fazer as seguintes perguntas: Como a vulnerabilidade será afetada? Como a vulnerabilidade respondeu às tendências climáticas históricas e aos eventos extremos do passado?

Para componentes específicos da infraestrutura, os gatilhos e limiares seriam definidos com base nos parâmetros de projeto para essa infraestrutura. Por exemplo, se uma travessia de água é projetada para um evento de cheia de magnitude específica com um período de retorno de 1/1000 anos, então esse evento pode ser definido como o gatilho, enquanto o limiar poderia ser definido como um evento de cheia de magnitude igual a um período de retorno mais frequente.

As figuras 16 e 17 dão exemplos de como mudanças climáticas de curto e longo prazo podem resultar em um limiar ou gatilho que pode ser ultrapassado.

Na figura 16, mudanças de longo prazo na temperatura média anual do ar causam um aumento na temperatura do solo, levando à degradação do *permafrost*. Um limiar pode ser definido com base em uma temperatura média anual ou temperatura do solo além da qual a degradação do *permafrost* resultaria em danos significativos à infraestrutura (um risco inaceitável). Pode-se definir um gatilho - uma temperatura do solo mais baixa do que o limite -. Para esse risco, a via de adaptação levaria em conta o limiar e o gatilho.

Se o gatilho for atingido, o Proprietário pode decidir implementar medidas de adaptação de acordo com o caminho de adaptação ou pode decidir adiar ainda mais a implementação, dependendo de sua tolerância ao risco.

Na figura 17, eventos climáticos agudos, tais como precipitação extrema, sempre terão uma probabilidade de ocorrer; no entanto, a probabilidade crescente desses eventos é muito mais difícil de medir e é mais difícil atribuir um ponto de acionamento para a ação em um caminho de adaptação. Dada essa incerteza, o Proprietário pode optar por estabelecer um ponto de gatilho mais baixo (mais conservador), e o caminho de adaptação pode incluir outras medidas de adaptação, tais como maior monitoramento ou atividades de manutenção.

Figura 16: Como as temperaturas do ar continuam a aumentar, isso fará com que as temperaturas do solo aumentem levando ao degelo do *permafrost*, atingindo um limite além do qual se espera que ocorram danos à infraestrutura sob dois caminhos de concentração representativos.

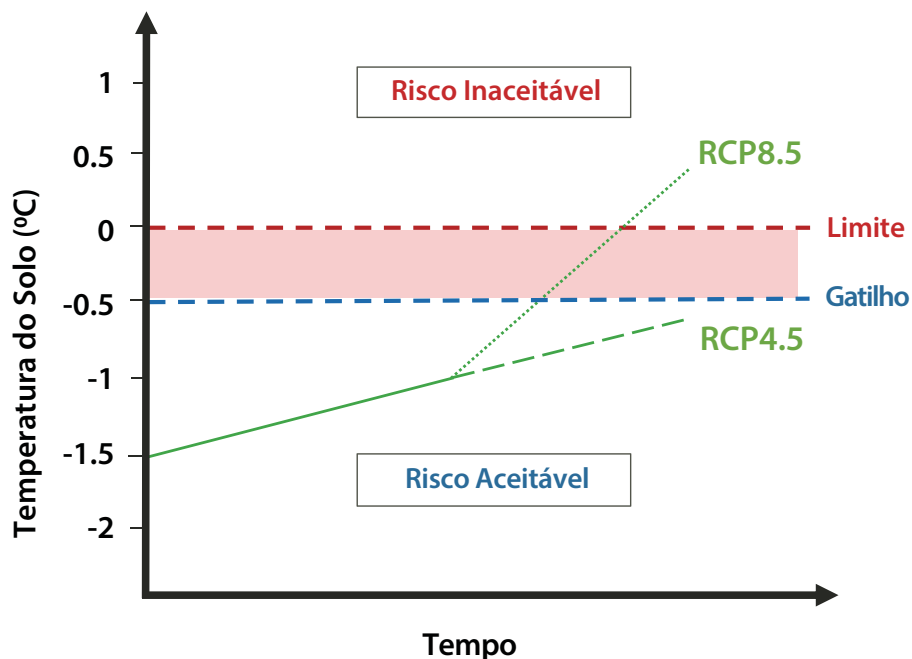
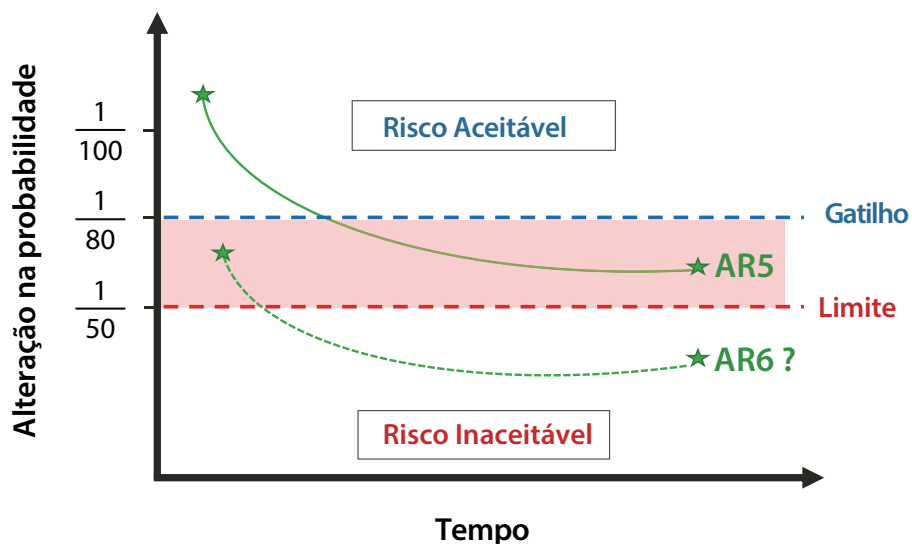
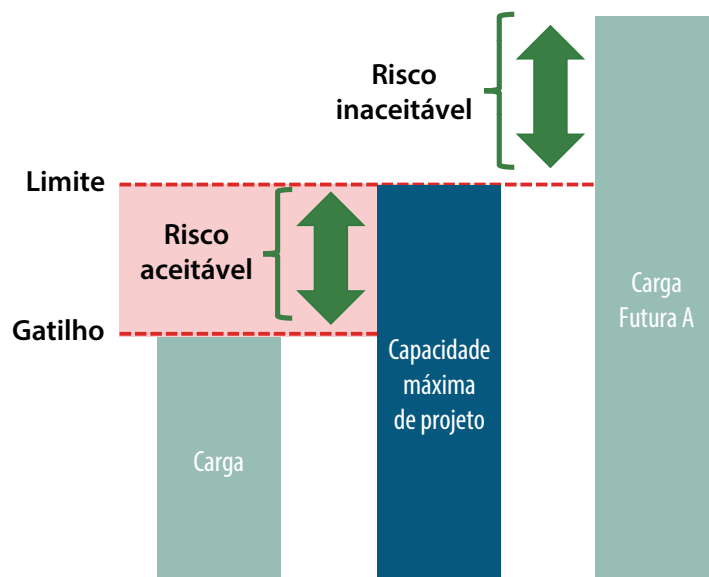


Figura 17: A probabilidade de eventos de precipitação extrema é projetada para aumentar (as intensidades anteriores com um período de retorno de 1 em 100 anos estão se tornando mais frequentes), sob dois caminhos de concentração representativos, desencadeando o potencial de implementação de medidas de adaptação de acordo com o caminho de adaptação, para mitigar riscos inaceitáveis.



A figura 18 revisita os conceitos de avaliação de risco de mudança climática mostrados na figura 9 e oferece uma demonstração diferente do conceito de limiar e gatilho. Nessa figura, o gatilho se baseia na carga de projeto de um componente de infraestrutura, enquanto o limiar se baseia na capacidade máxima de projeto. Uma carga que exceda o limiar de desencadeamento, mas inferior ao gatilho, seria considerada um risco aceitável, e de acordo com a via de adaptação, desencadearia a implementação de medidas de adaptação para mitigar riscos inaceitáveis.

Figura 18: Um risco inaceitável ocorre quando um limite é ultrapassado.

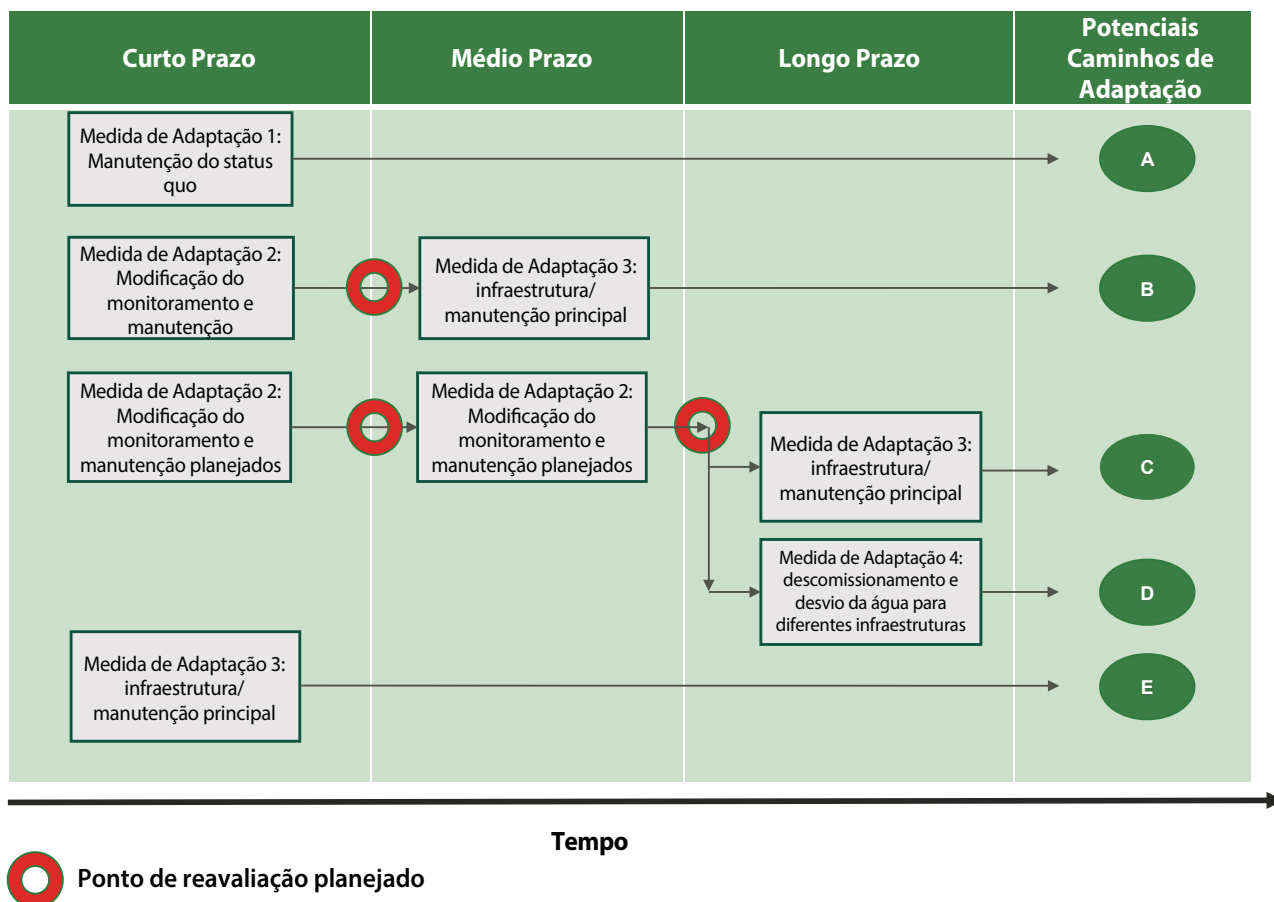


5.2.6 Documentação de caminhos possíveis de adaptação

Para fins de comunicação, os caminhos podem ser retratados como um mapa que sequencia a possível implementação de medidas de adaptação potenciais. A figura 19 mostra os caminhos potenciais de adaptação para um bueiro de águas superficiais. Os caminhos de adaptação consideram opções alternativas de adaptação, e também que adaptação adicional pode ser necessária em algum momento no futuro, se os níveis de desencadeamento forem atingidos. A figura considera as seguintes opções de adaptação para o exemplo de um bueiro vulnerável:

- Opção 1: Manutenção do status quo. Este caso assume que não são necessárias medidas adicionais de adaptação. Essa abordagem de lidar com essa vulnerabilidade pode já ter sido descontada como uma opção se a avaliação de risco identificou que essa vulnerabilidade tinha um risco inaceitável.
- Opção 2: Modificação do monitoramento e manutenção planejados. Isso poderia significar manutenção adicional para limpar o bueiro com mais frequência.
- Opção 3: infraestrutura/manutenção principal para melhorar o bueiro.
- Opção 4: Descomissionamento e desvio da água para diferentes infraestruturas. Na prática, isso pode ser apenas uma opção na fase de fechamento da mina.

Figura 19: Exemplo de mapa de caminhos de adaptação potencial para um canal de descarga de águas de superfície.



Uma vez desenvolvidos os caminhos potenciais de adaptação, ferramentas de análise de decisão podem ser usadas para avaliar os caminhos potenciais para determinar qual caminho de adaptação deve ser implementado.

5.2.7 Análise de Decisão de Potenciais Caminhos de Adaptação

Uma vez identificados os caminhos potenciais de adaptação, o Proprietário precisa selecionar o caminho preferido para implementar. A seleção deve considerar uma ampla gama de fatores, como, por exemplo:

- Projeções das Condições climáticas futuras e incertezas associadas.
- Avaliação do risco da mudança climática.
- Medidas de gestão de risco ou medidas de adaptação existentes.
- Fase do ciclo de vida da mina.
- Potenciais impactos diretos e indiretos e custos se ocorrer um evento climático que exceda a capacidade das medidas de gerenciamento de risco ou medidas de adaptação existentes.
- Custos estimados (capital e operação) de implementação do caminho de adaptação.
- Benefícios diretos e indiretos esperados da implementação do caminho de adaptação (por exemplo, riscos reduzidos, responsabilidade reduzida, prêmios de seguro mais baixos).
- Interdependência entre diferentes riscos de mudança climática (por exemplo, múltiplas vulnerabilidades no local relacionadas a eventos extremos de precipitação).
- Relações entre as diferentes medidas e caminhos de adaptação.

Para selecionar o caminho preferencial a ser implementado, os caminhos potenciais para cada risco ou oportunidade a ser abordada também devem ser comparados a um cenário de base ou cenário de status quo no qual nenhuma ação é tomada. Os fatores acima também devem ser considerados para o cenário de base, juntamente com os custos estimados de resposta a um evento climático.

Avaliar rigorosa e significativamente os caminhos potenciais de adaptação, dada uma gama tão diversa de fatores a considerar, é um desafio. Entretanto, há uma gama de ferramentas de análise de decisão disponíveis para apoiar esse processo e ajudar os proprietários a tomar decisões para alcançar um equilíbrio ótimo entre custos (financeiros ou não financeiros) e risco.

As ferramentas de análise de decisão concentram-se na compreensão dos benefícios, impactos, custos e riscos da implementação de caminhos de adaptação a curto prazo versus adiar a implementação ou responder a eventos de mudança climática se eles ocorrerem em algum momento no futuro.

É importante observar que essas ferramentas pressupõem que medidas potenciais de adaptação associadas a cada caminho de adaptação seriam eficazes para tratar de eventos de mudança climática, o que elimina uma variável importante da consideração. Outros métodos precisam ser usados para avaliar a eficácia esperada de medidas potenciais de adaptação.

A abordagem descrita usando essas ferramentas é principalmente voltada para a tomada de decisões para a infraestrutura existente. Entretanto, essas ferramentas também poderiam ser aplicadas nas fases de planejamento e projeto de novas infraestruturas (por exemplo, nova mina ou expansão de uma mina existente) ou para o projeto de fechamento.

Para cada caminho de adaptação potencial, os impactos dos riscos residuais envolvem:

- Quantificação dos custos (por exemplo, financeiros, sociais, ambientais) da implementação do caminho de adaptação, na medida do possível.
- Descrever os benefícios da implementação do caminho de adaptação e quantificar esses benefícios na medida do possível.
- Estimar os passivos financeiros e outros custos da não implementação do caminho de adaptação, e o impacto da implementação do caminho de adaptação sobre esses passivos e custos.
- Conduzir uma avaliação econômica para estimar os passivos financeiros da não implementação do caminho de adaptação, e para identificar os caminhos de adaptação mais econômicos para administrar o risco.

Entretanto, há alguns desafios ao avaliar os impactos da mudança climática e os caminhos de adaptação que acompanham as avaliações econômicas, como discutido em Rodgers e Douglas (2015a) e GIZ (2013), inclusive:

- Incertezas sobre as projeções das condições climáticas futuras, incluindo a magnitude das mudanças em condições normais e extremas, o tempo e a frequência. A consideração de diferentes cenários climáticos futuros, e a análise de cenários, podem ajudar a reduzir essa incerteza.
- Incerteza quanto à capacidade de adaptação de uma região/mina (isto é, os recursos de longo prazo).
- Um viés pode surgir ao se atribuir custos a medidas de adaptação, uma vez que há uma tendência de se concentrar em medidas de adaptação "duras" (por exemplo, substituir uma passagem de água vulnerável) em vez de medidas de adaptação "suaves" (por exemplo, melhorias na governança ou infra-estrutura verde, como um projeto de dique que promove a criação de habitat versus um dique revestido de concreto), uma vez que elas são mais fáceis de quantificar. No entanto, medidas de adaptação "mais suaves" podem ser mais adequadas e mais eficazes quando se trata de um impacto específico da mudança climática. Essas medidas de adaptação "suaves" não devem ser negligenciadas simplesmente porque são mais difíceis de quantificar, a adaptação natural pode resultar em medidas mais resilientes e menos dispendiosas.
- Subestimação de custos futuros.

Há vários tipos diferentes de ferramentas de análise de decisão que podem ser usadas para classificar e priorizar caminhos potenciais de adaptação.

As três ferramentas mais comumente usadas são (Rodgers e Douglas 2015b):

- Análise multicritério/multi-atorial (MCA - Multi-criteria/multi-actor analysis) ou análise de contas múltiplas (MAA - multiple accounts analysis)
- Análise de custo-benefício (CBA - Cost-benefit analysis)
- Análise de custo-eficácia (CEA - Cost effectiveness analysis)

Todas as três ferramentas podem ser usadas para analisar e priorizar potenciais caminhos de adaptação, mas variam de acordo com as variáveis que podem ser monetizadas.

Se os custos e benefícios dos potenciais caminhos de adaptação que estão sendo avaliados não podem ser expressos em termos monetários ou se considerações não monetárias, tais como fatores ambientais ou

sociais, são a prioridade na decisão, então uma MCA é geralmente a mais apropriada, e recomenda-se que a ferramenta MAA descrita no MAC Tailings Guide (MAC 2019b) seja usada.

Se os custos e benefícios dos potenciais caminhos de adaptação que estão sendo avaliados podem ser monetizados, uma ACB é vantajosa. Nesse caso, uma diminuição na capitalização de mercado do Proprietário poderia ser usada como uma estimativa de "custo" de um fator ambiental ou social.

Se os benefícios dos potenciais caminhos de adaptação que estão sendo avaliadas podem ser quantificados, mas não expressos em termos monetários, enquanto os custos podem ser quantificados em termos monetários, uma CEA é preferível, e a abordagem MAA descrita no guia de rejeitos do MAC também pode ser usada. Em todos os outros casos, uma abordagem econômica é muito difícil de aplicar, e outras abordagens podem precisar ser consideradas, tais como um MAA.

Para informar a seleção dos caminhos de adaptação, os proprietários devem selecionar a(s) ferramenta(s) de análise de decisão a ser usada(s) com base nos objetivos e escopo e na disponibilidade das informações necessárias para aplicar essas diferentes ferramentas.

5.2.8 Análise de Sensibilidade

O uso de ferramentas de análise de decisão implica em fazer certas suposições ou atribuir valores ou pesos a diferentes aspectos que estão sendo considerados. Por exemplo:

- Em uma análise de custo-benefício, uma taxa de desconto pode ser aplicada a custos futuros de capital ou operacionais.
- Em uma análise de múltiplos critérios ou múltiplas contas, valores e pesos são aplicados para comparar aspectos muito diferentes, tais como impacto ambiental e custo devido à interrupção dos negócios.

Esse é um dos pontos fortes da aplicação dessas ferramentas. Premissas e vieses são inerentes a todas as decisões, mas ao usar essas ferramentas essas premissas e vieses são documentados e transparentes. Isso também significa que os resultados dessas análises de decisão podem ser testados, para testar a robustez da decisão final (isto é, a seleção do caminho de adaptação), sob diferentes suposições e enviesamentos. Por exemplo:

- Quais são os resultados da análise de custo-benefício se uma taxa de desconto diferente for aplicada? Quão sensível é o resultado a esse aspecto particular da análise?
- Quais são os resultados de um MAA se diferentes pesos são aplicados (por exemplo, aumentar o peso dado aos impactos ambientais vs. interrupção do negócio) ou se certos fatores, tais como capital e custo de operação, são removidos da consideração? O resultado mudaria? Quão robusto é o resultado, ou quão sensível é a pequenas mudanças nos pesos aplicados?

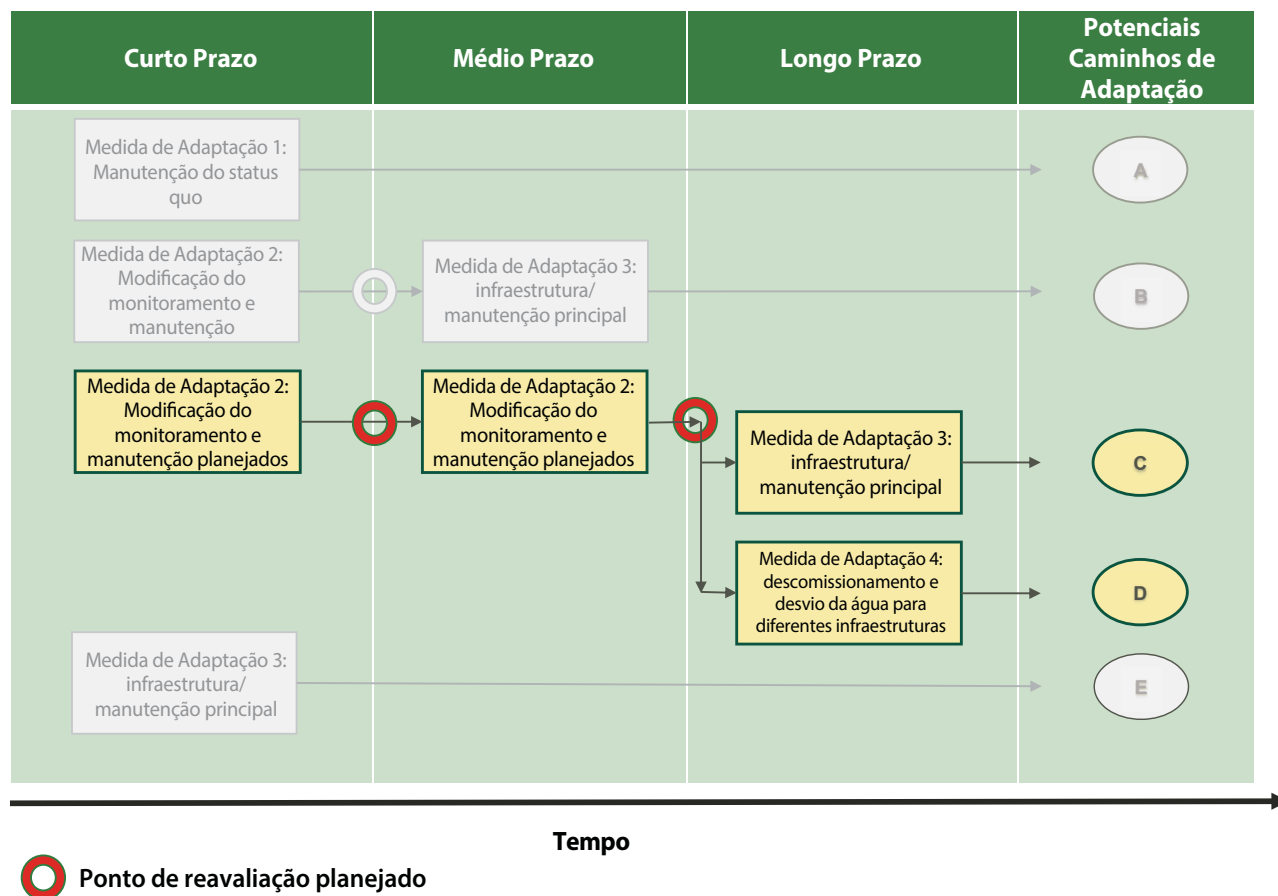
Para testar a sensibilidade dos resultados da análise de decisão a diferentes valores e tendências, as análises de sensibilidade devem ser feitas. No caso de ferramentas como um MAA, isso incluiria a execução da análise com diferentes pesos atribuídos a diferentes fatores considerados.

O nível e o tipo de análise de sensibilidade conduzida devem ser determinados especificamente no local, e os resultados devem ser cuidadosamente considerados pelo Proprietário na seleção final dos caminhos de adaptação.

5.2.9 Seleção do caminho preferencial de adaptação

Uma vez concluídas todas as análises, o Proprietário seleciona o caminho de adaptação preferido entre os caminhos potenciais identificados, como ilustrado na figura 20. Essa decisão deve ser baseada nos resultados da análise de decisão e da análise de sensibilidade, mas também pode levar em consideração outros fatores que podem não ter sido possíveis de incorporar à análise de decisão, tais como as relações entre diferentes medidas ou caminhos de adaptação.

Os resultados do processo, incluindo o caminho de adaptação selecionado, devem ser documentados e relatados. Os resultados devem ser comunicados aos interessados internos e externos apropriados usando termos comuns e simples que possam ser compreendidos por todos os envolvidos.



Checklist para o desenvolvimento de caminhos de adaptação

- Quais são os objetivos e o alcance das medidas de adaptação que estão sendo avaliadas?
- Como foram classificadas e selecionadas as possíveis medidas de adaptação?
- Quais são os limites e os gatilhos para cada caminho de adaptação?
- Que instrumento de tomada de decisão foi usado para priorizar e classificar os impactos e benefícios dos possíveis caminhos de adaptação?
- Como foram calculados os impactos e benefícios associados aos caminhos de adaptação preferidos (isto é, custos diretos, indiretos e de adaptação)?
- Quais são as principais sensibilidades do caminho de adaptação preferido?

5.3. Estudo de caso

Este estudo de caso fornece um exemplo de análise de custo-benefício, um tipo de instrumento de tomada de decisão, que foi completado por uma empresa mineira. Apêndice D: O estudo de caso fornece informações mais detalhadas.

Glencore - Operações Integradas de Níquel de Sudbury

A Glencore é uma empresa global de mineração e metalurgia que opera mais de 150 minas e instalações metalúrgicas em todo o mundo. Suas Operações Integradas de Níquel de Sudbury (Sudbury INO) iniciaram o desenvolvimento de um Plano de Mudança Climática em resposta às Metas Corporativas de Desenvolvimento Sustentável em 2009.

Usando o registro de risco do site, a Glencore realizou uma sessão de trabalho inicial de avaliação interna de risco com membros-chave das operações, engenharia, capital, e outros departamentos. A sessão aumentou a conscientização sobre os impactos de condições climáticas extremas e mudanças climáticas nas operações, especificamente na infraestrutura, e solicitou medidas para lidar com os impactos. A avaliação de risco revelou várias áreas que são afetadas por condições climáticas extremas e mudanças climáticas extremas para a Sudbury INO. A sessão também permitiu que a Glencore identificasse e priorizasse os desafios e resultados climáticos específicos do site, e os resultados foram incorporados em seu registro de risco existente. O processo de avaliação de risco climático também ajudou a envolver as equipes administrativas e especialistas técnicos no processo de identificação de riscos climáticos e na proposta de medidas adaptativas para reduzir os riscos.

Uma das principais recomendações das reuniões do grupo de trabalho foi desenvolver um processo de tomada de decisão para ajudar a priorizar as potenciais medidas de adaptação identificadas na avaliação de risco e decidir quando as medidas deveriam ser implementadas. Em resposta a essa recomendação foi desenvolvida uma abordagem de análise de custo-benefício (ACB) e usada para analisar e priorizar as opções de adaptação em consideração aos custos de implementação de cada opção de adaptação.

O primeiro estágio da ACB desenvolveu um cenário de linha de base que analisava a infraestrutura e informações operacionais que seriam incluídas na avaliação, vulnerabilidades que poderiam afetar o sistema de gestão da água e resultar em riscos prioritários, análise das consequências de cada vulnerabilidade, e o custo estimado relacionado a cada vulnerabilidade. Tanto os custos diretos de

recuperação de uma vulnerabilidade, como os custos indiretos, tais como o impacto sobre a reputação, foram estimados.

Usando essas informações, a equipe do projeto desenvolveu estimativas de risco para cada vulnerabilidade sob condições climáticas atuais e condições normais de operação, e então combinou essas estimativas com informações de custo para estabelecer uma linha de base econômica. Vulnerabilidades incluíram lidar com:

- Condições de alto nível de água na primavera
- Condições de baixo nível das águas no verão/queda
- Um evento pluviométrico significativo
- Inundações localizadas em áreas de baixo risco e de alto risco

Tendências climáticas históricas e modelos hidrológicos específicos do local que consideravam infraestrutura e limites operacionais foram usados para caracterizar a probabilidade de uma vulnerabilidade ambiental ocorrer sob as condições climáticas atuais. Para avaliar como o risco econômico poderia mudar sob condições climáticas futuras, foram estimadas as mudanças na probabilidade de cada vulnerabilidade.

Foram identificadas opções de adaptação para cada risco que diminuiriam a consequência ou a probabilidade de ocorrência do evento. Dois períodos de tempo foram avaliados, um período de 10 anos e um período de 39 anos, e os custos versus benefícios foram avaliados assumindo que a opção de adaptação fosse implementada no início de cada período versus uma abordagem de negócios como de costume. Uma avaliação estocástica de cada período de tempo foi avaliada sob as condições climáticas atuais e futuras. Os resultados da avaliação foram apresentados em um formato tabular para representar visualmente quando os custos financeiros estimados do cenário de manutenção do status quo, também chamados de custos de adaptação, foram contrabalançados pela redução dos custos da implementação das medidas de adaptação. Esse resumo foi usado para mostrar como o investimento na adaptação resultaria em custos reduzidos no futuro.

6 Etapa 3: Implementação de Caminhos de Adaptação



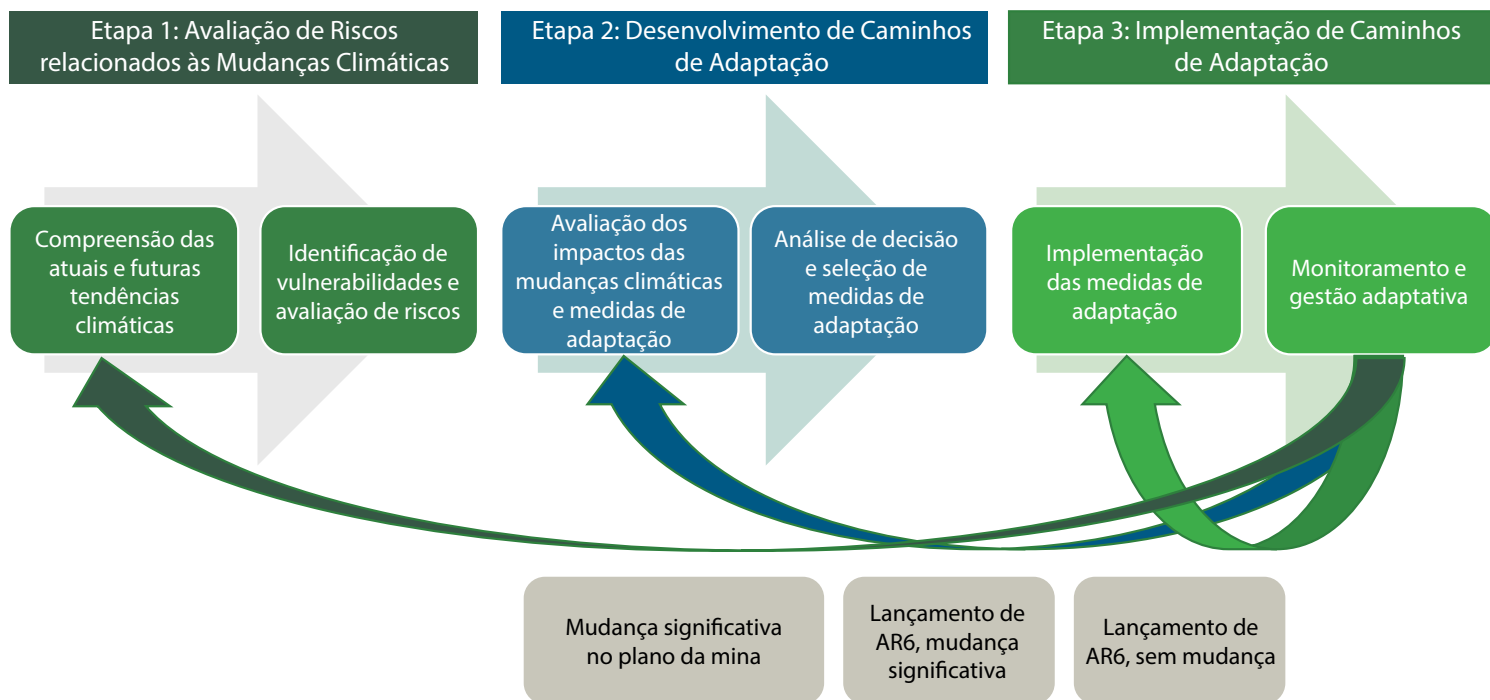
Esta seção fornece orientação sobre a implementação de caminhos de adaptação e o monitoramento e gestão contínua que formam um plano de gestão adaptável, uma abordagem holística para administrar os riscos e incertezas associados às mudanças climáticas durante o ciclo de vida da mina.

Entre as principais ações usadas para implementar caminhos de adaptação e gerenciar riscos de maneira eficaz estão as seguintes:

- Desenho e implementação dos caminhos de adaptação selecionados.
- Monitoramento.
- Gestão adaptativa para identificar e lidar com a incerteza no processo e ajudar a conduzir a melhoria contínua.

A etapa 3 apoia a abordagem iterativa e de melhoria contínua para incorporar a consideração da adaptação à mudança climática na tomada de decisões, como descrito na Seção 2.2, e ilustrado na Figura 21.

Figura 21: Esquema do caráter iterativo do processo e da melhoria contínua.



Questões-chave abordadas nesta seção

Que ações um Proprietário deve tomar para implementar o caminho de adaptação selecionado? As **seções 6.1 e 6.2** descrevem como a implementação deve ser ligada a um programa de monitoramento para que os sinais de emergência (gatilhos e limiares) possam ser rastreados para identificar quando revisitar as decisões ou ações.

Como a governança pode ser melhorada através da implementação de uma gestão adaptativa? A **seção 6.3** descreve os princípios-chave que descrevem os requisitos mínimos recomendados para um processo de melhoria contínua e documentação.

Quais são alguns exemplos de implementação de caminhos de adaptação? A **Seção 6.4** fornece estudos de caso que usam um processo de melhoria contínua para lidar com a incerteza da mudança climática e que podem ser usados para referência posterior.

O **monitoramento** inclui a inspeção e o monitoramento (isto é, a coleta de observações e dados qualitativos e quantitativos) das atividades e da infraestrutura. O monitoramento também inclui a documentação, análise e comunicação oportuna dos resultados do monitoramento, para embasar a tomada de decisões e verificar se os objetivos de desempenho e de gestão de riscos, incluindo controles críticos, estão sendo atingidos (adaptado do MAC 2019b).

6.1. Projeto e implementação de caminhos de adaptação

Uma vez selecionadas os caminhos de adaptação como resultado da Etapa 2, o caminho de adaptação e as medidas de adaptação associadas devem ser projetadas e implementadas.

O projeto e a implementação dependerão das especificidades de cada via, e podem incluir:

- Preparação e documentação de projetos detalhados:
 - Modificações da infraestrutura existente a serem implementadas a curto prazo.
 - Construção de novas infraestruturas a serem iniciadas a curto prazo.
- Implementação de modificações na infraestrutura existente ou construção de nova infraestrutura conforme os planos de curto prazo, e documentação:
 - Quaisquer desvios do projeto.
 - Condições finais *as-built*.
- Preparação e documentação de projetos preliminares para:
 - Modificações na infraestrutura existente a serem implementadas a médio prazo.
 - Construção de nova infraestrutura a ser iniciada a médio prazo.
- Definição, documentação e implementação de mudanças nas práticas existentes de operação, manutenção ou monitoramento ou novas práticas a serem implementadas.
- Revisão do plano de fechamento, conforme apropriado.

6.2. Monitoramento

Como parte do projeto e implementação de caminhos de adaptação, programas de monitoramento devem ser projetados e implementados, ou programas de monitoramento existentes devem ser revisados adequadamente, para que haja uma coleta contínua de dados climáticos específicos do local e para informar a avaliação deles:

- Condições climáticas atuais, incluindo como as condições observadas se comparam com as projeções das condições climáticas futuras usadas na Etapa 1. Isso poderia incluir mudanças na flora e fauna, integridade do ecossistema, mudanças na disponibilidade de recursos (isto é, água), e efeitos sobre os fatores de estresse regionais tais como disponibilidade de água ou, inversamente, inundações.
- Eficácia das medidas de gestão de risco existentes e das medidas de adaptação que foram implementadas.
- Desempenho em relação a limites definidos e desencadeia a avaliação da necessidade de implementação futura de medidas de adaptação.
- Desempenho de vulnerabilidades para as quais o risco é considerado aceitável.
- Os resultados do monitoramento devem ser usados para informar revisões futuras e atualizações potenciais para:
- Projeções das condições climáticas futuras, usadas na avaliação de risco.

- Prioridades resultantes da avaliação de risco das mudanças climáticas.
- A análise de decisão usada para selecionar o caminho de adaptação preferido.

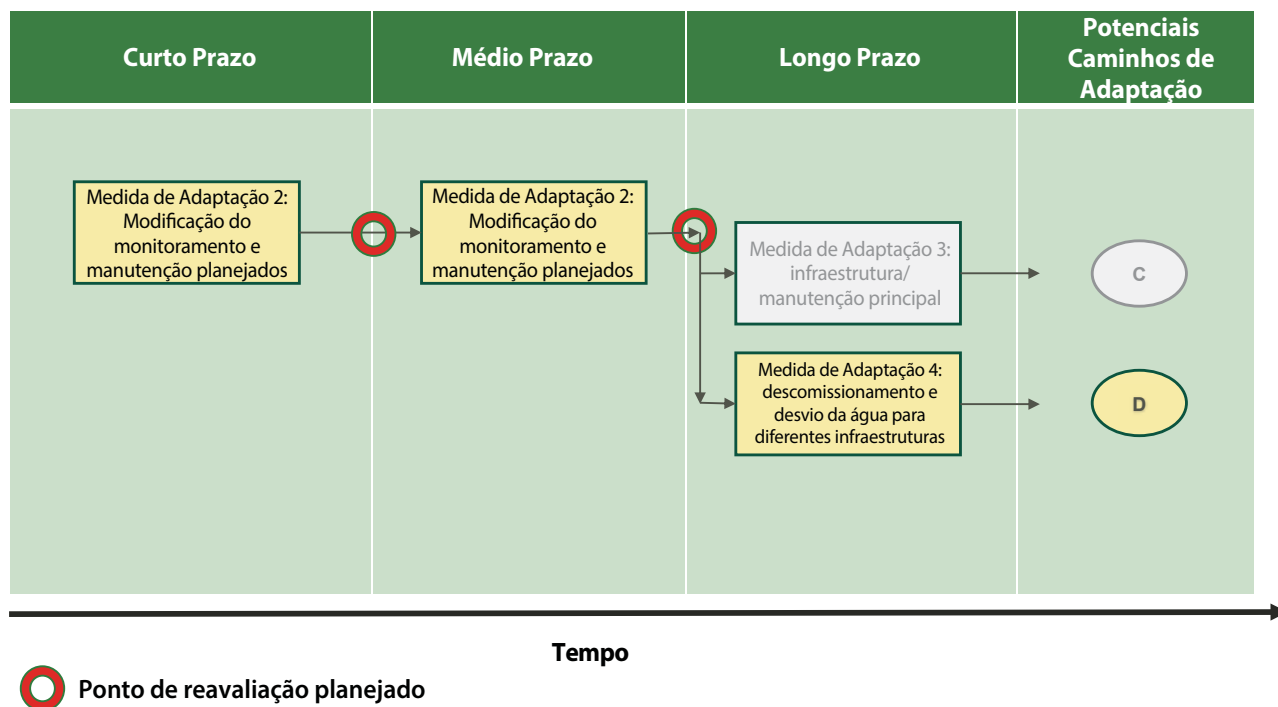
6.3. Desenvolvimento e implementação de um processo de gestão adaptativa

A gestão adaptativa é um processo de planejamento iterativo, implementação e modificação de estratégias para lidar com os impactos de um clima em mudança. Ela envolve o ajuste de abordagens em resposta a observações de seus efeitos e mudanças no sistema trazidas pelos efeitos de *feedback* resultantes e outras variáveis (adaptado da ISO 14090).

As incertezas são inerentes às projeções das condições climáticas futuras e são agravadas ao longo das longas escalas de tempo do ciclo de vida da mina. Além disso, atualizações no conhecimento (isto é, atualizações na ciência climática ou informações de monitoramento) podem não acompanhar a evolução das condições. A aplicação da gestão adaptativa fornece aos proprietários uma ferramenta adicional para administrar a incerteza e os riscos associados às mudanças climáticas e incorpora novos conhecimentos/informações à medida que eles se tornam disponíveis ou respondem proativamente a condições variáveis. Nesse sentido, gestão adaptativa facilita a implementação da abordagem iterativa descrita na seção 2.2, que é uma característica chave dessa orientação.

Com base no exemplo dos caminhos de adaptação da Seção 5, o caminho selecionado ilustrado na Figura 20 será reavaliado várias vezes ao longo da vida da mina. Com base nas condições climáticas observadas, atualizações da ciência climática e os resultados do programa de monitoramento, o caminho que é implementado pode ser diferente do caminho planejado. Este exemplo é ilustrado na Figura 22 que mostra como as medidas de adaptação poderiam ter sido implementadas com base na vida da mina onde a Medida de Adaptação Planejada 3 foi implementada mais cedo na vida da mina do que o que foi originalmente planejado.

Figura 22: Exemplo ilustrativo de como o caminho de adaptação planejado pode ter mudado ao longo da vida da mina, com base na melhoria contínua.



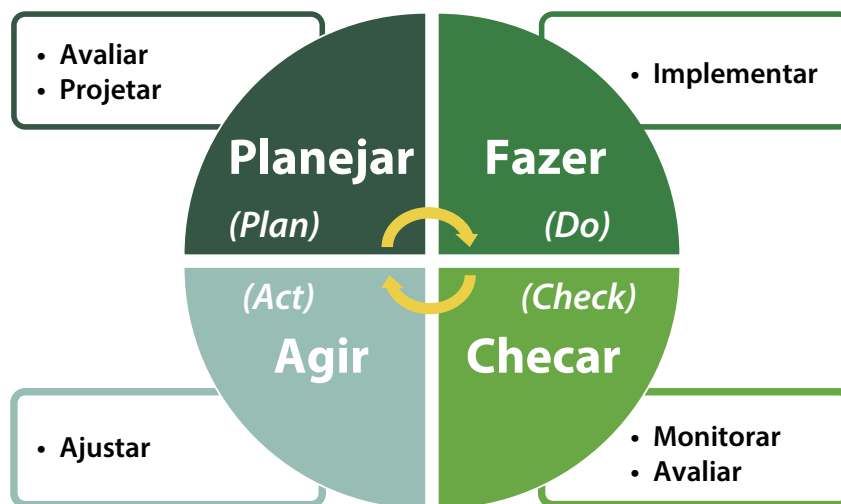
A gestão adaptativa também pode ajudar a melhorar a eficácia da abordagem dos caminhos de adaptação, proporcionando uma estrutura de governança e tomada de decisões para sua implementação. A integração dos resultados do monitoramento, bem como dos limiares definidos e dos estímulos para medidas de adaptação no processo de gestão adaptativa ajuda a assegurar que ações futuras apropriadas sejam tomadas. A gestão adaptativa também ajuda a informar futuras revisões dos caminhos de adaptação.

A gestão adaptativa considera as condições atuais do site da mina e planos futuros, condições climáticas atuais e estado do conhecimento, projeções evolutivas das condições climáticas futuras, e usa os resultados do monitoramento para confirmar se os objetivos foram alcançados e identifica deficiências ou oportunidades para melhoria contínua. A gestão adaptativa pode ser usada durante qualquer fase do ciclo de vida para lidar com a incerteza associada às projeções de mudanças climáticas, ou para responder proativamente a mudanças inesperadas nas condições climáticas além daquelas projetadas.

A gestão adaptativa também deve considerar as questões transversais (sistêmicas) da operação/negócio examinando as interdependências e vínculos internos e externos (ISO 2019). Essa abordagem leva em conta todos os aspectos dos impactos a montante e a jusante dos processos de uma instalação. Por exemplo, para a gestão da água, os proprietários devem considerar não apenas a gestão da água no site, mas também mudanças na disponibilidade, qualidade e retirada da água em nível de bacia hidrográfica/bacia de captação para as necessidades dos usuários concorrentes (por exemplo, a agricultura na área). Tais interdependências precisam ser consideradas na Etapa 1 ao identificar as vulnerabilidades e avaliar os riscos. No entanto, essas interdependências podem não ser estáticas, e interdependências ou ligações adicionais podem surgir com o tempo. A gestão adaptativa pode ajudar a assegurar que tais mudanças

sejam reconhecidas e contabilizadas em futuras atualizações.

Esta seção descreve os princípios principais da gestão adaptativa e fornece orientação para o desenvolvimento e implementação de um processo de gestão adaptativa. Os princípios são consistentes com outros modelos de sistemas de gestão Plan-Do-Check-Act e são alinhados com a estrutura de gestão de rejeitos descrita no Guia de Rejeitos MAC (MAC 2019b) e nos *Sistemas de Gestão Ambiental ISO 14001* (2015) (Figura 23).



Planejar (Plan)

O planejamento envolve o estabelecimento de objetivos para a gestão adaptativa, sintetizando o conhecimento existente e desenvolvendo processos e planos necessários para atender e implementar caminhos de adaptação, inclusive limiares e gatilhos para a implementação de medidas de adaptação.

O planejamento se baseia nos resultados da avaliação da vulnerabilidade e do risco (Seção 4), e nos caminhos de adaptação desenvolvidos e selecionados para implementação (Seção 5). O planejamento deve abordar o seguinte:

- Responsabilização, responsabilidades e papéis para implementar os caminhos de adaptação e o processo de gestão adaptativa e tomar decisões relacionadas à adaptação às mudanças climáticas.
- Integração dos caminhos de adaptação nas políticas, planos, procedimentos e cronogramas existentes (por exemplo, plano de gestão da água).
- Identificação e desenvolvimento de indicadores de desempenho com base nos objetivos de desempenho, para medir e avaliar o desempenho para medidas específicas de adaptação.
- Identificação de quaisquer incertezas ou limitações.
- Desenho de medidas de adaptação conforme descrito na Seção 6.1.
- Desenvolvimento do programa de monitoramento ou revisão do programa de monitoramento existente, conforme descrito na Seção 6.2.
- Desenvolvimento de um plano de treinamento para assegurar que o pessoal compreenda suas

funções e responsabilidades relacionadas à adaptação às mudanças climáticas, e, quando relevante, compreenda as mudanças associadas à implementação de caminhos de adaptação.

- Assegurar que os recursos e ferramentas necessárias para a implementação estejam em vigor.

Fazer (Do)

Esse passo envolve a implementação dos caminhos de adaptação e do programa de monitoramento, e outros planos desenvolvidos como parte do processo de gestão adaptativa (por exemplo, treinamento). Esse passo também incluiria a implementação de medidas de adaptação de acordo com os caminhos de adaptação (por exemplo, se os limites definidos tiverem sido atingidos).

Checar (Check)

Esse passo envolve a revisão dos resultados da implementação, particularmente do monitoramento, para avaliar e documentar o desempenho. As atividades chave são avaliar o desempenho das medidas de adaptação existentes, e avaliar o desempenho em relação a limites definidos e gatilhos para a implementação de medidas de adaptação. Além disso, essa etapa também deve incluir a identificação:

- Revisão periódica da base de concepção das medidas de adaptação relacionadas a equipamentos e infraestrutura e monitorar as atualizações da ciência climática para confirmar que as suposições climáticas usadas como base de concepção original ainda são válidas.
- Deficiências ou não-conformidades que tenham sido encontradas durante a implementação de caminhos e medidas de adaptação.
- Oportunidades para melhorias contínuas.
- Mudanças (por exemplo, condições observadas versus projeções climáticas, mudanças no plano de mineração) que podem ser relevantes para o desenvolvimento futuro e implementação de caminhos de adaptação.

Agir (Act)

Esta etapa envolve uma revisão dos resultados da etapa de checagem e é parte integrante da abordagem iterativa descrita na seção 2.3. Os proprietários devem rever e potencialmente fazer atualizações das Etapas 1 e 2 descritas nesta orientação, inclusive:

- Revisão de qualquer atualização da ciência climática, códigos e padrões de engenharia, perspectivas do CDI, e exigências legais.
- Revisar e potencialmente atualizar as:
 - Estruturas de governança para o processo de gestão adaptativa e implementação de caminhos de adaptação.
 - Conjunto de dados climáticos e linha de base climática e incertezas e lacunas associadas.
 - Projeção das condições climáticas futuras e incertezas associadas.
 - Identificação de vulnerabilidades e oportunidades.
 - Avaliação dos riscos da mudança climática e incertezas associadas.
 - Objetivos e indicadores de desempenho.

- Limites e gatilhos para implementação de medidas de adaptação.
- Programa de monitoramento.
- Revisão da adequação e eficácia das medidas de adaptação que foram implementadas.
- Desenvolvimento de planos de ação para resolver deficiências e oportunidades de melhoria contínua.

Finalmente, esse passo informa a revisão e possíveis atualizações dos caminhos de adaptação.

Checklist para o desenvolvimento e implementação da gestão adaptativa

- Como estão sendo monitorados todos os gatilhos e limiares?
- Que indicadores de desempenho são usados para medir o desempenho das medidas de adaptação?
- Como o programa de monitoramento acompanha as mudanças na frequência e magnitude média dos eventos extremos e a comparação com os gatilhos e limiares?
- Como as incertezas estão sendo tratadas?
- Como o plano de gestão de adaptação está integrado nas políticas corporativas, sistemas e procedimentos de gestão e operacionais?
- Qual é o ciclo de revisão?

6.4. Estudos de Caso

Os seguintes estudos de caso são exemplos de gestão adaptativa que foram implementados por companhias mineradoras. O Anexo D fornece informações mais detalhadas para cada um dos estudos de caso listados.

Reabilitação de Giat Mine - Limiares da Mudança Climática

A Giant Mine é uma mina de ouro histórica que está passando por uma remediação e fechamento, localizada 5 km ao norte do centro da cidade em Yellowknife, Territórios do Noroeste. Um objetivo chave, e o foco do projeto de remediação, é a contenção e gestão a longo prazo dos resíduos históricos da mineração no local. Um desafio associado ao Projeto de Remediação de Giant Mine é a prevalência de trióxido de arsênio (arsênico) contendo material que foi produzido como resultado do processamento de minério de ouro. Aproximadamente 237.000 toneladas de material contendo arsênio são atualmente armazenadas no site em câmaras subterrâneas da antiga mina. Um plano de gerenciamento a longo prazo para o material contendo arsênio foi desenvolvido para evitar a liberação de arsênio e impactos potenciais sobre os residentes de Yellowknife e a qualidade da água no lago Great Slave. Foi decidido que a maneira mais eficaz de administrar o material contendo arsênio seria permitir que as câmaras subterrâneas congelassem através do "método do bloco congelado".

Dada a localização da mina e o conhecimento atual da mudança climática no Norte, um desafio chave na gestão da instalação de contenção será manter a temperatura para que as câmaras subterrâneas permaneçam congeladas. Foram desenvolvidas projeções de mudanças climáticas para mudanças futuras na temperatura média anual para informar o projeto e a gestão da instalação de contenção.

Especificamente, o conhecimento será usado para apoiar o projeto detalhado do bloco de congelamento para que o equipamento e procedimentos de monitoramento apropriados possam ser implementados, e ajustes podem ser feitos para manter o bloco congelado ao longo do tempo. Em essência, as projeções climáticas informarão os gatilhos e limiares, os passos no plano de gestão adaptativo e especificamente os pontos de decisão quando as ações de gestão devem ser tomadas.

Mina Millennium da Suncor - Gestão Adaptativa de Rejeitos Líquidos

Suncor Energy Ltd. (Suncor) é uma empresa canadense de energia especializada na produção de petróleo bruto sintético a partir de areias petrolíferas em Alberta. Em 2016, a Suncor apresentou um Plano de Gerenciamento de Rejeitos Líquidos (TMP - Tailings Management Plan) para a Solicitação da Planta de Base e, simultaneamente, apresentou a Solicitação da Emenda Operacional do Milênio (Millennium Operational Amendment - MOA), incluindo detalhes com relação aos planos de mineração e fechamento. O TMP proposto resultará em mais de 70% de seus rejeitos sendo gerenciados através de uma nova tecnologia não comprovada - o Sistema de Armazenamento Aquático Passivo (Passive Aquatic Storage System - PASS) - que usa a adição de produtos químicos para desaguar os rejeitos e reduzir a mobilidade de contaminantes. A água será colocada em cima dos rejeitos tratados após o fim da vida útil da mina, criando um resultado de fechamento aquático na área de eliminação dedicada 3 (dedicated disposal area 3 - DDA3), (também conhecida como tamponamento de água). Esse novo PASS destina-se também a gerir as incertezas e riscos relacionados a um clima em mudança, especificamente as incertezas relacionadas ao nível da água.

Para gerir e diminuir os riscos ambientais e o passivo resultantes da acumulação de rejeitos líquidos, o Governo de Alberta emitiu em 2015 a Estrutura de Gerenciamento de Rejeitos para as areias petrolíferas mineráveis de Athabasca (Tailings Management Framework - TMF). Como parte da implementação do TMF, o órgão regulador de energia de Alberta (Alberta Energy Regulator - AER) divulgou a Diretiva 085: Gerenciamento de resíduos fluidos para projetos de mineração de areias petrolíferas, que estabelece novas exigências para planos de gerenciamento de rejeitos líquidos. Dada a nova abordagem da Suncor em relação à gestão de rejeitos, a AER precisava de garantias de que o TMP atenderia às exigências tanto da estrutura quanto da Diretiva.

A Suncor forneceu informações sobre os fundamentos, dados e suposições relacionadas com os riscos e incertezas para o PASS e o DDA3. Essas informações incluíam medidas de mitigação, planos de contingência e marcos de recuperação, inclusive informações relevantes para as mudanças climáticas. A Suncor descobriu que a mudança climática poderia representar um risco para o Lago da Cava da Mina (Upper Pit Lake - UPL) e que as previsões atuais mostram um futuro mais quente e mais úmido. Se o contrário fosse verdade, a viabilidade do UPL poderia ser comprometida se não fosse devidamente administrada.

A Suncor forneceu informações à AER a respeito de seu plano de gestão adaptável para enfrentar os riscos, inclusive:

- A capacidade de mudar a elevação da saída do lago.
- A mudança dessa elevação da zona litorânea.
- Adaptar a abordagem durante os próximos 26 anos, à medida que a Suncor ganha uma melhor compreensão da hidrologia e das condições climáticas a longo prazo.
- Tampar os rejeitos de líquido tratado de alguma forma uma vez concluído, assegurando que mesmo em um cenário onde o lago seque periodicamente, haja alguma barreira entre os rejeitos

de líquido tratado e o meio ambiente.

- Modificar o cenário de fechamento e drenagem para fornecer mais/menos água para a UPL.

7 Referências

AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). 2017. Snow, water, ice and permafrost in the Arctic (SWIPA). Arctic Monitoring and Assessment Programme.

<https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/2105>

American Society of Civil Engineers (ASCE). 2015. Adapting Infrastructure and Civil Engineering Practice to a Changing Climate. American Society of Civil Engineers, Committee on Adaptation to a Changing Climate. Retrieved from <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784479193>

Bush E, Lemmen DS, editors. 2019. Canada's Changing Climate Report. Ottawa ON: Government of Canada. <https://changingclimate.ca/CCCR2019/>

Buurman, J. and Babovic, V. 2017. Adaptation Pathways and Real Options Analysis: An approach to deep uncertainty in climate change adaptation policies. Policy and Society, 35:2, 137-150. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1016/j.polsoc.2016.05.002>

Canadian Securities Administrators (CSA). 2019. CSA Staff Notice 51-358 Reporting on Climate Change-Related Risks. August 1, 2019. https://www.osc.gov.on.ca/documents/en/Securities-Category5/csa_20190801_51-358_reporting-of-climate-change-related-risks.pdf

Canadian Standards Association. 2019. TECHNICAL GUIDE. CSA PLUS 4013-12: Development, interpretation, and use of rainfall intensity-duration-frequency (IDF) information: Guideline for Canadian water resources practitioners.

Charron, I. 2016. A Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions, 2016 Edition. Ouranos, 94p. Retrieved from <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Guidebook-2016.pdf>

Cheng, C.S., Lopes, E., Fu, C., Huang, Z. 2014. Possible Impacts of Climate Change on Wind Gusts under Downscaled Future Climate Conditions: Updated for Canada. Journal of Climate, Volume 27. DOI: 10.1175/JCLI-D-13-00020.1.

CoastAdapt. 2017. What is a pathways approach to adaptation? [Internet] <https://coastadapt.com.au/pathways-approach>

Coulter, L. 2019. Climate Change Adaptation Pathways Framework: Supporting Sustainable Local Food in B.C. Prepared for the B.C. Ministry of Agriculture through the 2018-19 Mitacs Science Policy Fellowship. Victoria.

Damigos, D. 2012. Monetizing the impacts of climate change on the Greek mining sector. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 17(8): 865-878. DOI: 10.1007/s11027-011-9349-z.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 2013. Economic approaches for assessing climate change adaptation options under uncertainty – Excel tools for Cost-Benefit and Multi-Criteria Analysis. On behalf of Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety of the Federal Republic of Germany.

Economics of Climate Adaptation (ECA). 2009. Shaping Climate-Resilient Development a framework for decision-making. Retrieved from http://ccsl.iccip.net/climate_resilient.pdf

- Environment and Climate Change Canada (ECCC). 2017. Canadian Climate Normals 1981-2010. Retrieved from https://climate.weather.gc.ca/climate_normals/index_e.html
- Engineers Canada. 2018. Public Guideline: Principles of Climate Adaptation and Mitigation for Engineers. Retrieved from <https://engineerscanada.ca/publications/public-guideline-principles-of-climate-change-adaptation-for-professional-engineers>
- European Environment Agency (EEA). 2019. Climate-ADAPT. Retrieved from <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>
- Government of Canada. 2009. True North: adapting infrastructure to climate change in northern Canada. Ottawa ON: National Roundtable on the Environment and the Economy. Retrieved from <http://nrt-trn.ca/climate/true-north>
- Government of Canada. 2019. Canadian Centre for Climate Services. Retrieved from <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/canadian-centre-climate-services.html>
- Haasnoot, M., Kwakkel, J.H., Walker, W.E., Ter Maat, J. 2013. Dynamic adaptive policy pathways: a method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *J. Glob. Environ. Change*, 23 (2), pp. 485-498.
- Hamilton, R. January 31, 2018. Climate Resilient Mining – with a focus on host communities. International Finance Corporation (IFC), World Bank Group. Presentation, Slides 6-7.
- Infrastructure Canada. 2018. Climate Lens General Guidance, Volume 1.1. Government of Canada. Retrieved from <https://www.infrastructure.gc.ca/pub/other-autre/cl-occ-eng.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019a. What is a GCM? Data Distribution Centre, IPCC. Retrieved from https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm_guide.html
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019b. Definition of Terms Used Within the DDC Pages. Data Distribution Centre, IPCC. Retrieved from https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/glossary/glossary_r.html
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019c. Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)]. In press.

- International Council on Mining & Metals (ICMM). 2013. Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry. Retrieved from <https://www.icmm.com/en-gb/environmental-stewardship/climate-change>
- International Council on Mining & Metals (ICMM). 2019. Adapting to a changing climate: building resilience in the mining and metals industry. <https://www.icmm.com/climate-adaptation>
- International Organization for Standardization (ISO). 2019. Adaptation to climate change – Principles, requirements and guidelines. ISO 14090:2019.
- International Organization for Standardization (ISO). 2018. Risk management – Guidelines. ISO 31000:2018.
- International Organization for Standardization (ISO). 2015. Environmental Management Systems – Requirements with guidance for use. ISO 14001:2015.
- Kappel, B. 2019. Hurricanes Harvey and Florence – Are Storms Changing, and How Does This Effect TSF and Dam Design? Proceedings of Tailings and Mine Waste 2019. November 17-20, 2019, Vancouver, Canada.
- Lemmen DS, Warren FJ, James, TS, Mercer Clarke CSL, editors. 2016. Canada's Marine Coasts in a Changing Climate. Ottawa ON: Government of Canada. https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/files/pdf/NRCAN_fullBook%20%20accessible.pdf
- Li, C., Zwiers, F., Zhang, X., & Li, G. 2019. How much information is required to well constrain local estimates of future precipitation extremes? *Earth's Future*, 7, 11–24. <https://doi.org/10.1029/2018EF001001>
- Mason, L, Unger, C, Lederwasch, A, Razian, H, Wynne, L & Giurco, D 2013, Adapting to climate risks and extreme weather: A guide for mining and minerals industry professionals, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, 76 pp.
- Metroeconomica Limited. 2014. Costing the Impacts of Climate Change in the UK: Implementations Guidelines. Final Report. Prepared for The UK Climate Impacts Programme (UKCIP). June 18, 2014.
- Mining Association of Canada (MAC). 2019a. MAC Response to the Community of Interest Panel's Advisory Statement on Climate Change, "Rising to the Challenge". Available at <https://mining.ca/documents/mac-response-to-the-community-of-interest-panels-advisory-statement-on-climate-change-rising-to-the-challenge/>
- Mining Association of Canada (MAC). 2019b. A Guide to the Management of Tailings Facilities Version 3.1. Retrieved from <https://mining.ca/our-focus/tailings-management/tailings-guide/>
- Mining Association of Canada (MAC). 2019c. Developing an Operation, Maintenance, and Surveillance Manual for Tailings and Water Management Facilities Second Edition. Retrieved from <https://mining.ca/our-focus/tailings-management/oms-guide/>
- Nassopoulos, H., Dumas, P., Hallegatte, S. 2012. Adaptation to an uncertain climate change: Cost benefit analysis and robust decision making for dam dimensioning. *Climate Change* 114(3-4). DOI:10.1007/ s10584-012-0423-7.
- National Round Table of the Environment and the Economy (NRTEE). 2011. Climate Prosperity: Paying the Price – the Economic Impacts of Climate Change for Canada. <http://nrt-trn.ca/wp-content/uploads/2011/09/paying-the-price.pdf>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2019. Reanalysis. National Centers for Environmental Information, NOAA. Retrieved from <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/reanalysis>

- Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources (OCCAIR). 2017. Climate Change Impacts and Adaptation in Ontario's Mining Industry. Retrieved from http://www.climateontario.ca/doc/RACIII/Mining_Final.pdf
- Palko K, Lemmen SD, editors. 2017. Climate Risks and Adaptation Practices for the Canadian Transportation Sector 2016. Ottawa ON: Government of Canada.
- Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship. 2004. Adaptive Management for Water Resource Project Planning. National Research Council. <http://www.nap.edu/catalog/10972.html>
- Professional Engineers and Geoscientists of BC (EGBC). 2017. Developing Climate Change-Resilient Designs for Highway Infrastructure in British Columbia (Interim) – APEGBC Professional Practice Guidelines V1.0. Retrieved from [updated URL for final 2020 version] <https://www.egbc.ca/getmedia/b60921fc-a820-41be-868f-02f0d3d92892/EGBC-BCMOTI-Climate-Resilient-Design-Highway-V2-0.pdf.aspx>
- Professional Engineers and Geoscientists of BC (EGBC). 2018. Legislated Flood Assessments in a Changing Climate in BC Version 2.1. Retrieved from <https://www.egbc.ca/getmedia/f5c2d7e9-26ad-4cb3-b528-940b3aaa9069/Legislated-Flood-Assessments-in-BC.pdf.aspx>
- Rodgers, C. and A. Douglas. 2015a. Cost Benefit Analysis of Climate Change Impacts and Adaptation Measures for Canadian Mines: Final Report. Report submitted to the Climate Change Impacts and Adaptation Division, Natural Resources Canada, 36p. Retrieved from http://www.climateontario.ca/doc/p_ECCC/1-AP261-FinalReport-FINAL.PDF
- Rodgers, C. and A. Douglas. 2015b. Cost Benefit Analysis of Climate Change Impacts and Adaptation Measures for Canadian Mines: A Literature Review. Retrieved from http://www.climateontario.ca/doc/p_ECCC/3-AP261-LiteratureReview-FINAL.PDF
- Rosenzweig, C., and Solecki, W. 2014: Hurricane Sandy and adaptation pathways in New York: Lessons from a first-responder city. Glob. Environ. Change, 28, 395-408, doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.05.003.
- Roy, P., Fournier, E. and Huard, D. 2017. Standardization Guidance for Weather Data, Climate Information and Climate Change Projections. Montreal, Ouranos. 52 pp. + Appendixes. Retrieved from <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportCCN2017-En.pdf>
- Serrao-Neumann S, Cox M, Schuch G, Low Choy D. 2015. Adaptation Pathways [Internet]. Available from: <https://www.terranova.org.au/repository/east-coast-nrm-collection/planning-packages>
- Task Force on Climate-related Financial Disclosures. 2017. Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures Final Report. Retrieved from <https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-2017-TCFD-Report-11052018.pdf>
- University Corporation for Atmospheric Research (UCAR). 2019. Atmospheric Reanalysis: Overview & Comparison Tables. Climate Data Guide, UCAR. Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/atmospheric-reanalysis-overview-comparison-tables>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2011. Assessing the Costs and Benefits of Adaptation Options: An Overview of Approaches. https://unfccc.int/resource/docs/publications/pub_nwp_costs_benefits_adaptation.pdf
- van Vuuren DP, Edmonds L, Kainuma M, Riahi K, Thomson A, Hibbard K, Hurtt GC, Kram T, Krey V, Lamarque J-F, Masui T, Meinshausen M, Nakicenovic N, Smith SJ, Rose SK 2011. The representative concentration pathways: an overview, Climatic Change (2011) 109:5–31, DOI 10.1007/s10584 011 0148 z.

Vincent L, Zhang X, Brown R, Feng, Y, Mekis E, Milewska E, Wan H, Wang X. 2015: Observed trends in Canada's climate and influence of low-frequency variability modes; *Journal of Climate*, v. 28, p. 4545–4560.

Warren FJ, Lemmen DS. 2014. *Canada in a Changing Climate: Sector Perspectives on Impacts and Adaptation*. Ottawa ON: Government of Canada. https://www.rncan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/vivre-avec-les-changements-climatiques-au-canada-perspectives-des-secteurs-relatives-aux-impacts-et/16310?_ga=2.97695135.1059612728.1613786899-2101403129.1613487637

WCRP Sea Level Budget Group (WCRP). 2018. Global sea-level budget 1993-present. *Earth Syst. Sci. Data*, 10, 1551-1590, <https://www.earth-syst-sci-data.net/10/1551/2018/>

World Meteorological Organization (WMO). 2018. Guidelines on the Definition and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events. Available at https://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/documents/GUIDELINESONTHEDEFINTIONANDMONITORINGOFEXTREMEWEATHERANDCLIMATEEVENTS_09032018.pdf

World Meteorological Organization (WMO). 2009. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation, No. 1045, WMO, Geneva, 259.

Zhang, X., Flato, G., Kirchmeier-Young, M., Vincent, L., Wan, H., Wang, X., Rong, R., Fyfe, J., Li, G., Kharin, V.V. (2019): Changes in Temperature and Precipitation Across Canada; Chapter 4 in Bush, E. and Lemmen, D.S. (Eds.) *Canada's Changing Climate Report*. Government of Canada, Ottawa, Ontario, pp 112-193.

Termo	Definição
Risco aceitável	O nível de risco considerado aceitável para um Proprietário, considerando exigências legais, política interna, fatores comerciais e aceitação pela sociedade.
Capacidade adaptativa	A capacidade de uma mina de absorver tensões no sistema devido a mudanças no clima. Uma mina com alta capacidade de adaptação pode enfrentar e até mesmo se beneficiar de um clima em mudança. Uma mina aumentou a resiliência climática quando suas vulnerabilidades diminuíram.
Gestão adaptativa	O processo iterativo de planejamento, implementação, monitoramento e modificação de estratégias que abordam a incerteza de um clima em mudança. O processo ajusta abordagens em resposta a mudanças no sistema que ocorrem como resultado de um efeito de feedback e outras variáveis (ISO 2019).
	<p>Medidas de adaptação são ações tomadas para gerir riscos ou oportunidades associadas às mudanças climáticas. Medidas de adaptação podem incluir ações para prevenir ou reduzir a probabilidade da ocorrência de um impacto adverso devido à mudança climática; ou reduzir ou mitigar as consequências de um impacto adverso devido à mudança climática. Elas podem ser implementadas em uma base específica do site ou em nível corporativo e incluir uma ampla gama de ações potenciais, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Modificações na infraestrutura existente ou construção de nova infraestrutura. ■ Revisão de planos, práticas e procedimentos como, por exemplo <ul style="list-style-type: none"> ● Práticas operacionais, tais como: gestão da água. ● Práticas de manutenção, tais como: manutenção de infraestrutura dependente do permafrost. ● Práticas de monitoramento relacionadas a vulnerabilidades climáticas e de mudanças climáticas. ● O plano de fechamento para refletir as projeções das condições climáticas futuras. ■ O desenvolvimento de melhores projeções das condições climáticas futuras. ■ Melhoria das estruturas de governança relacionadas com a adaptação às mudanças climáticas.
Mudança climática	Refere-se a uma mudança na média e/ou variabilidade do clima que persiste por um período prolongado, normalmente por décadas ou mais (IPCC 2013).
Adaptação às mudanças climáticas	O processo de adaptação ao clima atual e projetado e seus efeitos (ISO 2019).

Termo	Definição
Impacto das mudanças climáticas	A consequência de um evento relacionado ao clima que afeta os objetivos de uma empresa mineira.
Dados Climáticos	Medidas de variáveis climáticas (i.e., temperatura mínima e máxima, precipitação total) coletadas em durações variáveis (i.e., horárias, diárias, anuais) usadas para ajudar a identificar tendências climáticas (Roy et al. 2017).
Evento Climático	Um evento (por exemplo, evento pluviométrico extremo) que ocorre quando uma variável climática está acima de um valor de Indicador Climático, resultando em impactos indesejados à infraestrutura, operações de mina ou ao ambiente ao redor.
Indicador Climático	Um índice que pode ser quantificado ou medido para demonstrar as mudanças de uma variável climática (por exemplo, temperatura diária, número de dias de geada, intensidade e duração dos eventos de chuva, velocidade e direção do vento). Os Indicadores Climáticos podem mudar como resultado das mudanças climáticas.
Modelos Climáticos	Representações matemáticas dos processos do sistema climático entre a atmosfera, litosfera, hidrosfera, criosfera e biosfera sob forças externas (ou seja, radiação solar, gases de efeito estufa naturais e antropogênicos) durante um longo período de tempo. (Roy et al. 2017).
Variável Climática	Um parâmetro meteorológico que pode ser medido e projetado no futuro (por exemplo, temperatura, precipitação, vento, etc.) e que tem a capacidade de interagir com a infraestrutura e as operações da mina.
	<p>CDI incluem todos os indivíduos e grupos que têm interesse em, ou acreditam que possam ser afetados por decisões relativas à gestão de operações. CDI pode incluir, mas não está restrito a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Povos Indígenas ■ Membros da comunidade ■ Grupos sub-representados ■ Empregados ■ Empreiteiros/fornecedores ■ Vizinhos ■ Organizações ambientais locais e outras organizações não governamentais (ONG) ■ Governos e instituições locais ■ Outras CDI podem incluir: ■ Fornecedores ■ Clientes ■ Organizações ambientais regionais ou nacionais e outras organizações não governamentais (ONG) ■ Governos ■ A comunidade financeira ■ Acionistas <p>Definição do Protocolo de Relações Indígenas e Comunitárias TSM do MAC</p>

Termo	Definição
Consequência	O resultado de um evento ou através de efeitos em cascata e cumulativos, afetando os objetivos do Proprietário (ISO 2018). Pode ter um efeito positivo ou negativo direto ou indireto sobre os objetivos e pode ser expresso qualitativa ou quantitativamente. A consequência é comumente descrita como a gravidade do evento e é usado para calcular/definir o risco: Risco = Consequência × Probabilidade
Análise de custo-benefício (Cost-Benefit Analysis - CBA)	Um procedimento para comparar os custos e benefícios de uma opção de adaptação ao longo do tempo e é recomendado se os custos e benefícios das opções de adaptação puderem ser expressos em termos monetários.
Análise da Eficácia de Custos (Cost Effectiveness Analysis - CEA)	Um procedimento semelhante a uma CBA, pode ser usado para classificar e priorizar opções de adaptação se um valor monetário puder ser atribuído aos custos, mas não pode ser atribuído aos benefícios das opções de adaptação.
Modelos Gerais de Circulação (General Circulation Models - GCMs)	Representações numéricas dos processos físicos na Terra. Elas são as ferramentas mais avançadas disponíveis para simular a resposta do sistema climático global às mudanças nas concentrações de GEE (IPCC 2019a). Os GCMs têm resoluções de grade grosseira que variam entre 1 e 4 graus de latitude e 1 e 5 graus de longitude em todo o planeta (Charron 2016; European Network for Earth System Modelling 2019)
Impacto	Também referido como consequência, descreve os efeitos que um clima em mudança, incluindo condições climáticas extremas e eventos climáticos, tem sobre os sistemas naturais e humanos (ICMM 2019).
Exigência legal	Qualquer lei, estatuto, portaria, decreto, exigência, ordem, julgamento, regra ou regulamento de, e os termos de qualquer licença ou permissão emitida por, qualquer autoridade governamental.
Probabilidade	A chance de algo acontecer, comumente descrita como a probabilidade ou frequência de ocorrência.
Análise Multi-Criteria (Multi-Criteria Analysis - MCA)	Um procedimento semelhante a uma CBA usado para classificar e priorizar múltiplas opções de adaptação; entretanto, a priorização também se baseia em critérios de avaliação qualitativa, incluindo viabilidade, custo-benefício, co-benefícios, facilidade de implementação e recursos necessários. Também pode ser usado quando os benefícios não podem ser medidos quantitativamente, ou se múltiplos benefícios não podem ser agregados (Rodgers & Douglas 2015a).
Proprietário	Refere-se à empresa, sociedade ou indivíduo que tenha posse legal ou seja o detentor legal de uma mina sob a lei na jurisdição aplicável onde a mina está localizada (adaptado de MAC 2019).
Precipitação Máxima Provável (PMP)	Teoricamente, a maior intensidade de precipitação para uma determinada duração que é fisicamente possível sobre uma determinada área de tempestade em uma determinada localização geográfica em uma determinada época do ano (WMO 2009).

Termo	Definição
Força Radiativa	Refere-se à mudança no decréscimo líquido menos o acréscimo da irradiação em Watts por metro quadrado (W/m ²) no topo da atmosfera (IPCC 2019b; Charron 2016).
Risco	Risco O risco representa a incapacidade potencial da infraestrutura/ instalação/ comunidades/meio ambiente de suportar os efeitos negativos ou se beneficiar de quaisquer efeitos positivos das mudanças climáticas. O risco é uma função da magnitude das mudanças no clima, da sensibilidade de uma entidade a essas mudanças e de sua capacidade adaptativa. A gravidade ou consequência potencial do impacto e sua probabilidade ou probabilidade de ocorrência são ambas consideradas ao avaliar o risco. Risco = Consequência × Probabilidade de ocorrência.
Critérios de risco	Os fatores usados para classificar os riscos. Os critérios de risco incluem consequência e probabilidade e podem incluir confiabilidade e outros modificadores de risco.
Monitoramento	Inclui a inspeção e monitoramento (ou seja, coleta de observações qualitativas e quantitativas e dados) das atividades e infraestrutura. O monitoramento também inclui a documentação oportuna, análise e comunicação dos resultados do monitoramento, para informar a tomada de decisões e verificar se os objetivos de desempenho e de gerenciamento de riscos, incluindo controles críticos, estão sendo atingidos (adaptado do MAC 2019b).
Hora da Emergência Gatilhos/Sinais	Para os impactos da mudança climática sobre os componentes sensíveis ao clima de uma mina, os gatilhos surgem quando um componente da mina atinge seu limiar, onde pode falhar ou ser danificado. Dentro da gestão adaptativa, os gatilhos ou o tempo de surgimento de sinais ajudarão a fornecer pontos de decisão identificando como e quando as ações de gestão devem ser tomadas.
Vulnerabilidade	A vulnerabilidade define até que ponto um componente de infraestrutura de mina é suscetível a, ou incapaz de lidar com a mudança climática. As vulnerabilidades estão presentes quando uma variável climática pode interagir com a infraestrutura da mina, e essa interação tem o potencial de dar origem a riscos.

Anexo A: Tendências em Variáveis Climáticas e Eventos

A tabela a seguir fornece as tendências históricas e projetadas para uma série de variáveis climáticas no Canadá com base no Relatório Canadense sobre Mudanças Climáticas (Bush e Lemmen 2019). As tendências de alto nível para as variáveis climáticas podem ajudar a caracterizar o clima histórico, atual e futuro. Se não for necessária uma análise detalhada das observações (por exemplo, nos estágios iniciais de planejamento da vida da mina), uma revisão bibliográfica expandindo essas tendências das informações climáticas disponíveis para a região pode ser suficiente para caracterizar o clima histórico e futuro.

Tabela 1: Tendências históricas e projetadas das variáveis climáticas para o Canadá e eventos climáticos associados (Bush e Lemmen 2019, exceto conforme observado).

Variáveis Climáticas e Eventos Associados	Tendência histórica	Projeções
Temperatura do ar	As temperaturas médias anuais (sazonais) para o Canadá aumentaram 1,7°C (1,5°C a 3,3°C) entre 1948 e 2016, e 2,3°C (1,6°C a 4,3°C) para o norte do Canadá especificamente.	As temperaturas médias anuais estão projetadas para aumentar em cerca de 2°C acima do período de referência de 1986 a 2005 para um cenário de baixas emissões, e em mais de 6°C em um cenário de altas emissões até o final do século.
Temperaturas extremas	As temperaturas extremamente quentes se tornaram mais quentes, e as temperaturas extremamente frias se tornaram menos frias, consistentes com as tendências de aquecimento observadas.	As mudanças observadas em temperaturas extremas são projetadas para continuar no futuro com uma magnitude de mudança proporcional à magnitude da mudança de temperatura média.
Precipitação média anual	A precipitação média anual aumentou em todo o Canadá em cerca de 20% de 1948 a 2012, com aumentos maiores em relação ao norte do Canadá (Vincent et al. 2015; Bush e Lemmen 2019).	Prevê-se que a precipitação anual aumente cerca de 7% sob um cenário de baixas emissões (RCP2.6) e até 24% sob um cenário de altas emissões (RCP8.5) até o final do século em todo o Canadá. Entretanto, sob um cenário de altas emissões, prevê-se que a precipitação de verão diminua ao longo do sul do Canadá até o final do século.
Precipitação Extrema	Não foram identificadas mudanças consistentes nos extremos de precipitação de curta duração no Canadá (Bush e Lemmen 2019). Mais estações têm experimentado um aumento do que uma diminuição na maior quantidade de chuva de um dia a cada ano, mas a direção das tendências parece ser aleatória no espaço.	A média de precipitação extrema em todo o Canadá está projetada para aumentar a frequência, com um período de retorno de 20 anos, tornando-se um evento de 1 em 15 anos até o final do século com um cenário de baixa emissão, e um evento de 1 em 10 anos até meados do século e um evento de 1 em 5 anos até o final do século com um cenário de alta emissão. A quantidade de precipitação extrema de 24 horas que ocorre uma vez em 20 anos está prevista que aumente até 25% até o final do século sob um cenário de emissão elevada.

Variáveis Climáticas e Eventos Associados	Tendência histórica	Projeções
Nível do mar	<p>O nível médio global do mar aumentou cerca de 0,19 m entre 1901 e 2010 (IPCC 2013). Para a maior parte do nível do mar do século 20 subiu a uma taxa de quase 1 mm/ano, mas triplicou desde 1993 com taxas recentes mostrando aproximadamente 3 mm/ano globalmente (Bush e Lemmen 2019).</p> <p>No Canadá, taxas variadas de aumento do nível do mar são atribuídas principalmente a ajustes isostáticos glaciais (elevação perto do centro de antigas camadas de gelo e subsidência nas bordas), consolidação de sedimentos (costa leste) e atividade tectônica (costa oeste) (Bush e Lemmen 2019).</p> <p>No Canadá, a elevação relativa do nível do mar tem sido observada em milímetros por ano nas costas do Atlântico e do Mar de Beaufort, com quantidades menores ao longo da costa do Pacífico.</p> <p>No entanto, tem sido observada uma queda do nível do mar ao redor da Baía de Hudson, onde a terra está subindo devido ao ajuste pós-glacial (Warren e Lemmen 2014).</p>	<p>Espera-se que o nível global do mar continue subindo em resposta às temperaturas oceânicas mais quentes (expansão térmica) e à medida que as geleiras e o gelo marinho continuam a derreter (Governo do Canadá 2009).</p> <p>As estimativas da elevação média global do nível do mar foram desenvolvidas combinando estudos baseados na Via de Concentração Representativa (Representative Concentration Pathway - RCP) da elevação global do nível do mar que examinaram os efeitos modelados na expansão térmica dos oceanos, na dinâmica das camadas de gelo da Groenlândia e da Antártida, nas mudanças de armazenamento da água terrestre e derretimento das geleiras e das placas de gelo da Groenlândia e da Antártida (NOAA 2017).</p> <p>Para os cenários intermediários-altos a extremos, o potencial de colapso rápido da camada de gelo antártica está incluído. Em geral, os cenários fornecem um alcance de 0,16 m a 0,63 m na elevação média global do nível do mar até o ano 2050 e 0,3 m a 2,5 m até o ano 2100 em relação ao ano base 2000 em escala global (NOAA 2017).</p> <p>Devido ao afundamento de terra projeta-se que partes do Canadá Atlântico experimentarão mudanças no nível do mar superiores à média global durante o próximo século (Bush e Lemmen 2019).</p> <p>Estimativas relativas da elevação do nível do mar até 2100 para um cenário mediano de altas emissões (RCP8.5) variam de 75 a 100 cm na Nova Escócia, 25 a 50 cm em Vancouver, e -50 a -90 cm ao redor da Baía de Hudson e do Arquipélago Ártico canadense (Bush e Lemmen 2019).</p>

Variáveis Climáticas e Eventos Associados	Tendência histórica	Projeções
Vento	Mudanças nos padrões de vento foram observadas em todo o Canadá (Warren e Lemmen 2014). Registros homogeneizados de velocidade do vento de 1953 a 2006 para 117 estações em todo o Canadá revelaram em geral o aumento da velocidade do vento nas regiões norte e leste e a diminuição da velocidade do vento no sul e regiões do oeste (Wan et al. 2010).	A gravidade e a frequência dos futuros eventos de rajadas de vento devem mudar no final do século. O aumento percentual em eventos de rajadas de vento diárias futuras de mais de 70 km/h poderia ser 10% a 20% maior em comparação com as condições atuais na maioria das regiões em todo o Canadá, e os aumentos correspondentes em eventos de rajadas de vento de hora em hora são projetados de 20% a 30% (Cheng et al. , 2014).
Geleiras e Glaciares Marinhos	<p>A área de gelo marinho no verão diminuiu 5% a 20% por década no Ártico canadense desde 1968 e a área de gelo marinho no inverno diminuiu em 8% por década no leste do Canadá. A espessura do gelo marinho também diminuiu em 65% no Ártico durante o período de 1975 a 2012 (AMAP 2017).</p> <p>As geleiras canadenses afinaram-se nas últimas cinco décadas devido ao aumento das temperaturas.</p> <p>O aquecimento recente resultou em uma redução da estação das estradas de gelo em várias semanas devido ao aumento dos ciclos de congelamento-descongelamento (Boyle et al. 2013). Nos Territórios do Noroeste, a data média de abertura para a estrada de gelo do rio Mackenzie tem se atrasado mais de 3 semanas desde 1996 (Hori et al. 2018)</p>	<p>O aumento da temperatura resultará na redução contínua da área de gelo marinho em todo o Ártico canadense no verão e no outono, e no inverno na costa leste do Canadá.</p> <p>É com confiança média que o volume global das geleiras deverá diminuir de 15% a 55% sob um cenário de baixas emissões (RCP2,6) e de 35% a 85% sob um cenário de altas emissões (RCP8,5) até o final do século (IPCC 2013). Prevê-se que os glaciares da Cordilheira Ocidental percam de 74% a 96% de seu volume até o final do século, diminuindo o fornecimento de água de degelo glacial aos rios e riachos até meados do século.</p>

Variáveis Climáticas e Eventos Associados	Tendência histórica	Projeções
Capa de neve	A cobertura e o acúmulo de neve diminuiu na maior parte do Canadá entre 5% e 10% por década desde 1981 como resultado do atraso no início da neve e do derretimento prematuro da primavera.	A duração da cobertura de neve diminuirá em todo o Canadá à medida que a temperatura do ar continuar a aumentar em todos os cenários de emissões.
Permafrost	As temperaturas do permafrost aumentaram em 0,1°C por década no Vale Central Mackenzie e em 0,3°C a 0,5°C por década no alto Ártico. A espessura da camada ativa aumentou em aproximadamente 10% desde 2000 no Vale Mackenzie.	Prevê-se que o aumento da temperatura média da superfície resulte em um descongelamento contínuo do permafrost até meados do século. Cenários de emissões baixas e médias projetam que áreas com permafrost mais profundo no Canadá diminuirão de 16% a 20% até 2090 em relação a uma linha de base de 1990.
Inundação	Há pouca confiança nas tendências de escala global, mas tendências crescentes em escala regional foram observadas.	As mudanças na frequência e intensidade dos eventos pluviométricos extremos são projetadas para contribuir para o aumento dos eventos de inundação.
Seca	Há pouca confiança nas tendências de escala global, mas tendências crescentes em escala regional foram observadas.	As temperaturas mais altas e a frequência variável de precipitação são projetadas para contribuir para o aumento das ocorrências de seca nas regiões do interior sul do Canadá.
Umidade	É muito provável que a quantidade de vapor de água na atmosfera tem aumentado desde os anos 70, devido ao aquecimento das temperaturas do ar capazes de com mais umidade.	É muito provável que a umidade específica próxima à superfície aumente no futuro, à medida que a evaporação e a temperatura do ar aumentarem (IPCC 2013).
Incêndios florestais	As mudanças na temperatura e precipitação aumentaram a probabilidade de eventos extremos, incluindo incêndios florestais.	As temperaturas mais altas e as mudanças na frequência de precipitação são projetadas para contribuir para aumentar o potencial de incêndios florestais descontrolados e aumentar a duração da temporada de incêndios.

Referências

- AMAP P (Arctic Monitoring and Assessment Programme). 2017. Snow, water, ice and permafrost in the Arctic (SWIPA). Arctic Monitoring and Assessment Programme.. <https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/2105>
- Bush E, Lemmen DS, editores. 2019. Canada's Changing Climate Report. Ottawa ON: Governo do Canadá. <https://changingclimate.ca/CCCR2019/>
- Cheng, C.S., Lopes, E., Fu, C., Huang, Z. 2014. Possible Impacts of Climate Change on Wind Gusts under Downscaled Future Climate Conditions: Updated for Canada. Journal of Climate, Volume 27. DOI: 10.1175/JCLI-D-13-00020.1.
- Government of Canada. 2009. True North: adapting infrastructure to climate change in northern Canada. Ottawa ON: National Roundtable on the Environment and the Economy. Obtido de <http://nrt-trn.ca/climate/true-north>
- Boyle J, Cunningham M, Dekens J. 2013 . Climate Change Adaptation and Canadian Infrastructure: A Review of the Literature. International Institute for Sustainable Development (IISD). 40 páginas.
- Hori Y, Cheng VYS, Gough WA, Jien JY, Tsuji LJS. 2018. Implication of projected climate change on winter road systems in Ontario's Far North, Canadá.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Obtido em <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA). 2017. Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States. NOAA Technical Report NOS CO-OPS 083.
- Palko K, Lemmen SD, editors. 2017. Climate Risks and Adaptation Practices for the Canadian Transportation Sector 2016. Ottawa ON: Government of Canada.
- Wan H, Wang XL, Swail VR. 2010. Homogenization and Trend Analysis of Canadian Near-Surface Wind Speeds. Journal of Climate, 23(5):1209-1225. DOI: 10.1175/2009JCLI3200.1.
- Warren FJ, Lemmen DS. 2014 . Canada in a Changing Climate: Sector Perspectives on Impacts and Adaptation. Ottawa ON: Government of Canada.
- Vincent L, Zhang X, Brown R, Feng, Y, Mekis E, Milewska E, Wan H, Wang X. 2015: Observed trends in Canada's climate and influence of low-frequency variability modes; Journal of Climate, v. 28, p. 4545–4560.

Apêndice B: Metodologia detalhada para o desenvolvimento da linha de base e conjuntos de dados climáticos projetados

Este anexo metodológico é um resumo de uma estrutura geral que pode ser usada ao desenvolver um conjunto de dados climáticos. Esta abordagem para o desenvolvimento de conjuntos de dados climáticos é desenvolvida com base nas orientações recomendadas aceitas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e outros órgãos científicos, conforme referenciado nas seções abaixo. As análises climáticas devem ser realizadas por especialistas na área e as informações aqui apresentadas destinam-se a educar os proprietários sobre o que pedir e o que esperar de um consultor (especialista) e podem ser usadas como base para um padrão de escopo de trabalho.

Os conjuntos de dados climáticos devem ser específicos do projeto e desenvolvidos considerando as características do site da mina, incluindo o tamanho, localização, geografia e tempo de vida útil. Por exemplo, a vida útil de uma mina determinará qual horizonte(s) de tempo deverá(ão) ser incluído(s) no futuro conjunto de dados climáticos (por exemplo, próximo, meados, final do século).

O conjunto de dados climáticos diferirá entre minas em diferentes estágios do ciclo de vida de mina, conforme discutido no relatório principal. Nem todas as minas exigirão a mesma profundidade de dados climáticos, e isto dependerá do tipo de riscos presentes. As minas com maior vulnerabilidade a riscos significativos/severos devem garantir que todos os dados disponíveis necessários para enfrentar esses riscos tenham sido adquiridos.

Na metodologia a seguir, o clima atual é definido como o clima normal atual (usado para descrever as condições climáticas médias de um local) e pode se estender até os anos de observação mais recentes. O clima histórico é definido como as observações registradas antes do período normal. As projeções climáticas são usadas para estimar a mudança das condições climáticas atuais para o futuro na mina.

Desenvolvimento atual da linha de base climática

A compreensão do clima histórico e atual e das tendências é importante ao avaliar os parâmetros de projeto. Quando disponível, a linha de base climática é fundamentada em observações de estações meteorológicas ou meteorológicas locais. As observações meteorológicas ou meteorológicas referem-se às condições atmosféricas em um determinado momento e local. A coleta de dados meteorológicos inclui variáveis atmosféricas tais como velocidade e direção do vento, chuva, temperatura, etc. O clima se refere às condições atmosféricas prevalentes em um período de tempo mais longo em um determinado local. Esta metodologia fornece orientação sobre o estabelecimento das condições de base climáticas atuais, dadas as observações meteorológicas na mina. Se não houver observações de longo prazo no local, a linha de base pode ser estabelecida usando dados de estações meteorológicas locais e regionais disponíveis publicamente. A seção 1.1 delinea os critérios de seleção de dados a serem considerados ao selecionar entre estações meteorológicas, bem como orientação sobre os requisitos de completude de dados ao estabelecer a linha de base climática.

Se as observações não forem suficientemente completas, os dados podem ser preenchidos com dados de reanálise (seção 1.2) que foram comparados e correlacionados com as estações meteorológicas regionais disponíveis.

Critérios de seleção de dados

Idealmente, o clima histórico e atual deve ser caracterizado com base nas observações meteorológicas diárias de longo prazo disponíveis de uma estação no site ou nas proximidades com influências geográficas/climáticas similares às da mina. Por exemplo, se uma mina estiver localizada próxima a um grande corpo d'água, então a estação mais próxima ou mais representativa também deve estar adjacente a um grande corpo d'água (idealmente o mesmo corpo de água). Com base nas fontes de dados disponíveis, os dados contínuos de longo prazo da estação meteorológica no local são sempre preferidos para melhor capturar as influências locais. Quaisquer mudanças na estação meteorológica local que possam potencialmente afetar os registros devem ser notadas e levadas em consideração (por exemplo, mover a estação, mesmo que seja apenas uma curta distância, pode causar uma mudança nos valores registrados que não são devidas ao tempo). Para qualquer local, pode haver mudanças notáveis no clima de ano para ano devido à variabilidade natural. Para isolar as tendências climáticas desta variabilidade, as observações devem ser calculadas em média durante longos períodos de tempo, de preferência de 20 a 30 anos (Charron 2016).

Para estabelecer uma linha de base climática, as observações devem cobrir o período normal climático atualmente aceito (por exemplo, 1981 a 2010 no momento da finalização desta orientação (final de 2020)) que são usadas para descrever as condições climáticas médias de um local e podem se estender até os anos de observação mais recentes. No Canadá, o período normal é definido por Environment and Climate Change Canada com base nas recomendações da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization - WMO). As recomendações são para médias de 30 anos atualizadas até o final de cada década (ECCC 2017).

Um programa de garantia de qualidade e manutenção deve ser desenvolvido para qualquer estação meteorológica no site para uso no desenvolvimento do conjunto de dados sobre mudanças climáticas pelo especialista em meteorologia/clima responsável pela instalação e manutenção da estação. Este especialista deve considerar tanto a localização da estação quanto as recomendações de gerenciamento de qualidade da WMO (2008). Como qualquer estação meteorológica mantida pela ECCC, as estações no site precisam passar por calibração, garantia de qualidade e controle de qualidade antes que as observações devam ser consideradas para um conjunto de dados sobre mudanças climáticas.

Os seguintes critérios de seleção devem ser considerados para identificar a estação que melhor representa o clima de um site de mina:

- A duração do registro (mínimo de 20 anos, de preferência 30 anos de dados)
- Disponibilidade de um registro contínuo (por exemplo, sem dias consistentes em falta, nem meses ou estações do ano)
- Proximidade à área de interesse
- Idade das observações em comparação com o período normal atualmente aceito
- Latitude
- Elevação da estação
- Configuração geográfica
- Limiar de disponibilidade de dados mensais de 90% de dados válidos para todos os anos.

O limiar de disponibilidade de dados é aplicado para evitar incluir meses com dados incompletos no estabelecimento de estatísticas de base para precipitação e temperatura. A WMO (1989) recomenda o uso da regra "3/5", onde se um mês tem 3 dias consecutivos ou 5 dias aleatórios em falta, então esse mês não deve ser usado para estabelecer o clima normal. O critério de 90% de disponibilidade mensal de dados é uma simplificação desta regra, em que se faltam mais de 3 em 30 dias, o mês não é utilizado independentemente de os dias em falta serem consecutivos ou não.

Em uma determinada região, a(s) estação(ões) selecionada(s) pode(m) estar localizada(s) em uma variedade de elevações e pode(m) não corresponder(em) à elevação da mina de interesse. Dados de estações múltiplas podem ser usados para ajudar a ajustar os dados mais representativos da estação e ajudar a informar qual é o clima atual na região. Como, tanto a temperatura quanto a precipitação, variam com a elevação, fatores de ajuste podem ser aplicados, criando conjuntos de dados mais representativos para a elevação da mina.

Os dados climáticos disponíveis de cada estação devem ser comparados e atender aos critérios de seleção delineados acima para o período de referência climático histórico e atual. Os dados de muitas estações meteorológicas são limitados pelo baixo número de observações ou por um tempo de vida limitado para a estação (quantidade de dados), e pela qualidade variável dos dados. Portanto, a estação que corresponde ao maior número de critérios de seleção, com os três primeiros critérios com o maior peso, deve ser selecionada.

Preenchimento de dados ausentes - Reanálise de dados

O cumprimento da disponibilidade mensal de dados é muitas vezes um desafio durante o longo e desejado período de observação. Quando as observações climáticas disponíveis são representativas de uma mina com base na maioria dos critérios de seleção, mas não cumprem a integridade dos dados exigidos, o especialista deve desenvolver um método a ser usado para preencher os dados em falta. A reanálise é um método; este processo combina observações com modelos numéricos de previsão meteorológica ou sistemas de assimilação de dados para fornecer uma estimativa dinamicamente consistente do estado do clima durante o período histórico de interesse (NOAA 2019). A Análise Retrospectiva da Era Moderna para Pesquisa e Aplicações, Versão 2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications - MERRA-2) da Administração Espacial e Aeronáutica Nacional (National Aeronautics and Space Administration - NASA) é um exemplo de um conjunto de dados de reanálise atmosférica usando o Modelo Goddard de Sistema de Observação da Terra, juntamente com seu sistema de assimilação de dados atmosféricos. Para mais informações sobre o MERRA-2 e outras fontes de dados de reanálise, consulte o Anexo D.

Os dados de reanálise são gradeados, ou seja, capturam uma resolução espacial maior (por exemplo, cobre uma área maior e pode não capturar influências locais) do que os dados de observação da estação meteorológica que representam as condições locais com influências. Ao utilizar dados de reanálise, na maioria dos casos deve ser utilizada a quadrícula de grade mais próxima, no entanto, se uma estação estiver localizada perto da borda de uma quadrícula de grade, então a quadrícula de grade adjacente também deve ser considerada. A quadrícula de grade mais representativa das observações locais deve ser usada.

Devido à natureza gradeada dos dados de reanálise, existe um viés, pois ele pode capturar tendências não necessariamente representativas de um local específico, mas que representa a quadrícula maior da grade. A confiabilidade dos dados de reanálise também pode ser afetada devido a restrições observacionais e mudanças nas redes observacionais (UCAR 2019). Uma correção de viés pode ser concluída para

remover este viés através de uma análise de correlação com as observações disponíveis nas estações meteorológicas. Deve-se observar que nem todos os dados de reanálise incluem observações de estações meteorológicas e podem ser gerados inteiramente através de modelos. Uma correção de polarização deve ser completada para remover o impacto potencial de restrições observacionais ou polarização do modelo.

Quantificando o clima atual

Quantificando as Normas e Tendências Climáticas Atuais

O clima atual normal e as tendências devem ser calculados usando os dados da estação selecionada (ou dados da estação preenchidos) para o período de base escolhido (considere cobrir o clima atual normal e estender-se até as observações mais recentes). Ao calcular as normais climáticas atuais anuais e mensais e tendências, devem ser consideradas a temperatura média e a precipitação total. As definições para o cálculo destas normas e tendências são fornecidas na Tabela 1.

Índices Climáticos	Definição	Unidades
Precipitação Média Anual Total	Calculado como a soma de todas as precipitações totais observadas durante o período anual selecionado. Cada valor anual é calculado como média ao longo do período do clima normal.	mm
Precipitação Mensal	Calculado como a soma de todas as precipitações totais observadas durante o mês selecionado em um período anual. Cada valor mensal é calculado como média ao longo do período do clima normal.	mm
Temperatura média anual	Calculada como a média de todas as temperaturas médias diárias observadas durante o período anual selecionado. Cada valor anual é calculado como média ao longo do período do clima normal.	°C
Temperatura mensal	Calculada como a média de todas as temperaturas médias observadas durante o mês selecionado em um período anual. Cada valor mensal é calculado como média ao longo do período do clima normal.	°C

Os dados compilados podem então ser usados para calcular as tendências e as normais climáticas selecionadas, usando uma metodologia de análise de tendências (por exemplo, análise de regressão linear) para avaliar as mudanças observadas nas observações climáticas a longo prazo. A normal climática deve ser calculada como a média de um determinado parâmetro climático ao longo do período de referência selecionado, e a tendência climática deve ser calculada como a mudança média no parâmetro climático por período desejado. Por exemplo, a tendência climática pode ser calculada por década (ou seja, a tendência ou mudança por década) ou por ano (ou seja, a tendência ou mudança anual). A significância estatística das tendências observadas pode ser calculada através de testes estatísticos apropriados que não são influenciados por ciclos sazonais ou outros ciclos, como o teste de Mann Kendall. Pode ser útil representar graficamente os resultados normais e de tendências com as observações para melhor comunicar a variabilidade entre as observações e os resultados (ou seja, normais e tendências).

Quantificando Extremos e Tendências Climáticas Atuais

Além dos índices climáticos anuais e mensais atuais discutidos acima, devem ser calculados os extremos climáticos. Os extremos climáticos representam riscos para uma mina em todas as fases de seu ciclo de vida, influenciando o planejamento, projeto, operação e pós-fechamento e fechamento. Por exemplo, os extremos climáticos, tais como eventos de precipitação intensa, podem impactar a infraestrutura e interromper as operações devido às inundações resultantes ou à incapacidade de lidar com o excesso de água como parte do plano de gerenciamento de água existente. Os extremos climáticos também são importantes a serem considerados ao avaliar os parâmetros de projeto, especialmente quaisquer extremos climáticos que tenham sido experimentados anteriormente. Um exemplo de extremos climáticos que podem ser calculados inclui os 27 índices desenvolvidos pela Equipe de Especialistas em Detecção e Índices de Mudanças Climáticas (Expert Team on Climate Change Detection and Indices -ETCCDI). Estes índices utilizam dados diários de precipitação e temperatura para avaliar diferentes eventos extremos incluindo (mas não se limitando a) durações de períodos quentes e frios, dias quentes e frios e noites acima dos percentis do limiar, precipitação máxima de 1 e 5 dias, e durações de tempo úmido e seco (WMO 2009). Outras formas de análise de valores extremos podem ser realizadas para estimar intervalos de recorrência para eventos extremos através da análise das caudas das distribuições de probabilidade de variáveis climáticas (Charron 2016).

Quantificando a Precipitação Climática Atual e a Chuva

A mudança dos padrões de precipitação é muitas vezes uma preocupação para a indústria de mineração, pois ela muda quando, que tipo e quanta água a mina deve gerir. Os padrões de precipitação podem evoluir sobre a atual linha de base climática considerada e podem diferir dos dados históricos usados para desenvolver as suposições climáticas aplicadas no projeto da infraestrutura da mina. As minas podem considerar a mudança dos padrões de precipitação através da quantificação de variáveis e índices de precipitação, tais como:

- Precipitação Máxima Provável (PMP)
- Curvas de Intensidade-Duração-Frequência (Intensity-Duration-Frequency - IDF) e estatísticas de precipitação (distribuições máximas anuais, mensais e diárias)
- Acúmulo de neve e derretimento de neve
- Evapotranspiração e/ou evaporação

A precipitação máxima provável (PMP) é definida como "a maior intensidade de precipitação para uma determinada duração meteorologicamente possível para uma bacia hidrográfica projetada ou uma determinada área de tempestade em um determinado local em uma determinada época do ano, sem levar em conta as tendências climáticas a longo prazo" (WMO 2009). O PMP é um valor teórico que representa a maior quantidade de chuva possível em uma determinada área, em oposição a uma tempestade de projeto que representa a quantidade de chuva associada a uma probabilidade específica de ocorrência. A WMO reconhece que existe uma incerteza significativa em relação aos cálculos do PMP e recomenda que seja feita uma comparação dos valores informados. Há duas abordagens amplamente aceitas (meteorológica e estatística) para estimar o PMP. A abordagem meteorológica compara as chuvas medidas com o teor máximo de umidade ou água precipitável, enquanto a abordagem estatística utiliza as estatísticas dos eventos históricos anuais máximos de chuvas para estimar o PMP.

Os eventos pluviométricos extremos para uma gama de durações e períodos de retorno podem ser calculados usando as estatísticas pluviométricas. Os resultados são publicados como curvas de Intensidade-Duração-Frequência ou IDF. Há vários métodos disponíveis para estimar as curvas IDF. O Método dos Momentos é usado para estimar parâmetros para ajustar a Distribuição de Gumbel à duração máxima anual de 1 dia de eventos pluviométricos. A distribuição ajustada é então usada para extrair quantidades de chuva para períodos de retorno selecionados para estimar as curvas IDF de 1 dia, semelhante à metodologia da ECCC em estações de monitoramento selecionadas (EC 1990). Ao se referir às curvas IDF diárias e às estatísticas de chuva, deve ficar claro se a duração é de 24 horas (com base em observações horárias) ou de 1 dia (com base em observações horárias ou diárias). A pluviosidade de 24 horas é calculada como a pluviosidade máxima durante um bloco móvel de 24 horas enquanto a precipitação de 1 dia é calculada como a precipitação máxima durante um período fixo (normalmente da meia-noite de um dia até a meia-noite do dia seguinte). Devido às diferenças no método de cálculo, existem tipicamente diferenças nos valores, sendo a precipitação de 24 horas mais alta (já que o bloco em movimento permite maior captura de tempestades).

As curvas IDF sub-diárias e as estatísticas pluviométricas podem ser estimadas utilizando observações de hora em hora, se disponíveis. Os totais de precipitação sub-dia para as durações desejadas (1 hora a 24 horas) são derivados e então pode ser aplicada uma metodologia similar às curvas e estatísticas diárias do IDF. As curvas IDF de múltiplos dias e estatísticas de precipitação podem ser estimadas usando observações horárias ou diárias derivando totais de múltiplos dias para precipitação para as durações desejadas (por exemplo, de 2 dias a 120 dias) e depois aplicando a mesma metodologia que para a duração diária. Além disso, o ECCC fornece curvas IDF sub-diárias em algumas estações meteorológicas para períodos de retorno selecionados (EC 1990).

Ao contrário das chuvas, a queda de neve não produz necessariamente um efeito imediato. Uma queda de neve individual pode ser menor que um evento pluviométrico (com base na intensidade equivalente da água), entretanto, um acúmulo de quedas de neve durante um longo período pode derreter relativamente rápido e produzir um efeito maior do que qualquer evento pluviométrico individual. Assim, é importante compreender a probabilidade de ocorrência de grandes acúmulos de neve e eventos de derretimento associados. Quando o acúmulo de neve é medido, isto pode ser feito de forma semelhante às curvas IDF (usando valores máximos anuais para acúmulos de neve e derretimentos ajustados às distribuições de Gumbel); quando o acúmulo de neve não é medido, devem ser usadas estimativas de acúmulo de neve e derretimento com base na precipitação e temperatura (EC 1983) para obter valores máximos anuais para acúmulo de neve e derretimento.

A evaporação e a transpiração podem ocorrer simultaneamente. A evapotranspiração é útil para definir o escoamento (runoff) e é usada em estudos hidrológicos e também é um parâmetro-chave para entender como a evaporação de lagos e cavas pode ser uma perda significativa de água. Os principais parâmetros climáticos que afetam a evapotranspiração são temperatura do ar, radiação solar, umidade e velocidade do vento, sendo a temperatura do ar normalmente a variável independente dominante. Para muitos locais podem não estar disponíveis observações de radiação solar, umidade e velocidade do vento. Um evaporímetro pode ser usado para estimar a evaporação do lago, mas as observações para este parâmetro também podem ser limitadas. Estão disponíveis métodos para estimar a evapotranspiração com base em temperatura do ar, como a equação de Hargreaves (Food and Agriculture Organization [FAO] 2006) e a equação de Thornthwaite (EC 1983). Os especialistas devem descrever como a evapotranspiração é observada ou calculada como parte da linha de base.

Projetando o clima futuro

As projeções climáticas futuras são importantes para entender como o clima é projetado para mudar a partir do período de referência climática selecionado. O clima futuro é normalmente projetado usando modelos climáticos que envolvem a representação matemática das interações da terra, do mar e da atmosfera durante um longo período de tempo.

O Quinto Relatório de Avaliação (AR5) é a síntese completa mais atual das informações relativas à mudança climática no momento da finalização deste guia (final de 2020). As projeções climáticas devem ser realizadas utilizando os Relatórios de Avaliação do IPCC (ARs) mais atualizados.

Os dados de projeção climática futura estão disponíveis em cerca de 30 Modelos Climáticos Globais (Global Climate Models - GCMs), que abrangem todo o globo, cobrindo quatro vias de concentração representativas (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 e RCP8.5) na AR5. O Projeto Intercomparação de Modelos Acoplados 5 (Coupled Model Intercomparison Project 5 - CMIP5) promove um conjunto padrão de simulações de modelos para facilitar a comparação de execuções de modelos e fornece um portal de dados onde as saídas de GCM podem ser obtidas. Dados de projeção climática futura também estão disponíveis em escala global para os GCMs e cenários de emissão (cenários SRES) usados no AR4, mas não são discutidos aqui além de ligar os cenários de emissão no AR4 aos RCPs no AR5.

As projeções modelo são resumidas para a magnitude da mudança a partir da linha de base do regime climático para diferentes horizontes temporais, mais comumente para as condições atuais simuladas, horizontes temporais de meados do século ou 2050 (2041 a 2070) e horizontes temporais de fim de século ou 2080 (2071 a 2100).

Todos os modelos climáticos são baseados nos mesmos princípios físicos e cada um simula uma resposta plausível à mudança imposta na forçagem radiativa. Dada a incerteza de como as emissões futuras irão evoluir, é necessário considerar uma série de opções que nos dão informações sobre o possível alcance do clima futuro. Devido a essas incertezas, o IPCC recomenda que as avaliações da mudança climática utilizem tantos modelos quanto possível, ou um "conjunto de vários modelos". Por esta razão, o conjunto de vários modelos é tipicamente usado para delinear a gama provável de resultados e capturar melhor o resultado real (um desconhecido inerente) melhorando a confiança na gama as projeções climáticas potenciais futuras. Uma lista de fontes de projeção climática futura está incluída no Apêndice C com uma descrição detalhada de cada uma delas.

Projeções regionais da mudança climática

Embora a mudança climática seja um fenômeno global, seus efeitos são sentidos de forma diferente inter-regionalmente e trans-regionalmente. Para uma avaliação climática detalhada, as projeções regionais da mudança climática devem ser usadas como a disponibilidade de alta resolução espacial (na ordem de 10 km ao invés de 100 km em GCMs) pode proporcionar uma melhor representação do local para estudos detalhados. Além disso, a disponibilidade de dados diários em escala reduzida permite uma melhor caracterização dos extremos climáticos, especialmente para precipitação.

As projeções regionais da mudança climática estão disponíveis em muitas fontes de dados, conforme listado no Apêndice C.

Métodos de Redução da escala de Incerteza da Mudança climática

O descasamento espacial e temporal entre os resultados dos GCMs e os requisitos de dados da avaliação de risco da mudança climática é uma consideração fundamental ao analisar o clima projetado para um site de mina em escala local. Portanto, é necessário realizar algum pós-processamento para conciliar esse descompasso ou comunicar claramente sua presença nos resultados da avaliação de risco climático. Consequentemente, a redução de escala dinâmica (modelos climáticos regionais) e a redução de escala estatística foram desenvolvidas para atender a estas exigências (Chen et al. 2011). O redução de escala dinâmica requer modelos climáticos regionais de alta resolução que são impulsionados por simulações de GCMs para simular dinamicamente processos climáticos em escala regional ou local.

Os modelos climáticos regionais têm uma resolução espacial mais alta que lhes permite representar melhor a topografia subjacente e alguns dos processos físicos regionais e locais, com os modelos de maior resolução capazes de incluir esquemas de convecção. A redução de escala dinâmica pode, no entanto, ser sensível a viés de grande escala e pode ser cara. O redução de escala estatística usa técnicas baseadas em estatísticas para determinar a relação entre as variáveis climáticas observadas localmente e os preditores/padrões climáticos de larga escala dos GCMs (NCAR 2019; Princeton University 2019). Estas relações são então aplicadas aos resultados do GCM para estimar um clima regional ou local.

Cada abordagem tem vantagens e restrições, entretanto, ambas as metodologias produzem resultados comparáveis na simulação do clima atual e devem, portanto, ser consideradas abordagens complementares para a redução de escala do clima regional (Canadian Standards Association 2010).

Projetando futuros extremos climáticos

Os modelos climáticos muitas vezes deturpam os extremos climáticos especialmente no que diz respeito à precipitação devido a limitações nas resoluções espaciais e temporais necessárias para representá-los. Devido a isso, os extremos podem não ser totalmente capturados e muitas vezes são descritos em termos de uma mudança a partir da linha de base para minimizar o viés potencial em valores absolutos das projeções do modelo climático. Os futuros extremos climáticos são projetados usando projeções diárias de temperatura e precipitação a partir dos dados disponíveis. Como cada modelo tem uma linha de base única, os cálculos devem ser completados para cada modelo e depois estatísticas fornecidas para descrever a gama de projeções sobre o conjunto de vários modelos.

Projetando Precipitação Climática Futura e Chuvas

A Associação Canadense de Normas (2010) observou que "Em um esforço para obter estimativas quantitativas de chuva de curta duração foram desenvolvidas várias técnicas de redução de escala estatística e técnicas de análise para melhor atender às necessidades de projeto, profissionais de gestão recursos hídricos e águas pluviais. Entretanto, não há uma metodologia de pesquisa padrão ou aceita para determinar como a futura precipitação sub-diária extrema poderia mudar de intensidade e frequência em locais pontuais ou em uma pequena área no clima futuro".

No entanto, de acordo com a metodologia climática atual, a mudança de precipitação pode ser considerada examinando como o PMP, as curvas IDF e as estatísticas de precipitação, o acúmulo e derretimento de neve, e a evapotranspiração são projetados para mudar sob condições climáticas futuras. A metodologia de clima do futuro para projetar PMP e a evapotranspiração potencial futura é a mesma

que a metodologia climática atual, mas aplicada às projeções climáticas diárias futuras. A metodologia para projetar as curvas IDF do clima futuro e as estatísticas pluviométricas é um pouco mais desafiadora.

Os modelos climáticos ainda não são capazes de resolver completamente os processos convectivos responsáveis pela geração de quantidades extremas de precipitação em escalas espaciais mais finas e que contribuem para a precipitação extrema em sistemas sinópticos de maior escala (CSA 2019). Por esta razão, as estimativas de precipitação extrema de curta duração para um local selecionado provavelmente não serão robustas (Li et al. 2019). Li et al. (2019) recomenda que seja usado um método de agrupamento para aumentar a extensão espacial da análise e capturar mais variabilidade interna nas projeções de precipitação. As projeções de estatísticas de precipitação extrema devem ser feitas analisando as mudanças percentuais nas quantidades de precipitação entre o período de linha de base modelada em redução de escala e o período futuro. As mudanças devem então ser aplicadas às estatísticas de precipitação observadas para minimizar o viés e preservar a distribuição da precipitação observada (Luo et al. 2018). Quaisquer tentativas de projetar futuros extremos de precipitação de curta duração devem reconhecer as pesquisas científicas em andamento sobre este assunto.

Para as projeções climáticas diárias de futuro com redução de escala, é essencial a contabilização adequada da distribuição das chuvas locais para capturar eventos pluviométricos extremos que são críticos para a construção das estatísticas do IDF. Uma etapa adicional de análise deve ser tomada para lidar com essas incertezas nas abordagens de redução de escala das chuvas no que diz respeito às distribuições de chuvas locais. Esta etapa adicional de análise tem o objetivo de remover o viés nas projeções ou normalizar as projeções para as observações, a fim de abordar as incertezas na contabilidade das distribuições de chuvas locais.

As projeções futuras de duração diária (1 dia) das curvas IDF e as estatísticas pluviométricas podem ser estimadas usando as projeções diárias em redução de escala para os períodos de retorno desejados. Da mesma forma, a mesma abordagem será usada para durações de vários dias para os períodos de retorno desejados. A projeção de curvas IDF de duração sub-diária e estatísticas pluviométricas requer projeções de precipitação horárias futuras, que não estão prontamente disponíveis, especialmente para projeções estatisticamente com redução de escala. Como ponto de partida, as mesmas relações entre as curvas IDF diárias e sub-diárias e as estatísticas de precipitação podem ser assumidas como aplicáveis sob condições climáticas futuras, porém, isto não permite uma mudança nos padrões de precipitação na distribuição da precipitação no futuro.

Uma abordagem em conjunto deve ser usada para todas as variáveis e índices de precipitação descritos acima para ajudar a lidar com a incerteza nas projeções, como explicado acima. As estatísticas das mudanças projetadas devem ser calculadas em todo o conjunto para descrever o alcance das anomalias projetadas nos membros do conjunto (mínimo, máximo, médio, mediano e percentil). A incerteza também pode ser examinada através da realização de análises de sensibilidade nas projeções futuras. Por exemplo, no Metro Vancouver (2018) foi realizada uma análise de sensibilidade nas projeções de chuva agrupando as mudanças projetadas por cenários RCP, métodos de redução de escala, distribuições estatísticas e índices de DOP ("frio", "quente", ou "todos" os anos). O resultado da análise apresenta a incerteza em cada etapa do processo utilizado para projetar o clima futuro.

Usando os resultados

A natureza da quantificação do clima atual e da projeção do clima futuro inclui incertezas substanciais inerentes que devem ser consideradas em um clima em mudança. A gama de valores projetados provém de três fontes principais: (1) emissões humanas desconhecidas de gases de efeito estufa, (2) variabilidade climática natural, e (3) projeções imperfeitas do modelo climático. A gama de projeções climáticas plausíveis aumenta para períodos projetados mais distantes no futuro e está sujeita a desenvolvimentos futuros. Portanto, o trabalho deve ser atualizado à medida que a nova ciência climática é desenvolvida e após o lançamento do último AR pelo IPCC.

Uma maneira de reconhecer esta incerteza é fornecer projeções futuras considerando a gama de projeções, em vez de apenas uma. A seleção de um ou um subconjunto de modelos pode aumentar o viés e reduzir o alcance das projeções. Em vez disso, pode-se supor que as projeções para a mediana do conjunto representam as condições climáticas com variabilidade natural em média, se o tamanho do conjunto for suficientemente grande, bem como o meio da gama de incerteza do modelo climático. As projeções no percentil 95 entre um grande conjunto podem ser consideradas como representando uma abordagem cautelosa em termos de variabilidade natural e incerteza do modelo climático (para um nível especificado de emissões de GEE assumidas). Ao considerar o impacto do clima futuro projetado sobre os parâmetros de projeto atuais, o nível de tolerância ao risco aceitável deve informar quais partes da gama de condições futuras são consideradas. A seleção das projeções futuras para a avaliação dos riscos da mudança climática deve ser baseada no equilíbrio entre o investimento extra e os riscos consequentes.

Portanto, é recomendável que os resultados sejam utilizados da seguinte forma:

- As projeções médias ou medianas do conjunto devem ser selecionadas como o ponto de partida em relação à avaliação de risco e ao empreendimento de aplicações de planejamento e projeto de engenharia de infraestrutura no futuro.
- Deve-se considerar a "vida do projeto e o nível futuro dos requisitos de serviço" e a seleção do horizonte de planejamento apropriado para cada componente de infraestrutura (ou seja, 2050 e 2080s).
- Para infraestrutura crítica, a seleção de projeções futuras no extremo superior da faixa deve ser considerada. Por exemplo, para a infraestrutura crítica, cuja falha é considerada inaceitável, um percentil 90 ou 95 poderia ser considerado acima do típico percentil 50.
- Se for identificado um risco para um componente de infraestrutura para a área, então uma análise mais refinada deve ser feita para definir melhor os riscos considerando a faixa de valores projetada.
- Ao considerar uma ação para abordar um risco potencial identificado, deve-se considerar a seleção a partir da faixa projetada de valores através de uma análise de tomada de decisão. Há diferentes métodos de análise que podem ser usados para fins de tomada de decisão. Se os custos e benefícios das opções de adaptação podem ser monetizados, é preferível uma análise de custo-benefício. Se os benefícios das opções de adaptação podem ser quantificados, mas não expressos em termos monetários, enquanto que os custos podem ser quantificados em termos monetários, é preferível uma análise de custo-benefício. Se os custos e benefícios não puderem ser expressos em termos monetários ou se critérios não monetários como fatores ambientais ou sociais forem a prioridade, recomenda-se uma análise multicritério/multi-agentes. Em todos os outros casos, uma abordagem econômica é muito difícil de aplicar, e outras abordagens podem precisar ser consideradas.
- Se um subconjunto de modelos ou RCPs for utilizado, então devem ser documentados a razão, o viés e o impacto sobre a avaliação.

Referências

- Anderson C. e William G.A. 2018. Accounting for missing data in monthly temperature series: Testing rule-of-thumb omission of months with missing values. *International Journal of Climatology*, 38:4990-5002. <https://doi.org/10.1002/joc.5801>
- Canadian Standards Association (CSA). 2010. Draft Standard Plus 4013 Technical Guide Development, interpretation and use of rainfall intensity-duration-frequency (IDF) information: Guideline for Canadian water resources practitioners.
- Canadian Standards Association (CSA). 2019. Draft Standard Plus 4013:19. Technical Guide Development, interpretation and use of rainfall intensity-duration-frequency (IDF) information: Guideline for Canadian water resources practitioners.
- Charron, I. 2016. A Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions, 2016 Edition. Ouranos, 94p. Retrieved from <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Guidebook-2016.pdf>
- Chen, J., Brissette, F. P. e R. Leconte. 2011. Uncertainty of downscaling method in quantifying the impact of climate change on hydrology. *Journal of Hydrology*, 401: 190-202.
- Environment and Climate Change Canada (ECCC). 2017. Canadian Climate Normals 1981 – 2010. Available at http://climate.weather.gc.ca/climate_normals/. Accessed February 21, 2019.
- Environment Canada (EC). 1983. Water Balance Tabulations for Canadian Climate Stations. K. Johnstone and P.Y.T. Louie, Hydrometeorology Division, Canadian Climate Centre, Atmospheric Environment Services. DS#8-83.
- Environment Canada (EC). 1990. Rainfall Intensity-Duration-Frequency Values Quaqtaq, Quebec, 7116270.
- Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). 2017. Climate Indices. Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). Available at <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>. Accessed April 2017.
- Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). 2017. Climate Indices. Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). Available at <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>. Accessed 2018.
- Government of Canada. 2019. Permafrost. Available at <https://open.canada.ca/data/en/dataset/dc7107c0-8893-11e0-aa10-6cf049291510>. Accessed January 2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved in 2018 from <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Li C., Zwiers F., Zhang X. and Li G. 2019. How much information is needed to constrain local estimates of future precipitation extremes? *Earth's Future*, 7, 11-24. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2018EF001001>.

Luo M., Liu T., Meng F., Duan Y., Frankl A., Bao A., De Maeyer P. 2018. Comparing Bias Correction Methods used in Downscaling Precipitation and Temperature from Regional Climate Models: A Case Study from the Kaidu River Basin in Western China. *Water*, 2018, 10(1046). <https://doi.org/10.3390/w10081046>.

Metro Vancouver. 2018. Study of the Impacts of Climate Change on Precipitation and Stormwater Management. Reference No. 11140666.

National Center for Atmospheric Research (NCAR). 2019. What is downscaling? NCAR's GIS Program Climate Change Scenarios GIS data portal. Available at <https://gisclimatechange.ucar.edu/question/63>. Accessed January 2019. National Centers for Environmental Information (NOAA). 2019. Reanalysis. Available at <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/reanalysis>. Accessed January 2019.

Princeton University. 2019. Climate Model Downscaling. Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. Available at <https://www.gfdl.noaa.gov/climate-model-downscaling/>. Accessed January 2019.

Thibault S and Payette S. 2009. Recent permafrost degradation in bogs of the James Bay area, northern Quebec, Canada. *Permafrost and Glacial Processes*, 20(4):383-389. DOI: 10.1002/ppp.660.

University Corporation for Atmospheric Research (UCAR). 2019. Atmospheric Reanalysis: Overview & Comparison Tables. Available at <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/atmospheric-reanalysis-overview-comparison-tables>. Accessed January 2019.

World Meteorological Organization. (1989) Calculation of monthly and annual 30-year standard normals. Washington, DC: World Meteorological Organization. Technical report: WMO-TD No. 341, WCDP-10.

World Meteorological Organization (WMO). 2008. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations (Updated in 2010). WMO-No. 8.

World Meteorological Organization (WMO). 2009. Guidelines on Analysis of Extremes in a Changing Climate in Support of Informed Decisions for Adaptation. World Meteorological Organization (WMO). Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72.

Zhang Y, Chen W, Riseborough DW. 2008. Transient projections of permafrost distribution in Canada during the 21st century under scenarios of climate change. *Global and Planetary Change*, 60:443-456. DOI: 0.1016/j.gloplacha.2007.05.003.

Anexo C: Fontes de dados da mudança climática

Sigla	Definição
■ ADAS	■ Sistema de Assimilação de Dados Atmosféricos
■ AR	■ Relatório de avaliação ■ Publicado pelo IPCC, composto pela avaliação científica e técnica completa da mudança climática
■ AR4	■ Quarto Relatório de Avaliação Publicado pelo IPCC
■ AR5	■ Quinto e atual Relatório de Avaliação Publicado pelo IPCC
■ BCSD	■ Desagregação Espacial de Correção de Viés
■ BCCAQ	■ Correção de viés/analógicos construídos com reordenação do mapeamento de quantidades
■ CCCS	■ Centro Canadense de Serviços Climáticos
■ CCDP	■ Portal de Dados sobre Mudança Climática do Canadá
■ CMIP3	■ Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado I Fase 3
■ CMIP5	■ Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado Fase 5
■ CORDEX	■ Experimento de Redução de escala climática regional Coordenada
■ CRIM	■ Instituto de Pesquisa de Computadores de Montreal
■ ECCC	■ Meio Ambiente e Mudança Climática Canadá
■ ETCCDI	■ Equipe de especialistas em Detecção e Índices da Mudança Climática
■ GCM	■ Modelos climáticos globais
■ GHCN	■ Rede Global de Climatologia Histórica
■ GEOS-5	■ Modelo do Sistema de Observação da Terra Goddard Versão 5
■ HadGEM2-ES	■ Hadley Global Environment Model 2 Earth System
■ Curvas IDF	■ Curvas de Intensidade-Duração-Frequência
■ IPCC	■ Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
■ NASA	■ Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço
■ NEX-GDDP	■ NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections
■ NRCan	■ Recursos naturais do Canadá
■ OCDP	■ Portal de Dados Climáticos de Ontário
■ PCC	■ Centro Climático da Pradaria
■ PCIC	■ Consórcio Pacific Climate Impacts
■ RCM	■ Modelo Climático Regional
■ RCP	■ Rota de concentração representativa
■ SNAP	■ Rede de Cenários para o Alasca e o Planejamento do Ártico
■ SSHRC	■ Conselho de Pesquisa em Ciências Sociais e Humanidades do Canadá
■ WCRP	■ Programa Mundial de Pesquisa Climática

Fontes de dados climáticos atuais e históricos

Como discutido no **Apêndice B**: Metodologia detalhada para o desenvolvimento de linhas de base e conjuntos de dados climáticos projetados, a fim de estabelecer uma linha de base climática, devem ser obtidas observações meteorológicas diárias contínuas de longo prazo das estações climáticas no site ou na mesma região da mina. As tabelas 1 e 2 incluem uma lista de fontes de dados climáticos observados disponíveis publicamente, com foco em recursos federais, provinciais e territoriais específicos do Canadá. As fontes de dados fornecidas são as fontes de dados mais relevantes e podem não capturar todas as fontes disponíveis. Além das fontes de dados climáticos observados, duas fontes de dados de reanálise regional em grade também foram incluídos. Os dados de reanálise assimilam um grande número de observações de múltiplas fontes para produzir um quadro de longo prazo do clima em uma determinada área. Estes dados podem ser usados se uma estação meteorológica escolhida não atender aos critérios de preenchimento de dados descritos com mais detalhes no **Apêndice B**.

Conforme descrito no **Anexo B**, ao selecionar uma fonte de dados para os dados climáticos observados, os seguintes fatores devem ser considerados para garantir que as observações mais apropriadas sejam utilizadas:

- Disponibilidade de observações (duração do registro, sugere-se um mínimo de 20 anos, mas 30 anos é preferível, quando possível)
- Disponibilidade de um registro contínuo
- Área geográfica disponível
- Resolução temporal (ou seja, diária, mensal, anual)
- Variáveis disponíveis (i.e., temperatura, precipitação)

É importante observar que a disponibilidade de observações pode variar consideravelmente entre estações meteorológicas dentro de uma determinada fonte de dados, e outros critérios de seleção devem ser considerados ao selecionar estações meteorológicas e foram fornecidos no Apêndice B.

Além disso, a Tabela 3 fornece uma lista de fontes de dados observados para os dados *permafrost* na América do Norte. Esta informação é importante considerar se uma mina está localizada em regiões *permafrost*, particularmente se a integridade estrutural da infraestrutura depende do *permafrost*.

Tabela 1: Fontes de dados climáticos observados canadenses e internacionais

Detalhes	Arquivo Nacional de Dados e Informações Climáticas (Governo do Canadá)	Dados Climáticos Canadenses Ajustados e Homogeneizados (AHCCD) Dataset	ClimateData.ca	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA)	Datasets de Engenharia Climática (Governo do Canadá)
Descrição	<ul style="list-style-type: none"> Fornecer dados climáticos históricos de estações meteorológicas atuais e passadas em todo o Canadá. 	<ul style="list-style-type: none"> Os dados climáticos canadenses ajustados e homogeneizados (AHCCD) são conjuntos de dados da estação climática que incorporam ajustes (derivados de procedimentos estatísticos) para os dados históricos originais da estação para contabilizar as descontinuidades de fatores não-climáticos, tais como mudanças de instrumentos ou realocação da estação. O AHCCD foi desenvolvido para uso em pesquisas climáticas, incluindo estudos sobre mudanças climáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Portal de dados online que fornece acesso aos dados meteorológicos diários do ECCC e normais climáticas 	<ul style="list-style-type: none"> Fornecer dados climáticos históricos disponíveis publicamente através da Global Historical Climatology Network (GHCN) - Banco de dados diário de estações meteorológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Fornecer conjuntos de dados históricos climáticos de engenharia de estações meteorológicas atuais e passadas em todo o Canadá.
Variáveis	<p>De hora em hora:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura (°C) Temperatura do ponto de orvalho (°C) Umidade relativa (%) Direção do vento (10's deg/ dezenas de graus) Velocidade do vento (km/h) Visibilidade (km) Pressão da estação (kpa) Humidex (ou índice de temperatura-umidade) Vento frio (Windchill) <p>Diário/Mensal:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura máxima (°C) Temperatura mínima (°C) Temperatura média (°C) Graus-dia de aquecimento Graus-dia de refrigeração Chuva total (mm) Neve total (cm) Precipitação total (mm) Neve no chão (cm) Direção da rajada máxima (10's de graus/ tens de graus) Velocidade de rajada máxima (km/h) 	<p>Diariamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura máxima, mínima e média da superfície do ar (°C) Chuva, queda de neve e precipitação total (mm) <p>Mensal/ Sazonal/ Anual/ Tendências:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura máxima, mínima e média da superfície do ar (°C) Chuva, queda de neve e precipitação total (mm) Pressão ao nível do mar (hPa), Velocidade do vento de superfície (m/s) 	<p>De hora em hora:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura (°C) Temperatura do ponto de orvalho (°C) Umidade relativa (%) Direção do vento (10's de graus/dezenas de graus) Velocidade do vento (km/h) Visibilidade (km) Pressão da estação (kPa) Humidex Vento frio <p>Diário/Mensal:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura máxima (°C) Temperatura mínima (°C) Temperatura média (°C) Graus-dia de aquecimento Graus-dia de refrigeração Chuva total (mm) Neve total (cm) Precipitação total (mm) Neve no chão (cm) Direção da rajada máxima (10's de graus/ tens de graus) Velocidade de rajada máxima (km/h) 	<p>Mais de 40 elementos meteorológicos disponíveis, incluindo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura mínima (°F ou °C) Média temperatura (°F ou °C) Temperatura máxima (°F ou °C) Precipitação (mm ou polegadas) Queda de neve (mm ou polegadas) Evaporação (mm ou polegadas) Velocidade do vento (m/s ou milhas/hora) Curvas IDF 	<ul style="list-style-type: none"> Curvas IDF (atualizadas a cada dois anos, dependendo da disponibilidade de dados) Datasets Canadenses de Energia e Engenharia Meteorológica (CWEEDS) Ano Meteorológico Canadense para Cálculo de Energia (CWECC)

Detalhes	Arquivo Nacional de Dados e Informações Climáticas (Governo do Canadá)	Dados Climáticos Canadenses Ajustados e Homogeneizados (AHCCD) Dataset	ClimateData.ca	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA)	Datasets de Engenharia Climática (Governo do Canadá)
Detalhes Variáveis	Os padrões incluem 19 variáveis disponíveis, incluindo: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura média diária (°C) Temperatura máxima diária (°C) Temperatura mínima diária (°C) Precipitação (mm) 		<ul style="list-style-type: none"> Os padrões incluem 19 variáveis disponíveis, incluindo: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura média diária (°C) Temperatura máxima diária (°C) Temperatura mínima diária (°C) Precipitação (mm) As curvas IDF também são fornecidas pela ECCC/MSCC 		
Área geográfica	Canadá	Canadá	Canadá	Global (focado nos Estados Unidos)	Canadá
Período de tempo¹	<ul style="list-style-type: none"> A busca permite de 1840 - Presente Normais climáticas disponíveis para 1981 - 2010 	1840 - Presente	<ul style="list-style-type: none"> 1840 - Presente Normais climáticas do MSC disponíveis para 1981-2010 	<ul style="list-style-type: none"> Resumos diários disponíveis a partir de 1900 - Presentes Normais climáticas disponíveis para 1981-2010 	Varia entre as variáveis
Resolução Temporal	Horário, Diário, Mensal, Normal (médias de 30 anos)	Diariamente, Mensalmente, Sazonalmente	Diário, Horário, Mensal, Normal (médias de 30 anos)	Horário, Diário, Mensal, Sazonal, Anual, Normal	Não Aplicável
Resolução Espacial	Não Aplicável - dados da estação de monitoramento	<ul style="list-style-type: none"> Não Aplicável - dados da estação de monitoramento 	<ul style="list-style-type: none"> Não, os dados da estação são locais de pontos 	<ul style="list-style-type: none"> Não Aplicável - dados da estação de monitoramento 	Não Aplicável
Formato dos dados	<ul style="list-style-type: none"> CSV XML 	<ul style="list-style-type: none"> CSV GeoJSON 	<ul style="list-style-type: none"> CSV JSON 	<ul style="list-style-type: none"> Mapa interativo CSV <p>Nota: Os dados não podem estar em um formato padronizado</p>	<ul style="list-style-type: none"> PDF Documento de texto Arquivo PNG
Desenvolvido por	Governo do Canadá	ECCC	Colaboração entre: <ul style="list-style-type: none"> ECCC Instituto de Pesquisa de Computadores de Montreal (CRIM) Ouranos Consórcio Pacific Climate Impacts (PCIC) Centro Climático da Pradaria (PCC) HabitatSeven 	Departamento de Comércio, Governo dos Estados Unidos da América	Governo do Canadá
Link	http://climate.weather.gc.ca/historical_data/search_historica_data_e.html	http://climate-scenarios.canada.ca/?page=homogenized-data	https://climatedata.ca/	https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datasets	http://climate.weather.gc.ca/prods_servs/engineering_e.html

1. A disponibilidade de observações pode variar consideravelmente entre as estações meteorológicas.

Tabela 2: Fontes de dados de reanálise

Detalhes	Reanálise Regional Norte-Americana (NARR)	Análise Retrospectiva Modern-Era para Pesquisa e Aplicações, Versão 2 (MERRA-2)
Descrição	Fornecer dados de reanálise regional em grade para a América do Norte.	Uma base de dados de reanálise atmosférica em grade da NASA usando o Modelo de Sistema de Observação da Terra Goddard Versão 5 (GEOS-5) com seu Sistema de Assimilação de Dados Atmosféricos (ADAS) Versão 5.12.4.
Variáveis	A lista de variáveis disponíveis inclui: <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura (K) ■ Umidade específica (kg/kg) ■ Vento (m/s) ■ Precipitação total (kg/m²) 	A lista de variáveis disponíveis inclui: <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura (°C) ■ Precipitação (mm) ■ Velocidade do vento (m/s) ■ Cobertura de neve (tanto o armazenamento total de neve em terra (kg/m²) quanto a área fracionária da terra) ■ Profundidade da neve (m)
Área geográfica	América do Norte	Global
Período de tempo¹	1979 até o presente	1980 até o presente
Resolução Temporal	Sub-diariamente, Diariamente	Sub-diariamente, Diariamente
Resolução Espacial	~32 km	50 km
Formato dos dados	NetCDF	NetCDF
Desenvolvido por	<ul style="list-style-type: none"> ■ Administração Nacional Oceânica e Atmosférica ■ Departamento de Comércio, Governo dos Estados Unidos da América 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (NASA) ■ Escritório Global de Modelagem e Assimilação
Link	https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/north-american-regional-reanalysis-narr	https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/

1. A disponibilidade de observações pode variar consideravelmente entre as estações meteorológicas.

Tabela 3: Fontes de dados climáticos provinciais/territoriais observados

Detalhes	BC Station Data Portal (Consórcio de Impactos Climáticos do Pacífico)	Visualizador de dados atuais e históricos da Estação Meteorológica de Alberta	IDF Curve Lookup (Ministério dos Transportes de Ontário)
Descrição	<ul style="list-style-type: none"> ■ O portal fornece dados brutos de uma variedade de fontes para dados atuais e históricos. <ul style="list-style-type: none"> ● As fontes incluem: <ul style="list-style-type: none"> ● BC Ministério do Meio Ambiente, Agricultura, Transportes e Infra-estrutura ● BC Hidro ● ECCC 	Dados atuais e históricos fornecidos por Alberta Agricultura e Silvicultura e Meio Ambiente e Parques.	A ferramenta Curve Lookup do IDF é uma aplicação baseada na web para a recuperação de curvas IDF.
Variáveis	<p>A lista de variáveis disponíveis inclui:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura mínima (°C) ■ Temperatura média (°C) ■ Temperatura máxima (°C) ■ Precipitação (mm) ■ Velocidade média do vento 	<p>A lista de variáveis disponíveis inclui:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Precipitação (mm) ■ Precipitação acumulada (mm) ■ Temperatura (°C) ■ Temperatura mínima (°C) ■ Temperatura máxima (°C) ■ Umidade relativa a 2m (%) (apenas por hora) ■ Velocidade do vento a 2 e 10m (km/h) ■ Direção do vento a 2m (deg) ■ Velocidade do vento a 10m (km/h) ■ Unidades de calor de milho ■ Unidades de calor de batata ■ Dias de crescimento (5°C) ■ Evapotranspiração de referência (mm) ■ Probabilidade de congelamento 0°C (%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Curvas IDF ■ Intensidade das chuvas (mm/hora) ■ intensidade de precipitação (mm)
Área geográfica	Columbia Britânica	Alberta	Ontário
Período de tempo¹	Resumos diários disponíveis a partir de 1870 até o presente	A busca permite de 2004 até o presente	Varia de acordo com a localização
Resolução Temporal	Horário, Diariamente, Semi-Diariamente	Horário (a partir de 2008), Diário, Mensal, Anual	2 anos, 5 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos, 100 anos de duração para 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 6 horas, 12 horas, 24 horas
Resolução Espacial	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Formato dos dados	Mapa interativo NetCDF, CSV/ASCII, MS Excel 2010	CSV	Os dados não podem ser baixados, apenas mostrados na página web
Desenvolvido por	Consórcio Pacific Climate Impacts (PCIC)	Serviço de Informação Climática de Alberta (ACIS)	Ministério dos Transportes de Ontário 2016
Link	https://data.pacificclimate.org/portal/pcds/map/	https://agriculture.alberta.ca/acis/alberta-weather-data-viewer.jsp	http://www.mto.gov.on.ca/IDF_Curves/terms.shtml

1. A disponibilidade de observações pode variar consideravelmente entre as estações meteorológicas. Nota: Os conjuntos de dados que são fornecidos por outras províncias e territórios dependem do ECCC

Tabela 4: Fontes de dados observados de Permafrost

Detalhes	Portal Ártico	Nunavut Permafrost Databank	Centro Nacional de Dados sobre a Neve e o Gelo (NSIDC)	Rede de Cenários para o Alasca e Dados de Planejamento do Ártico (SNAP)
Descrição	Cobre uma ampla gama de condições ambientais, incluindo o monitoramento permafrost observado nas regiões árticas e sub-árticas.	Contém informações permafrost para a Nunavut, apresentando pesquisas que foram conduzidas para áreas específicas em todo o território.	O centro fornece dados para muitas regiões, com variáveis específicas para a criosfera.	O portal de dados inclui conjuntos de dados sobre profundidade permafrost e espessura da camada ativa através do Projeto LandCarbon do Alasca.
Variáveis	<ul style="list-style-type: none"> ■ Extensão permafrost ■ Classificação Permafrost (contínuo, descontínuo) ■ Extensão de gelo marinho 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura ■ Profundidade do permafrost 	Muitas variáveis estão disponíveis dependendo da região, inclusive: <ul style="list-style-type: none"> ■ Espessura do permafrost ■ Camada ativa ■ Temperatura do ar ■ Profundidade da neve 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Espessura permafrost ■ Espessura da camada ativa
Área geográfica	Global	Nunavut, Canadá	América do Norte	Alasca
Período de tempo	Varia entre a pesquisa	Varia entre a pesquisa	1 de janeiro de 1965 a 31 de dezembro de 1997	Varia entre a pesquisa
Resolução Temporal	Varia entre a pesquisa	Varia entre a pesquisa	Não Especificado	Varia entre a pesquisa
Formato dos dados	Mapas Interativos, Shapefile, KML	Mapa interativo	Texto ASCII	IMG
Desenvolvido por	Associação Internacional Permafrost	Centro de Mudança Climática de Nunavut	Centro Nacional de Dados sobre Neve e Gelo	Rede de Cenários para o Alasca e o Planejamento do Ártico
Link	https://gtnp.arcticportal.org/	http://climatechange.nunavut.ca/en/mudancas-climaticas/banco-de-dados-nunavut-permafrost-	https://nsidc.org/data/search/#palavras-chave=permafrost/sortKeys=pontuação,,desc/facetFilters=%257B%257D/pageNumber=1/itemsPerPage=25 https://nsidc.org/data/GGD503/versões/1	http://ckan.snap.uaf.edu/dataset/depth-to-permafrost-alaska-landcarbon-project http://ckan.snap.uaf.edu/dataset/active-layer-thickness-alaska-landcarbon-project

Futuras fontes de dados climáticos

As projeções climáticas futuras são importantes para entender como o clima é projetado para mudar a partir da linha de base climática. As Tabelas 6 a 10 listam fontes de dados de mudanças climáticas futuras para o Canadá em nível nacional e provincial, assim como exemplos internacionais. Similar às fontes de dados atuais e históricas, a seleção das fontes de dados para o clima futuro deve considerar os critérios listados na Tabela 5.

Tabela 5: Considerações ao selecionar futuras fontes de dados climáticos.

Considerações	Descrição
Ciência Climática	As fontes de dados devem estar utilizando a ciência climática mais atualizada. Por exemplo, o AR5 do IPCC é a síntese mais atual das informações e projeções da mudança climática no momento da impressão
Número de modelos	O uso de um conjunto de vários modelos para evitar a tendência dentro de um modelo individual (IPCC 2013; Charron 2016).
Resolução Espacial	Uma resolução mais fina pode permitir uma melhor captura do terreno, mas a redução de escala pode não fornecer informações adicionais (Charron 2016). A inclusão de conjuntos de dados reduzidos acrescenta outra camada de incerteza associada com o método de redução utilizado.
Cenários de emissões	Os dados devem estar disponíveis para vários cenários de emissão como RCP2.6, 4.5, 6.0, ou 8.5 baseados no AR5 do IPCC.
Período de tempo	Os dados disponíveis devem cobrir os períodos de tempo apropriados, dependendo do tempo de vida de uma mina, quanto tempo a mina estará em operação até pós-encerramento. Os períodos de tempo futuros devem corresponder à duração do clima período de referência (Charron 2016).
Formato dos dados	Nem todos os formatos de dados são facilmente acessíveis para processamento direto e requerem algum pós-processamento para extrair as informações de interesse (ou seja, os arquivos NetCDF requerem um conjunto de bibliotecas de software para acessar os dados).

Como discutido no **Anexo B**, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é geralmente considerado como a fonte definitiva de informações relacionadas às mudanças climáticas passadas e futuras, assim como à ciência climática. O IPCC fornece uma fonte comum de informações relacionadas a cenários de emissões, avaliação e a atribuição das mudanças climáticas observadas e projetadas e recomenda abordagens para documentar as projeções climáticas futuras. O IPCC emite relatórios de avaliação que resumem o estado mais atual da ciência climática. O Quinto Relatório de Avaliação (AR5) foi lançado em 2013 e é a síntese completa mais atual das informações relativas às mudanças climáticas e, portanto, recomenda-se que as fontes de dados utilizem as projeções AR5.

Ao selecionar uma futura fonte de dados climáticos, é importante considerar o número de modelos utilizados, o número de cenários de emissão disponíveis e a cobertura geográfica. Todos os modelos climáticos são baseados nos mesmos princípios físicos e cada um simula uma resposta plausível à

mudança imposta no forçamento radiativo. Dada a incerteza de como as emissões futuras irão evoluir, é necessário considerar um número de opções que nos dão informações sobre o possível alcance do clima futuro. Devido a essas incertezas, o IPCC recomenda que as avaliações da mudança climática utilizem o maior número possível de modelos, ou um conjunto de vários modelos. Por esta razão, a abordagem do conjunto de vários modelos deve ser usada para delinear a gama provável de resultados e capturar melhor o resultado real (um desconhecido inerente).

Por exemplo, o Centro Canadense de Serviços Climáticos usou dados preparados pelo Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC) para fornecer aos tomadores de decisão acesso a cenários climáticos estatisticamente reduzidos em escala em todo o Canadá. Os resultados reduzidos em escala para projeções climáticas futuras são baseados nas projeções do Modelo Climático Global (GCM) do Modelo Acoplado do Projeto Intercomparativo Fase 5 (CMIP5) para um conjunto multimodelo de 24 GCMs. Elas fornecem variáveis climáticas (temperatura mínima e máxima, e precipitação) para um período simulado entre 1950 e 2100 para RCP2.6, 4.5 e 8.5.

É importante observar que as fontes de dados listadas abaixo têm níveis variáveis de revisão, dependendo se são fornecidas por pesquisadores independentes ou por organizações regulamentadas. O campeão ambiental ou o especialista em meteorologia/clima deve estar envolvido para ajudar a completar a seleção da fonte de dados.

Tabela 6: Fontes de dados canadenses sobre mudança climática futura - Nacional

Detalhes	Dados e Cenários Climáticos Canadenses (CCDS)	ClimateData.ca	Consórcio Pacific Climate Impacts (PCIC)
Descrição	<ul style="list-style-type: none"> ■ Uma interface fornecida pelo Governo do Canadá oferece uma gama de produtos incluindo cenários de conjuntos de vários modelos baseados em 29 modelos climáticos globais CMIP5, cenários estatisticamente reduzidos em escala baseados em 24 modelos, e conjuntos de dados derivados. ■ A redução em escala estatística é baseada na Correção/Construtiva de Polarização Análogos com mapeamento Quantile versão 2 (BCCAQv2). ■ Uma gama de percentis é disponibilizada para conjuntos de vários modelos oferecidos no site, incluindo 25°, 50° e 75° percentis. ■ Pode ser acessado através do Canadian Centre for Climate Services (CCCS). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Portal de dados on-line que fornece ferramentas interativas de visualização e extração de dados e conjuntos de dados da ANUSPLIN e BCCAQv2. ANUSPLIN é um conjunto de dados observacionais em grade produzido pela Natural Resources Canada. ■ O método BCCAQv2 é desenvolvido pela PCIC para redução em escala diário de projeções do modelo climático de temperatura e precipitação. ■ Os resultados são de um conjunto de 24 modelos climáticos e incluem índices extremos, percentis 10 e 90, e um percentil 50 de médias de 30 anos para cada variável. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fornece cenários climáticos estatisticamente reduzidos em escala em todo o Canadá. ■ Dois métodos de redução de escala são utilizados: <ul style="list-style-type: none"> ● Desagregação Espacial de Correção de Viés (BCSD) ● Correção de Polarização / Construídos Análogos com Reordenação de Mapeamento de Quantile (BCCAQ) ■ Os resultados reduzidos em escala são baseados em projeções de GCM do CMIP5 e em dados climáticos históricos da grade para até 27 GCMs. ■ É fornecido um subconjunto que captura 90% da faixa em variáveis de temperatura projetada e de precipitação consistindo em 12 GCMs.

Detalhes	Dados e Cenários Climáticos Canadenses (CCDS)	ClimateData.ca	Consórcio Pacific Climate Impacts (PCIC)
Variáveis	Dados GCM: <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura (°C) ■ Precipitação total (%) ■ Profundidade da neve (%) ■ Espessura do gelo marinho (%) ■ Concentração de gelo marinho (%) ■ Velocidade do vento próximo à superfície (%) ■ Dados em escala reduzida: <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura média (°C) ■ Temperatura mínima diária (°C) ■ Temperatura máxima diária (°C) ■ Precipitação total (%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dia mais quente (temperatura máxima mais alta) (°C) ■ Dia mais frio (temperatura mínima mais baixa) (°C) ■ Dias de geada ■ Temperatura média (°C) ■ Temperatura mínima (°C) ■ Temperatura máxima (°C) ■ Dias de resfriamento ■ Dias com Tmin < -15°C e < -25°C ■ Dias com Tmax >25°C, >27°C, >29°C, >30°C, >32°C ■ Grau de crescimento em dias (10°C, 5°C, 0°C) ■ Dias de aquecimento ■ Dias de gelo ■ Precipitação total máxima de 1 dia ■ Dias úmidos (>1mm, >10mm, >20mm) ■ Precipitação total (mm) ■ Noites tropicais (dias com Tmin >18°C, >20°C, >22°C) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura mínima (°C) ■ Temperatura máxima (°C) ■ Precipitação (mm/dia) ■ Vento (disponível apenas para PBCmet 2010 e PNWNAmets 2015)
Área geográfica	Global	Canadá	Canadá
Período de tempo	Período de referência: 1986-2005 Período Futuro: <ul style="list-style-type: none"> ■ 2021-2040 ■ 2041-2060 ■ 2061-2080 ■ 2081-2100 	1950-2100	Período de referência diário da grade: 1950-2013 GCM estatisticamente reduzido em escala: 1950-2100
Resolução Temporal	Diário (para redução em, escala), Sazonal, Anual	Diário, Anual	Diariamente
Resolução Espacial	Resolução de 10 km	Resolução de 10 km (300 segundos de arco)	Resolução de 10 km (300 segundos de arco)

Detalhes	Dados e Cenários Climáticos Canadenses (CCDS)	ClimateData.ca	Consórcio Pacific Climate Impacts (PCIC)
Cenários de emissões	RCP2.6, 4.5, 8.5	RCP2.6, 4.5, 8.5	RCP2.6, 4.5, 8.5
Formato dos dados	Mapa interativo GeoTIFF ou NetCDF	CSV ou JSON	Mapa interativo NetCDF, ASCII, Arc/Info ASCII Grid
Desenvolvido por	Governo do Canadá 2018	Colaboração entre: <ul style="list-style-type: none"> ■ ECCC ■ Instituto de Pesquisa de Computadores de Montreal (CRIM) ■ Ouranos ■ Consórcio Pacific Climate Impacts (PCIC) ■ Centro Climático da Pradaria (PCC) ■ HabitatSeven 	Universidade de Victoria
Link	https://climate-scenarios.canada.ca/?page=main	https://climatedata.ca	https://www.pacificclimate.org/dados

Tabela 7: Fontes de dados canadenses sobre mudança climática futura - Nacional, Continuação

Detalhes	Atlas do clima do Canadá	Portal de Dados sobre Mudança Climática do Canadá (CCDP)	Ferramenta IDF_CC 3.5
Descrição	<p>Fornecer mapas de variáveis climáticas com redução de escala estatística usando um conjunto de 24 GCMs do PCIC, com redução de escala com o método BCCAQv2.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ A fonte dos dados históricos observados é Natural Resources Canada. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dados derivados de projeções climáticas dinamicamente reduzidas usando os modelos climáticos regionais RegCM e PRECIS. ■ O RegCM foi desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa Atmosférica (NCAR). ■ PRECIS foi desenvolvido no Met Office Hadley Centre. ■ Ambos os RCMs foram impulsionados pelo GCM Hadley Global Environment Model 2 Earth System (HadGEM2-ES). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ferramenta computadorizada baseada na web para o desenvolvimento de curvas IDF sob mudanças climáticas (Versão 3.5) usando um Sistema de Informação Geográfica (SIG). ■ Fornece profundidades de acumulação de precipitação para uma variedade de períodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos) e durações (5, 10, 15 e 30 minutos e 1, 2, 6, 12 e 24 horas). ■ A ferramenta permite aos usuários gerar informações de curvas IDF com base em dados históricos, bem como em condições climáticas futuras. ■ A ferramenta utiliza pluviômetros operados pela Environment and Climate Change Canada (ECCC). ■ As curvas IDF exigem um mínimo de 10 anos de dados, como recomendado pelo Environment Canada.

Detalhes	Atlas do clima do Canadá	Portal de Dados sobre Mudança Climática do Canadá (CCDP)	Ferramenta IDF_CC 3.5
Descrição			<ul style="list-style-type: none"> Os usuários também podem criar e compartilhar suas próprias informações sobre a estação de chuva. A ferramenta permite aos usuários selecionar várias RCPs e aplicar os resultados de 24 GCMs e 9 GCMs reduzidos (desenvolvidos pelo PCIC do CMIP5) que simulam várias condições climáticas aos dados de precipitação local. Orientações adicionais para a atualização das curvas IDF para a mudança climática, com considerações especiais para as durações sub-diárias podem ser encontradas no documento de orientação da CSA (2019).
Variáveis	25 variáveis disponíveis, incluindo: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura máxima (°C) Temperatura mínima (°C) Precipitação total (mm/dia) Dias de resfriamento Unidades de calor de milho Ciclos de congelamento-descongelamento 	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura média (°C) Temperatura máxima (°C) Temperatura mínima (°C) Precipitação (mm/dia) 	Curvas IDF
Área geográfica	Canadá	Canadá	Canadá
Período de tempo	Período de referência: 1976-2005 Período futuro: <ul style="list-style-type: none"> 2021-2050 2051-2080 Nota: 2095 foi utilizado como um corte desde que alguns modelos não tinham dados além desta data	Período de referência: 1986-2005 Período futuro: <ul style="list-style-type: none"> 2020-2039 2040-2069 2070-2099 	1950-2100
Resolução Temporal	Anual	Mensal, Sazonal, Anual	N/A
Resolução Espacial	1:250.000 e 1:50.000	Resolução de 50 km	10 km (300 segundos de arco)
Cenários de emissões	RCP4.5 e 8.5	RCP4.5 e 8.5	RCP2.6, 4.5, 8.5

Detalhes	Atlas do clima do Canadá	Portal de Dados sobre Mudança Climática do Canadá (CCDP)	Ferramenta IDF_CC 3.5
Formato dos dados	Mapa interativo Dados disponíveis para download (CSV)	Mapa interativo Dados disponíveis para download (CSV)	Arquivo de texto
Desenvolvido por	<ul style="list-style-type: none"> ■ Centro Climático da Pradaria ■ Conselho de Pesquisa em Ciências Sociais e Humanidades do Canadá ■ Governo de Manitoba ■ ECCC 2018 	Universidade de Regina 2019	<ul style="list-style-type: none"> ■ Universidade Ocidental ■ Instituto de Baixa Redução Catastrófica
Link	https://climateatlas.ca/	https://climatedata.ca	https://www.idf-cc-uwo.ca/

Tabela 8: Fontes de dados da mudança climática canadense do futuro - Provincial

Detalhes	Portal de Dados Climáticos de Ontário (OCDP)	Portal de Dados sobre Mudança Climática de Ontário (Ontário CCDP)	O BC Climate Explorer
Descrição	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fornece acesso aos dados climáticos sobre a Província de Ontário. ■ Com base em um grande conjunto de projeções climáticas dos GCMs, assim como dinamicamente (RCMs) e estatisticamente reduzidos em escala (total de 209 membros do conjunto). ■ Reduzidos em escala pela Universidade de York, PCIC, NA- CORDEX, Universidade de Toronto, e Universidade de Regina. ■ A gama de percentis incluídos para cada variável é de 5% a 95%. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dados derivados de projeções climáticas dinamicamente reduzidas em escala sobre Ontário usando os modelos climáticos regionais RegCM e PRECIS. ■ O RegCM foi desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa Atmosférica (NCAR). ■ PRECIS foi desenvolvido no Met Office Hadley Centre. ■ Ambos os RCMs foram impulsionados pelo GCM Hadley Global Environment Model 2 Earth System (HadGEM2- ES). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Os dados climáticos utilizados foram baixados de ClimateBC que utiliza um conjunto de mapas PRISM. ■ Conjunto de modelos climáticos globais, ClimateBC fornece séries cronológicas reduzidas em escala para séries de modelos de 6 GCMs.

Detalhes	Portal de Dados Climáticos de Ontário (OCDP)	Portal de Dados sobre Mudança Climática de Ontário (Ontário CCDP)	O BC Climate Explorer
Variáveis	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura média (°C) ■ Temperatura máxima (°C) ■ Temperatura mínima (°C) ■ Precipitação (mm/ dia) 27 Índices Climáticos Extremos (definidos pela Equipe de Especialistas em Detecção e Índices de Mudança Climática, ETCCDI) e 11 outros	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura média (°C) ■ Temperatura média do ar a 2 m (°C) ■ Temperatura máxima do ar a 2 m (°C) ■ Temperatura mínima do ar a 2 m (°C) ■ Precipitação (mm/dia) ■ Umidade específica a 2 m (10-3) ■ Pressão de ar de superfície (hPa) ■ Velocidade do vento a 10 m (m/s) ■ Fração total das nuvens (unidade: 1) ■ Fluxo de onda curta de superfície (w/m²) ■ Fluxo de onda longa ascendente da rede de superfície (w/m²) ■ Curvas IDF 	Fornece uma lista de variáveis disponíveis, incluindo: <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura média anual (°C) ■ Precipitação anual (mm) ■ Época de crescimento (mm)
Área geográfica	Ontário	Ontário	Columbia Britânica
Período de tempo	Período de referência: 1986-2005 <ul style="list-style-type: none"> ■ Período futuro: ■ 2050s (2040-2069) ■ 2080s (2070-2099) 	Período de referência: 1986-2005 Período Futuro: <ul style="list-style-type: none"> ■ 2020-2039 ■ 2040-2069 ■ 2070-2099 	Normais Climáticas disponíveis para 1971-2000 Série cronológica disponível de 1900- 2100
Resolução Temporal	Diário, Mensal, Sazonal, Anual	Horário, Diário, Mensal, Sazonal, Anual	Mensal, Sazonal, Anual, Normais Climáticas
Resolução Espacial	Resolução de 10 km	Resolução de 25 km	Resolução de 60 km
Cenários de emissões	RCP2.6, 6.0, 4.5, 8.5	AR4: A1B AR5: RCP4.5 e 8.5	RCP2.6, 4.5, 8.5
Formato	CSV	Mapa interativo Dados disponíveis para download (CSV)	Mapa interativo
Desenvolvido por	Universidade de York	Instituto de Energia, Meio Ambiente e Comunidades Sustentáveis, Universidade de Regina 2019	Colin Mahony e Joey Lee Data da ClimateBC Através da Classificação Biogeoclimática de Ecossistemas (BEC) e do programa de Pesquisa Ecológica do Ministério de Florestas, Terras e Operações de Recursos Naturais da Colúmbia Britânica
Link	http://lamps.math.yorku.ca/OntárioClimate/index_v18.htm	http://www.ontarioccdp.ca/	http://www.bc-climate-explorer.org/

Tabela 9: Fontes de dados da mudança climática futura canadense - Provincial - Continuação

Detalhes	Rede de Cenários para o Alasca e Planejamento do Ártico (SNAP)	Projeções Climáticas do Futuro de Brunswick	ewfoundland e Labrador Dados e ferramentas climáticas
Descrição	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fornece histórico em escala reduzida e quadriculada e dados climáticos projetados para as regiões sub-árticas e árticas do Alasca e do Canadá. ■ O SNAP utiliza dados projetados em escala reduzida de um dos 5 GCMs mais bem classificados ou calculados como uma média de cinco modelos. ■ Para a redução em escala estatística e dinâmica, são utilizados os modelos CMIP3 e CMIP5. ■ O SNAP utiliza dados de temperatura e precipitação do Modelo Independente de Inclinações (PRISM) com parâmetros de Regressão de Elevação de Parâmetros em quadricula. ■ A Unidade de Pesquisa Climática (CRY) da Universidade de East Anglia fornece os dados climáticos mensais, e o Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (ECMWF) reanálise para métodos de seleção de modelos e ERA- provisório para trabalhos dinâmicos de redução em escala. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fornece conjuntos de dados climáticos para a Província de New Brunswick com base nos resultados do modelo CMIP5. ■ A gama de percentis incluídos para cada variável é a média, 10°, 25°, 75° e 90° percentil para cada estação climática. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fornece conjuntos de dados climáticos para ■ a Província de Terra Nova e Labrador.
Variáveis	<p>Mais de 50 variáveis estão disponíveis para redução em escala dinâmico, inclusive:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura ■ Chuva ■ Queda de neve ■ Velocidade e direção do vento ■ Fluxos de calor (radiativos e turbulentos) ■ Profundidade da neve <p>Redução em escala estatística:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura média anual ■ Precipitação <p>Os mapas interativos incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura (°F e °C) ■ Precipitação (in e mm) ■ Clima extremo (temperatura e vento) ■ Cobertura de gelo marinho ■ Vento ■ Incêndio florestal 	<p>Inclui 29 índices climáticos, inclusive:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura média (°C) ■ Precipitação total (mm) ■ Dias anuais de resfriamento ■ Dias de congelamento/ descongelamento anuais 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura média diária (°C) ■ Precipitação média diária (mm) ■ Dias de resfriamento ■ Número de dias livres de geadas

Detalhes	Rede de Cenários para o Alasca e Planejamento do Ártico (SNAP)	Projeções Climáticas do Futuro de Brunswick	ewfoundland e Labrador Dados e ferramentas climáticas
Área geográfica	Regiões sub-árticas e árticas do Alasca e do Canadá	Nova Brunswick	Terra Nova e Labrador
Período de tempo	Período de referência: <ul style="list-style-type: none"> ■ 1961-1990 ■ 2019-2019 Período futuro: <ul style="list-style-type: none"> ■ 2040-2049 ■ 2060-2069 ■ 2090-2099 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Período de referência: 1980-2010 Período Futuro: <ul style="list-style-type: none"> ■ 2020 ■ 2050 ■ 2080 	Período futuro: <ul style="list-style-type: none"> ■ 2041-2070 ■ 2071-2100
Resolução Temporal	Médias diárias, mensais, sazonais, de dezembro	Sazonal, Anual	Sazonal
Resolução Espacial	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resolução de 2 km (Reduções estatísticas, PRISM) ■ Resolução de ~80 km (Reanálise) 	Fornecido para 64 estações meteorológicas em New Brunswick	Providenciado para 29 localidades na província
Cenários de emissões	AR4: B1, A1B, A2 AR5: RCP4.5, 6.0, 8.5	AR4: A2 e B1 AR5: RCP4.5 e 8.5	Não Especificado
Formato	Mapa interativo disponível Dados disponíveis para download (formato GeoTiff)	Mapa interativo disponível (para dados AR4) Dados disponíveis para download (CSV)	CSV
Desenvolvido por	Centro Internacional de Pesquisa do Ártico na Universidade do Alasca Fairbanks	Governo de New Brunswick	Governo de Newfoundland e Labrador
Link	https://www.snap.uaf.edu/	http://acasav2.azurewebsites.net/	https://www.turnbackthetide.ca/toolss-and-resources/climate-data-and-tools.shtml

Tabela 10: Fontes de dados sobre mudança climática global/internacional

Detalhes	Experiência de redução em escala Regional do Clima Coordenada na América do Norte (NA- CORDEX)	A Ferramenta de Avaliação Climática da Mineração (MiCA)	Portal do Conhecimento sobre Mudança Climática (CCKP)
Descrição	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fornece projeções climáticas regionais em redução de escala em todo o mundo, utilizando métodos dinâmicos para a América do Norte. ■ Considera 6 GCMs do CMIP5. ■ CORDEX está disponível para outras regiões com várias variáveis, períodos de tempo, resolução temporal e resolução espacial. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fornece dados de projeção climática a partir de um conjunto de 15 GCMs associados ao CMIP5 e fornece informações diretamente relevantes para a indústria metalúrgica e de mineração. ■ As projeções climáticas futuras são calculadas como valores de mudança a partir da linha de base equivalente (em oposição a valores futuros absolutos). ■ Para cada variável, são calculadas análises estatísticas adicionais de mediana, quartis e resultados de desvio padrão para cada mês, em todos os modelos climáticos. ■ É necessário ser membro para ter acesso a esta ferramenta. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fornece informações, ferramentas e dados relacionados ao clima. ■ São fornecidos dados climáticos históricos e futuros, com projeções climáticas futuras do CMIP3. ■ Consiste em 16 modelos. ■ Fornece dados estatisticamente reduzidos em escala de 9 GCMs do CMIP3, usando o BCSD. ■ Os conjuntos de modelos retratam a mediana do conjunto, o maior percentil 100 e o menor percentil 900.
Variáveis	<p>30 variáveis listadas para o NA-CORDEX, as seguintes listadas como essenciais:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura do ar próximo à superfície (K) ■ Temperatura máxima diária próxima à superfície do ar (K) ■ Temperatura mínima diária do ar próximo à superfície (K) ■ Precipitação (kg m⁻² s⁻¹) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura máxima diária (°C) ■ Temperatura mínima diária (°C) ■ Chuva (mm) ■ Velocidade do vento (nota: disponível apenas para 8 GCMs) 	<p>Histórico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura ■ chuva <p>Futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ temperatura média do ar Mensal perto da superfície ■ temperatura mínima média diária perto da superfície ■ temperatura máxima diária Perto da superfície ■ Montantes mensais de precipitação
Área geográfica	<ul style="list-style-type: none"> ■ NA-CORDEX (programa norte-americano CORDEX) ■ Outros bancos de dados CORDEX regionais incluem o Sul da Ásia, o Leste Asiático e o Mediterrâneo. 	Global	Global

Detalhes	Experiência de redução em escala Regional do Clima Coordenada na América do Norte (NA- CORDEX)	A Ferramenta de Avaliação Climática da Mineração (MiCA)	Portal do Conhecimento sobre Mudança Climática (CCKP)
Período de tempo	Período de referência: 1950-2005 Período futuro: 2006-2100	Período de referência: 1986-2005 Período futuro: período de 20 anos centrado em 2035, abrangendo entre 2025 e 2045	Período de referência: 1901-2015 Período futuro: <ul style="list-style-type: none"> ■ 2020-2039 ■ 2040-2059 ■ 2060-2079 ■ 2080-2099 Período de redução: <ul style="list-style-type: none"> ■ 1961-1999 ■ 2046-2065 ■ 2081-2100
Resolução Temporal	Horário, Diário, Mensal, Sazonal	Mensal, Anual	Mensal, Anual
Resolução Espacial	Resolução de 12,5-25 km 25 km ou 50 km para a América do Norte	Resolução de 100 km	Resolução de 50 km
Cenários de emissões	RCP4.5 e 8.5	RCP8.5	RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5
Formato	netCDF	CSV	CSV
Desenvolvido por	Programa Mundial de Pesquisa Climática (WCRP) 2019	O Conselho Internacional de Mineração e Metais de 2018	O Grupo do Banco Mundial
Link	CORDEX: http://www.cordex.org/ NA-CORDEX: https://na-cordex.org/	https://icmm-mica-live.azurewebsites.net/Home/About	https://climateknowledgeportal.worldbank.org/

Referências

- Alberta Climate Information Services (ACIS). Current and Historical Alberta Weather Station Data Viewer. Government of Alberta Department of Agriculture and Forestry. Available at <https://agriculture.alberta.ca/acis/alberta-weather-data-viewer.jsp>. Accessed February 2019.
- Charron, I. 2016. A Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions, 2016 Edition. Ouranos, 94p. Retrieved from <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Guidebook-2016.pdf>. Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX). 2019. World Climate Research Program. Available at <http://www.cordex.org/>. Accessed February 2019.
- Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX). 2019. The North American CORDEX Program. World Climate Research Program. Available at <https://na-cordex.org/>. Accessed February 2019.
- Government of Canada. 2018. Canadian Climate Data and Scenarios (CCDS). Available at <https://climate-scenarios.canada.ca/?page=main>. Government of Canada. 2018. Historical Data. National Climate Data and Information Archive. Available at http://climate.weather.gc.ca/historical_data/search_historic_data_e.html. Accessed February 2019.
- Government of New Brunswick. New Brunswick's Future Climate Projections: AR5 Data and Maps. Available at <http://acasav2.azurewebsites.net>. Accessed February 2019.
- Government of Newfoundland and Labrador. 2016. Climate Data and Tools. Available at <https://www.turnbackthetide.ca/tools-and-resources/climate-data-and-tools.shtml>. Accessed February 2019.
- Institute for Energy, Environment and Sustainable Communities. 2019. Ontario Climate Change Data Portal. University of Regina. Available at <http://www.ontarioccdp.ca>. Accessed February 2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved in 2018 from [http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/International_Council_on_Mining_and_Metals_2018_The_Mining_Climate_Assessment_\(MiCA\)_Tool](http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/International_Council_on_Mining_and_Metals_2018_The_Mining_Climate_Assessment_(MiCA)_Tool). Available at <https://icmm-mica-live.azurewebsites.net/Home/About>. Accessed February 2019.
- Scenarios Network for Alaska and Arctic Planning (SNAP). 2019. International Arctic Research Center at the University of Alaska Fairbanks. Available at <https://www.snap.uaf.edu>. Accessed February 2019.
- Mahony, C. and Lee, J. The BC Climate Explorer. Biogeoclimatic Ecosystem Classification (BEC) and Ecology Research program of the British Columbia Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations. Available at <http://www.bc-climate-explorer.org>. Accessed February 2019.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). Global Modeling and Assimilation Office. Available at <https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>. Accessed February 2019
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Climate Data Online: Dataset Discovery. Department of Commerce, Government of the United States of America. Disponível em <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datasets>. Acesso em fevereiro de 2019.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). North American Regional Reanalysis (NARR). Department of Commerce, Government of the United States of America. Disponível em <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/north-american-regional-reanalysis-narr>. Acesso em fevereiro de 2019.

National Snow and Ice Data Centre (NSIDC Global Terrestrial Network for Permafrost. Disponível em <https://nsidc.org/data/ggd633>. Acesso em fevereiro de 2019.

National Snow and Ice Data Centre (NSIDC). Canadian Geothermal Data Collection: Deep permafrost temperatures and thickness of permafrost, Version 1. Disponível em <https://nsidc.org/data/GGD503/versions/1>. Acesso em fevereiro de 2019.

Nunavut Climate Change Centre. Nunavut Permafrost Data Bank. Disponível em <https://www.climatechangenunavut.ca/en/climate-change/nunavut-permafrost-databank>. Acessado em fevereiro de 2019.

Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC). 2013. Data Portal. University of Victoria. Disponível em <https://www.pacificclimate.org/data>

Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC). BC Station Data Portal. University of Victoria. Disponível em <https://data.pacificclimate.org/portal/pcds/map/>. Acesso em fevereiro de 2019.

Prairie Climate Centre, Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC CRSH). 2018. Climate Atlas of Canada. Government of Manitoba, Environment and Climate Change Canada (ECCC). Disponível em <https://climateatlas.ca>. Acesso em fevereiro de 2019.

Scenarios Network for Alaska and Arctic Planning (SNAP). Depth to Permafrost – Alaska LandCarbon Project. Disponível em <http://ckan.snap.uaf.edu/dataset/depth-to-permafrost-alaska-landcarbon-project/>. Acesso em fevereiro de 2019.

Scenarios Network for Alaska and Arctic Planning (SNAP). Active Layer Thickness – Alaska LandCarbon Project. Disponível no projeto <http://ckan.snap.uaf.edu/dataset/active-layer-thickness-alaska-landcarbon->. Acesso em fevereiro de 2019.

University of Regina. 2019. Canada Climate Change *Data* Portal (CCDP). Disponível em <http://canadaccdp.ca>. Acesso em fevereiro de 2019.

The World Bank Group. 2019. Climate Change Knowledge Portal (CCKP). Disponível em <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>. Acesso em fevereiro de 2019.

York University. Ontario Climate Data Portal (OCDP). Laboratory of Mathematical Parallel Systems. Disponível em http://lamps.math.yorku.ca/OntarioClimate/index_v18.htm

Anexo D: Estudos de caso

Operações integradas de níquel de Sudbury - Glencore



Antecedentes

Glencore é uma empresa global de mineração e metalurgia que opera mais de 150 locais de mineração e metalurgia em todo o mundo. Sua Sudbury Integrated Nickel Operations (Sudbury INO) emprega aproximadamente 1.200 funcionários permanentes em suas quatro localidades, com uma capacidade de produção anual de mais de 70.000 toneladas de níquel fosco. A fábrica Strathcona recebe minério das duas minas de Sudbury e produz um fluxo de concentrado de níquel-cobre que é fundido pela fundição de Sudbury e enviado para outras localidades da Glencore. A instalação iniciou o desenvolvimento de um Plano de Mudança Climática em resposta às Metas Corporativas de Desenvolvimento Sustentável em 2009.

Avaliação de risco climático

Usando o registro de risco do site, a Glencore realizou uma sessão de trabalho inicial de avaliação de risco interna com membros-chave das operações, engenharia, capital, e outros departamentos. A sessão aumentou a consciência dos impactos de condições climáticas extremas e mudanças climáticas nas operações, especificamente na infraestrutura, e solicitou medidas para lidar com os impactos. A avaliação

de risco revelou várias áreas que são afetadas por condições climáticas e mudanças climáticas extremas para a INO de Sudbury, inclusive:

- Questões de gestão da água, incluindo inundações
- Segurança dos funcionários (especialmente em eventos extremos)
- Transporte do produto durante o tempo variável
- Redução da produção devido a fatores climáticos
- Segurança energética
- Segurança e operação da infraestrutura
- O não cumprimento das regulamentações devido à mudança das tendências climáticas (por exemplo: níveis mais altos de descarga de águas residuais devido à mudança climática podem colocar as empresas em risco de não atingir suas metas de descarga, por regulamentação provincial ou federal)

Os participantes do workshop inicialmente não estavam claros sobre como a mudança climática afetaria suas operações. O workshop foi útil para superar esta hesitação, abordando as questões no contexto de "como o clima afeta seu trabalho?" e falando sobre "variabilidade do tempo". A mudança climática foi inicialmente vista por alguns como um evento/ocorrência que ocorreria num futuro distante, bem além do fim da vida da mina em Sudbury. No entanto, a aceitação de que a mudança climática já afetou as operações foi realizada tanto através de dados sobre tendências históricas quanto do compartilhamento de impactos que foram experimentados nas operações de Sudbury pelos participantes do workshop. A inclusão da mudança climática no vocabulário de risco existente permitiu a adesão dos membros da equipe do projeto e o avanço da discussão.

A sessão de trabalho de avaliação de risco da mudança climática também permitiu à Glencore identificar e priorizar os desafios climáticos específicos do local. Os resultados dos riscos foram facilmente incorporados ao registro de riscos existente na empresa. Impulsionado por campeões internos, o processo de avaliação de risco climático também ajudou a envolver as equipes de gestão e especialistas técnicos no processo de identificação de riscos climáticos e na proposta de medidas adaptativas para reduzir os riscos.

Desde o workshop inicial, foram realizadas reuniões anuais do grupo de trabalho com uma equipe de projeto focada na revisão de dados climáticos atualizados e avaliações de engenharia em profundidade para coletar mais informações. Os estudos de acompanhamento foram focados:

- Gestão da água no local (incluindo estudos de balanço hídrico)
- Impactos da mudança da meteorologia nas operações (restrição e estresse térmico)
- Teor de umidade na neve, e chuva nas avaliações de escoamento da neve.

Este trabalho foi escrito como um Estudo de Caso com o apoio da Golder Associates and Natural Resources Canada disponível em: http://climateontario.ca/doc/casestudies/mining_case_study_glencore.pdf

Análise de decisão

Uma das principais recomendações das reuniões do grupo de trabalho foi desenvolver um processo decisório para ajudar a priorizar as medidas de adaptação potenciais identificadas na avaliação de risco,

e entender quando as medidas devem ser implementadas, por exemplo, agora, ou em algum momento no futuro. Em resposta a esta recomendação, foi utilizada uma abordagem de Análise de Custo-Benefício (ACB). Uma abordagem de ACB foi usada para analisar e priorizar as opções de adaptação em consideração aos custos de implementação de cada opção de adaptação. A ACB também auxiliou no planejamento de capital em relação ao risco de gestão da água.

A primeira etapa da avaliação era desenvolver um cenário de linha de base que examinasse:

- Infraestrutura e informações operacionais que seriam incluídas na avaliação.
- Vulnerabilidades que podem afetar o sistema de gestão da água e resultar em riscos prioritários.
- Análise das consequências de cada vulnerabilidade.
- O custo estimado relacionado a cada vulnerabilidade.

Esta informação foi confirmada em um workshop focado que incluiu especialistas em meio ambiente e segurança, engenheiros e membros da equipe financeira. Tanto os custos diretos para a recuperação de uma vulnerabilidade, como os custos indiretos, como o impacto sobre a reputação, foram estimados. Usando estas informações, a equipe do projeto primeiro desenvolveu estimativas de risco para cada vulnerabilidade sob condições climáticas atuais e condições normais de operação, e depois combinou estas estimativas com informações de custo para estabelecer uma linha de base econômica. Foram identificadas as cinco vulnerabilidades a seguir:

- Lidando com condições de alto nível de água na primavera
- Lidando com condições de baixo nível de água (no verão/outono)
- Lidando com um evento pluviométrico significativo
- Lidando com enchentes localizadas em áreas de baixo risco
- Lidando com enchentes localizadas em áreas de alto risco

Tendências climáticas históricas e modelos hidrológicos específicos do local que consideravam infraestrutura e limites operacionais, foram usados para caracterizar a probabilidade de uma vulnerabilidade ambiental ocorrer sob as condições climáticas atuais. Para avaliar como o risco econômico muda sob condições climáticas futuras, foram estimadas as mudanças na probabilidade de cada vulnerabilidade. Um Gerador Climático desenvolvido para o balanço hídrico do local GoldSIM para a área da fundição foi usado para processar dados do Conjunto de Dados Climáticos do Futuro. Neste momento, os dados do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (AR4) foram usados para obter previsões mensais de temperatura e precipitação futuras. Usando a característica estocástica do gerador, uma gama de condições climáticas futuras foi caracterizada para cada uma das cinco vulnerabilidades.

Foram identificadas opções de adaptação para cada risco que diminuiriam a consequência do evento ou reduziriam a probabilidade de ocorrência da vulnerabilidade. Dois períodos de tempo foram avaliados, um período de 10 anos e um período de 39 anos e os custos versus benefícios foram avaliados assumindo que a opção de adaptação foi implementada no início de cada período versus uma abordagem de negócios como de costume. Uma avaliação estocástica de cada período de tempo foi avaliada sob as condições climáticas atuais e futuras. Os resultados da avaliação foram apresentados em um formato tabular para representar visualmente quando estimado

Os custos financeiros do cenário de negócios como de costume, também chamados de custos de adaptação, foram compensados pela redução dos custos de implementação das medidas de

adaptação. Este resumo foi utilizado para mostrar quando o investimento em adaptação neste momento provavelmente resultará em custos reduzidos no futuro. A Glencore continua a avaliar as opções de adaptação e incluirá uma avaliação atualizada como parte do processo de planejamento de capital para as opções de adaptação recomendadas.

Uma visão geral da abordagem de desenvolvimento e os resultados da avaliação foram escritos como um Estudo de Caso com o apoio da Golder Associates and Natural Resources Canada disponível em:

http://climateontario.ca/doc/casestudies/SINO_CaseStudy-FINAL.pdf

Gestão Adaptativa

As reuniões anuais do grupo de trabalho mencionadas acima incluem o campeão de risco da Sudbury INO e o campeão do EMS (ISO), que acompanha as recomendações e itens de ação das reuniões do grupo de trabalho como parte do processo de melhoria contínua do Registro de Risco e do Sistema de Monitoramento Ambiental das operações. Este processo é documentado em um plano geral para as operações.

Uma área de melhoria contínua tem sido a atualização dos dados climáticos que suportam a avaliação de risco. Como observado acima, a avaliação começou quando os dados atuais disponíveis foram baseados nos resultados do AR4, a Glencore desde então atualizou os dados para incorporar os resultados do AR5 disponíveis do climatedata.ca e concluiu uma análise estatística climática detalhada para desenvolver projeções de mudanças na intensidade da chuva, temperatura e extremos de precipitação e Precipitação Máxima Provável. Estas projeções atualizadas estão sendo incorporadas no processo como gatilhos para o planejamento da adaptação.

Recursos adicionais

Link para as responsabilidades, objetivos e iniciativas da Glencore sobre Mudança Climática Sustentável:

<https://www.glencore.com/sustainability/climate-change>

Agnico Eagle Mines - Usando Conjuntos de Dados Climáticos para Reduzir Riscos e Informar Projeto de Cobertura

Antecedentes

Agnico Eagle Mines Ltd. (Agnico Eagle) é uma empresa canadense de mineração de ouro que produz metais preciosos desde 1957. Suas minas estão localizadas no Canadá, Finlândia e México, com atividades de exploração em cada um desses países, bem como nos Estados Unidos e na Suécia. A empresa tem operações significativas no Distrito de Kivalliq do Território de Nunavut, entre elas:

- Meadowbank mina de ouro a céu aberto, aproximadamente 300 km a oeste da Baía de Hudson e 110 km por estrada ao norte de Baker Lake
- Mina de Meliadine, aproximadamente 25 km ao norte de Rankin Inlet e 290 km ao sudeste de Meadowbank
- Whale Tail (mina Amaruq) a 50 km a noroeste da fábrica de Meadowbank que estenderá as operações das instalações de Meadowbank após a conclusão da produção no local

Estes projetos desenvolvidos desde 2006 representam agora os maiores depósitos de ouro da Agnico Eagle em termos de recursos minerais.

Vulnerabilidade climática e avaliação de risco

Uma Avaliação de Impacto Ambiental e Social (ESIA) é exigida pelo Nunavut Impact Review Board (NIRB) antes que o NIRB emita um Certificado de Projeto que permitirá que um projeto prossiga para processo e operação das aprovações. O NIRB exige que o projeto leve em consideração os efeitos de um clima em mudança.

A orientação inicial era seguir uma abordagem delineada pelo Comitê Federal-Provincial-Territorial sobre Mudança Climática e Avaliação Ambiental (FPTCCCEA) em 2003. O documento de orientação da FPTCCCEA faz a seguinte pergunta: "Como as mudanças potenciais no clima afetarão a infraestrutura associada ao Projeto". A resposta a esta pergunta foi usada como base para uma série de avaliações da mudança climática para tratar das vulnerabilidades climáticas em todas as etapas dos projetos a serem considerados pela NIRB. Entretanto, o nível de detalhes nas apresentações ao NIRB, seus subsequentes Pedidos de Informação e as projeções climáticas futuras disponíveis usadas para apoiar a avaliação evoluíram do momento em que o projeto Meadowbank original foi iniciado em 2005, para a mais recente aprovação da Whale Tail em 2020.

Consistente a cada avaliação de mudança climática, foi concluída uma caracterização detalhada do clima histórico na região, e mais localmente no site do projeto. Para o clima futuro, a abordagem foi pegar as projeções de mudanças climáticas existentes e disponíveis ao público, analisá-las usando ferramentas e protocolos desenvolvidos, e então fornecer as projeções em um formato que seja significativo tanto para um cientista não-climático quanto para profissionais de outras disciplinas que completam seções da ESIA que confiam nos dados para aplicações técnicas. Essas informações foram então fornecidas em um formato que apoia análises adicionais e fornece uma base para a identificação de potenciais interações entre o clima e a infraestrutura e a concepção de medidas de adaptação para reduzir os riscos do projeto. Para todos os projetos, foram usadas informações disponíveis ao público do Environment Canada and Climate Change (ECCC) para analisar as tendências climáticas atuais e as projeções climáticas futuras. A tabela a seguir resume os dados climáticos futuros usados nas avaliações, e as principais vulnerabilidades identificadas.

Projeto	Fonte de dados	Variáveis climáticas consideradas	Principais Vulnerabilidades
Meadowbank	Projeções globais do Terceiro Relatório de Avaliação (2001) do IPCC	Projeções de temperatura média anual para o Ártico	Mudança de temperatura impactando a infraestrutura principal devido à degradação do permafrost
Mina de Meliadine	Projeções globais do Quarto Relatório de Avaliação (2007) do IPCC fornecido pelo ECCC	Projeções de temperatura média mensal e precipitação total extraída da célula de grade mais próxima do site da mina para um conjunto de modelos climáticos (todos os modelos disponíveis, todos cenários de emissão)	Identificação de impactos potenciais da mudança climática no projeto por meio de interações entre o clima e a infraestrutura, seguindo as orientações necessárias para a realização de uma ESIA
Whale Tail (Mina Amaruq)	Projeções globais do Quinto Relatório de Avaliação (2013) do IPCC fornecido pelo ECCC	Projeções de temperatura média mensal e precipitação total extraída da célula de grade mais próxima do local da mina para um conjunto de modelos climáticos (todos os modelos disponíveis, cenário de emissões médias e elevadas)	Mudança de temperatura impactando a espessura do liofilizador nas pilhas de armazenamento de rochas residuais formando o sistema de cobertura de rochas geradoras de ácido.

IPCC = Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática

ECCC = Environment and Climate Change Canada



Tomada de Decisões Incorporando a Mudança Climática

O nível de detalhamento necessário para documentar as opções de adaptação também se tornou mais detalhado com cada avaliação subsequente. A NIRB, seus revisores técnicos e partes interessadas concentraram-se nas opções potenciais de adaptação e na forma como se relacionaram com a concepção do projeto. Este estudo de caso se concentrará na avaliação mais recente para o projeto Whale Tail.

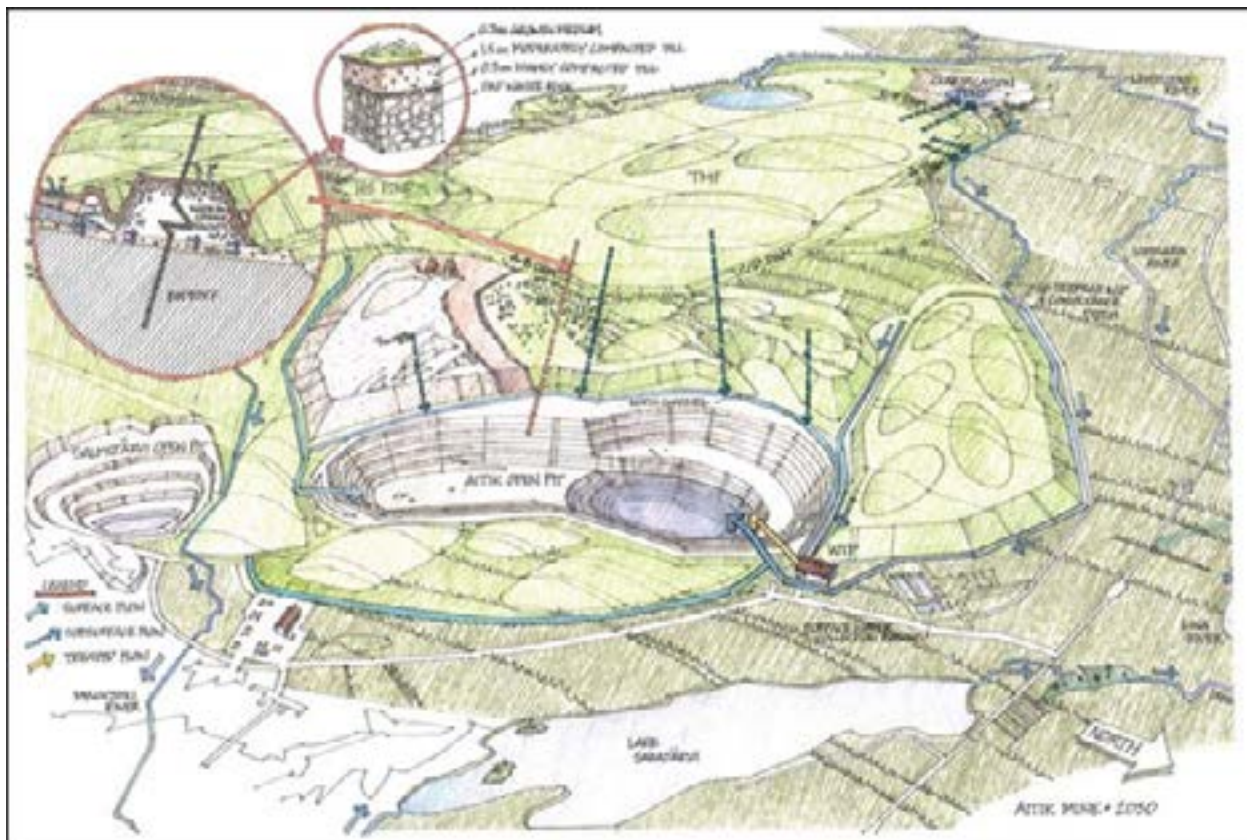
Como observado acima, uma vulnerabilidade chave identificada como parte do projeto Whale Tail foi a vulnerabilidade da instalação de armazenamento de rochas residuais (Waste Rock Storage Facility - WRSF) ao aumento da temperatura. A WRSF da Whale Tail será coberta com rochas não geradoras de ácido potencial (non-potentially acid generating - NPAG) e resíduos não metálicos lixiviantes (non-metal leaching - NML) para promover o congelamento como estratégia de controle contra a geração de ácido e a migração de contaminantes da rocha potencialmente geradora de ácido (potentially acid generating - PAG) e resíduos metálicos lixiviantes (metal leaching - ML) contidos na WRSF. O projeto da WRSF manterá a qualidade existente da água na área e evitará a contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Se o congelamento não ocorre devido ao aumento da temperatura, então pode ocorrer oxidação mineral de sulfato ou reações geradoras de ácido e afetar a qualidade da água. Demonstrar que a mudança climática não afetará a proteção das águas subterrâneas e superficiais foi uma consideração fundamental durante a revisão da aplicação pelo NIRB, isto também foi destacado em comentários técnicos do governo federal, incluindo o departamento de Relações Crown-Indígenas e Northern Affairs Canada e Natural Resources Canada. Para resolver esta vulnerabilidade, foi realizada uma avaliação da espessura mínima da cobertura.

O primeiro passo da avaliação da cobertura foi desenvolver um conjunto de dados climáticos que incorporou informações do programa de monitoramento contínuo da instalação de armazenamento de resíduos de rocha da mina Meadowbank e fornecer um resumo da futura temperatura média mensal projetada para a localização da Whale Tail. Estes dados climáticos foram então usados como insumos em um estudo de modelagem térmica para avaliar tempos de congelamento e estimar mudanças na profundidade da camada ativa. As saídas foram usadas para avaliar a espessura da rocha NPAG/NML que seria necessária para manter os materiais PAG/ML congelados abaixo da camada ativa sob as condições de mudança climática selecionadas. Os resultados desta avaliação foram então incorporados nos desenhos finais do projeto e receberam a aprovação da NIRB.

Caminhos de Adaptação

Além da avaliação de modelagem térmica, a aprovação NIRB exigiu que as sondas de temperatura do solo, conhecidas como termistores, fossem instaladas em diferentes locais para monitorar as temperaturas do solo durante as operações da mina. Além de confirmar as entradas na avaliação da modelagem térmica e o monitorar o congelamento ao longo do tempo para refinar o modelo, também foram necessários dados sobre variáveis que não puderam ser incluídas na avaliação inicial. Isto incluiu a adição de termistores em locais que poderiam fornecer dados sobre as variações potenciais da camada ativa devido à exposição ao sol e ao vento dominante, bem como efeitos de inclinação vs. plateau e uma estação meteorológica no site. As condições meteorológicas observadas, os dados térmicos registrados e as projeções climáticas futuras atualizadas serão usadas para determinar os parâmetros relacionados ao clima para o projeto final da cobertura e serão comunicados ao público através da Diretoria de Água da Nunavut durante a aplicação final de fechamento.

Mina Aitik, Projeto da Caso Base e Plano de Fechamento



Desenho Conceitual - Mina Aitik, Ano 2030

Antecedentes

A Boliden AB (Boliden) é uma empresa sueca de mineração e fundição com foco na produção de recursos de cobre, zinco, chumbo, ouro e prata em propriedades na Suécia, Finlândia, Noruega e Irlanda. Desde 1968, a empresa extrai cobre, ouro e prata na Mina Aitik, no norte da Suécia, utilizando métodos de mineração a céu aberto. A Mina Aitik está passando por uma expansão que aumentará a capacidade de mineração e processamento de 36 para 45 milhões de toneladas por ano (Mt/ano). Em apoio à expansão proposta, a Boliden avaliou o passivo potencial e desenvolveu um Projeto de Caso Base e um Plano de Fechamento. As pegadas de fechamento e a infraestrutura do local na propriedade incluem: uma instalação de armazenamento de rejeitos (tailings storage facility - TSF) e uma lagoa de clarificação, instalações de armazenamento de resíduos de rocha (waste rock storage facilities - WRSFs), potencialmente formadoras de ácido (potentially acid forming - PAF) e não geradoras de ácido, as cavas abertas de Aitik e Salmijärvi, valas de desvio de água limpa e de contato, lagoas de armazenamento e uma planta de tratamento de água.

Vulnerabilidade climática e avaliação de risco

As avaliações técnicas realizadas no âmbito do Plano de Fechamento de Mina Aitik incluem:

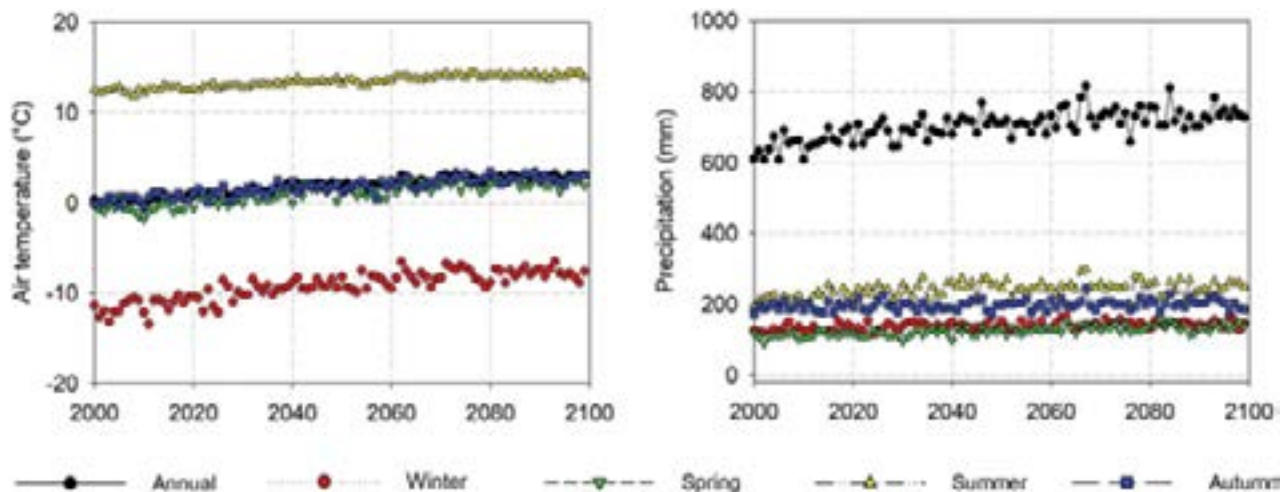
- Uma avaliação hidrogeoquímica das instalações de armazenamento de resíduos de rocha (WRSFs)
- Uma avaliação hidrogeoquímica da instalação de armazenamento de rejeitos (tailings storage facility - TSF)
- Um estudo de equilíbrio hídrico e modelagem da qualidade da água do lago da cava
- Avaliação da qualidade da água/efeitos dos recursos aquáticos para receber cursos de água abaixo do local da mina.

Todas essas avaliações exigem dados climáticos para impulsionar modelos hidrológicos e/ou geoquímicos e, portanto, a fim de garantir a consistência e coordenação dentro e entre as várias equipes de modelagem, foi desenvolvido pela primeira vez um conjunto de dados climáticos de longo prazo, que contabilizava as previsões de mudanças climáticas para a região local.

Duas estações climáticas de longo prazo (multi-década) operadas pelo SMHI (Instituto Meteorológico e Hidrológico Sueco) estão localizadas a 15 km da Mina Aitik. A inspeção de dados passados e recentes indica que o site do projeto apresenta um clima sub-ártico ou boreal continental, caracterizado por um inverno frio e um verão curto e fresco. A temperatura média anual na propriedade é de 0,1°C com temperaturas típicas de julho e janeiro sendo 14,7°C e -13,1°C, respectivamente. A precipitação média anual para o site do projeto é estimada em 600 mm. Em média, 50% da precipitação anual é relatada como precipitação em junho, julho, agosto e setembro.

Os dados do cenário de mudança climática confirmam o seguinte para o site do projeto (Figura 1): 1) as condições climáticas futuras serão mais quentes e úmidas no site da mina, com aumentos médios anuais de temperatura (T) de ~3 °C e aumento de precipitação (P) de 25% esperado até 2100; 2) são esperados aumentos de T para todas as estações, mas maiores mudanças são esperadas para os meses de inverno (dezembro, janeiro, fevereiro); 3) aumentos de P são provavelmente maiores para o verão (junho, julho, agosto) e outono (setembro, outubro, novembro) em comparação com o inverno (dezembro, janeiro, fevereiro) e a primavera (março, abril, maio).

Figura 1. Exemplo de dados do cenário de mudança climática para a mina de Aitik (RCP4.5, 50 km gradeado). Os dados mostrados são derivados da média mensal de dados climáticos de nove GCMs.



Para a mais recente iteração do Plano de Fechamento de Minas de Aitik, foi montado um recorde climático diário para um cronograma de fechamento de 200 anos (ou seja, 2025 a 2225). A geração do banco de dados climáticos envolveu a compilação de dados climáticos específicos do local e regionais para caracterizar as condições existentes da mina e a utilização de dados diários do cenário de mudança climática (SMHI 2014) para representar as condições futuras. Os detalhes técnicos do banco de dados climáticos e sua montagem estão resumidos em Fraser et al. (2011, 2017).

O RCP4.5 foi finalmente selecionado como base para o Plano de Fechamento, sendo a principal razão para a seleção do cenário a manutenção da consistência com o trabalho de fechamento prévio e as apresentações regulamentares que foram informadas pelo enredo A1B agora substituído. É de notar que o cronograma do Plano de Fechamento se estende até 2225, mas os dados do cenário de mudança climática só estão disponíveis até 2100. Assim, uma porção de 35 anos do banco de dados climáticos, o período que abrange 2065-2099, foi repetida várias vezes para representar o período de 2100-2225.

Tomada de Decisões Incorporando a Mudança Climática

Um regime climático futuro mais quente e úmido na Mina Aitik deve se traduzir em mudanças como, por exemplo:

1) início progressivo e precoce do frescor, ocorrência posterior de congelamento no outono e uma estação mais longa sem gelo; 2) mudanças com o tempo e mudanças nas proporções de chuva versus queda de neve realizadas anualmente; 3) aumentos nas condições de escoamento de base no inverno e probabilidade de eventos de derretimento no meio do inverno ou na estação intermediária (na Primavera e no Outono); e 4) aumentos progressivos no fluxo do ambiente receptor com o tempo. Além disso, espera-se que essas mudanças no equilíbrio hídrico sensível ao clima, por sua vez, transmitam mudanças no comportamento hidrogeológico das instalações das minas (isto é, TMF, WRSFs e as cavas abertas), bem como nos riachos receptores a jusante.

Um componente chave do Plano de Fechamento é o uso de sistemas de cobertura de baixa permeabilidade para minimizar a troca de gás e a oxidação mineral de sulfeto em WRSFs com potencial geração de ácido. A este respeito, condições mais úmidas e mudanças no balanço hídrico da cobertura proporcionarão uma barreira mais eficaz para a troca de gás. Para a cava aberta do Aitik, a modelagem confirma que condições mais quentes e úmidas resultam em um tempo de enchimento mais curto para a cava aberta do Aitik (em ~15 anos) devido principalmente ao aumento das quantidades de escoamento geradas pelas áreas de contribuição adjacentes à instalação. A modelagem do lago da cava também mostra que uma diminuição na duração do enchimento da cava irá:

1) diminuir o tempo de exposição subaérea e as cargas das paredes da cava; e 2) afetar o tempo e a duração de várias medidas de mitigação e gerenciamento da água invocadas no Plano de Fechamento, incluindo o tratamento ativo da água.

Caminhos de Adaptação

Foi realizada uma análise abrangente dos modos de falha e efeitos (FMEA) do projeto do caso base e do plano de fechamento para identificar modos de falha potenciais, efeitos/vias e medidas de mitigação para reduzir a probabilidade e/ou as consequências para um determinado caminho de falha. Como parte desta avaliação, foram avaliados os riscos e oportunidades relacionados à mudança climática futura. Em geral, a

abordagem FMEA provou ser eficaz à medida que o processo informa sobre o gerenciamento de riscos, tais como mudança climática, em paralelo aos componentes concorrentes do perfil de risco total, ao mesmo tempo em que oferece oportunidades para otimizar e refinar o desenho de casos base através de estudo adicional e iteração.

Recursos adicionais

Fraser C.J.D., Martin A.J., Pedersen T.F. (2011) Desenvolvimento do balanço hídrico em escala climática para o planejamento do fechamento de minas. Anais da 6ª Conferência Internacional sobre Fechamento de Minas. 18-21 de setembro de 2011, Lago Louise, Canadá: 357-366.

Fraser C, Martin A, Mueller S e Scott J (2017) Incorporando Cenários de Mudança Climática no Projeto de Minas e Estudos de Permissão. 13º Congresso Anual da Associação de Água de Minas, Rauha-Lappeenranta, Finlândia, 25-30 de junho de 2017.

SMHI (2014). Cenários CORDEX para a Europa do modelo de clima regional Rossby Centre RCA4. Report Meteorology and Climatology No. 116, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SE 601 76 Norrköping, Suécia. 84 pp.

Reabilitação de Mina Giant - Acionadores da Mudança Climática



Foto: Mina Giant: O Estudo de Otimização de Congelamento
(Fonte: Mackenzie Valley Environmental Impact Review Board 2013)

Antecedentes

A Mina Giant é uma mina de ouro histórica que está passando por uma remediação e fechamento. A mina está localizada a 5 km ao norte do centro da cidade em Yellowknife, Territórios do Noroeste. O Projeto de Remediação de Mina Giant, co-gerida pelos Governos do Canadá e dos Territórios do Noroeste (GNWT), inclui componentes tais como estabilidade física e química, remediação de superfície, tratamento de água e monitoramento do site mina para saúde e segurança humana e as comunidades vizinhas para efeitos ambientais.

Um objetivo-chave e foco do projeto de remediação é a contenção e o gerenciamento a longo prazo dos resíduos históricos da mineração no local.

Vulnerabilidade Climática e Avaliação de Risco

Um desafio associado ao Projeto de Remediação da Mina Giant é a prevalência de trióxido de arsênico (arsênico) contendo material que foi produzido como resultado do processamento do minério de ouro. Aproximadamente 237.000 toneladas de material contendo arsênico são atualmente armazenadas em câmaras subterrâneas (GNWT & INAC 2010). Como a mina está localizada próxima a uma área populosa e às margens do Lago Athabasca, deve ser desenvolvido um plano de gerenciamento a longo prazo para o material contendo arsênico. Após extensa pesquisa e consulta, foi decidido que a maneira mais eficaz de gerenciar o material contendo arsênico seria permitir o congelamento das câmaras e das escavações em forma de degrau através do "método do bloco congelado". O critério de projeto é o seguinte:

O critério para a contenção inicial é baixar a temperatura do solo para -10°C em uma distância de pelo menos 10 m ao redor e abaixo de todos os trabalhos de mineração onde o pó de trióxido de arsênico está presente. A zona de 10 m a -10°C será estendida para o topo da câmara e degrais após a saturação do trióxido de arsênico... (O critério será então deslocado para o segundo estágio, onde será direcionado especificamente para a poeira de trióxido de arsênico. O critério proposto nessa etapa é manter a temperatura dentro da poeira a -5°C ou mais fria. (Mackenzie Valley Environmental Impact Review Board 2013)

Dada a localização da mina e o conhecimento atual das mudanças climáticas no Norte, um desafio chave na gestão da instalação de contenção será manter a temperatura para que o bloco permaneça congelado. As projeções de mudanças climáticas foram desenvolvidas para fornecer informações sobre a temperatura média futura crescente da região (GNWT 2019) e, finalmente, para informar o projeto e a administração da instalação de contenção. Especificamente, o conhecimento será usado para apoiar o projeto detalhado do bloco congelado para que o equipamento apropriado e os procedimentos de monitoramento possam ser implementados, e ajustes possam ser feitos para manter o bloco congelado ao longo do tempo. Em essência, as projeções climáticas informarão os gatilhos e limiares, as etapas do plano de gerenciamento adaptativo e, especificamente, os pontos de decisão quando as ações de gerenciamento devem ser tomadas.

Uma descrição do clima atual nos últimos 48 anos (1971-2018) foi fornecida com base nas medições observadas da estação climática Yellowknife A, a aproximadamente 5 quilômetros de distância da mina Giant. As observações da estação climática foram preenchidas com dados de reanálise (baseados em observações de satélite e terrestres) para alcançar a completude de dados necessária para a análise e ajustadas para levar em conta os impactos de localização e de vento sobre as observações. Estas observações foram usadas como uma linha de base climática que forneceu o contexto para o clima atual e

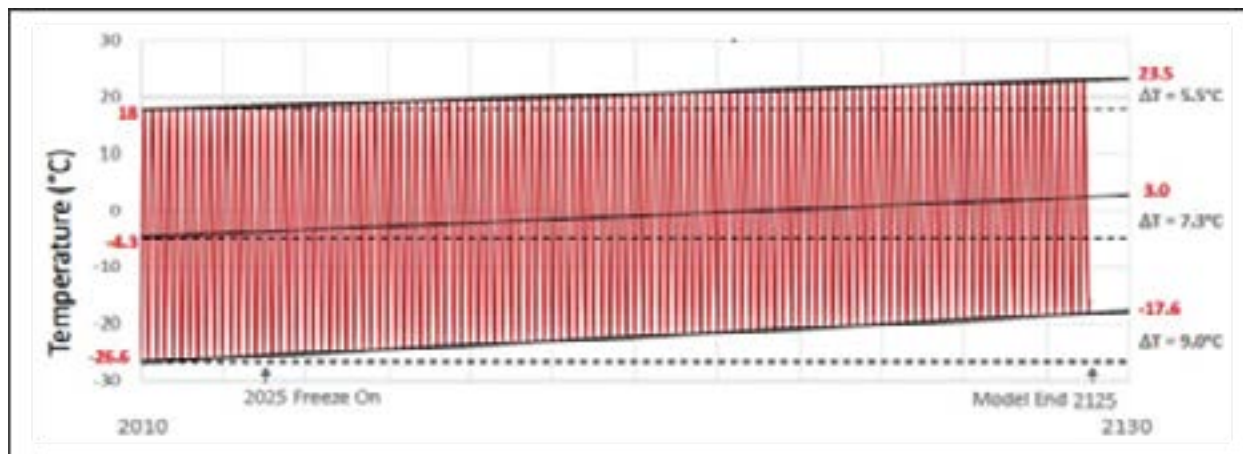
como ele está mudando.

O clima futuro foi descrito usando as projeções dos Modelos de Circulação Global (GCMs) incluídos como parte do Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (AR5). Há incerteza com as projeções, entretanto, esta incerteza é reduzida pelo uso de projeções múltiplas de vários modelos e cenários (conjunto de vários modelos), como recomendado pelo IPCC (IPCC 2013). As projeções futuras são fornecidas em termos de percentis ou probabilidades de superação, permitindo diferentes níveis de risco aceitável. Esta avaliação está sendo usada pelas equipes de fechamento de minas e águas superficiais para avaliar os impactos da mudança climática em seus pacotes de projeto.

Tomada de Decisão Incorporando a Mudança Climática

A avaliação climática acima atualizou as projeções de projeto originais que identificaram a tecnologia mais econômica e melhor para o desempenho. Os dados mais recentes confirmaram projeções anteriores de mudanças climáticas desenvolvidas para fornecer insights sobre as tendências de aquecimento entre os anos 2025 e 2130 usando modelos da Rede de Cenários para o Alasca e Planejamento do Ártico (SNAP) disponíveis na Mina NICO (GNWT 2019). Usando as projeções mais altas e mais baixas para o ano 2130, foi observado um aquecimento maior no inverno (+9,0°C) do que no verão (+5,5°C). Ao incorporar o modelo de aquecimento climático no projeto estratégico, o desempenho do bloco congelado pode ser modelado para o mesmo período temporal (projeção de 100 anos).

Figura 2: Projeções de aquecimento climático aplicadas entre 2025 e 2125 (GNWT/CIRNAC 2019)



Um Estudo de Otimização de Congelamento (Freeze Optimization Study - FOS) está sendo conduzido para avaliar e mitigar riscos, e para determinar a estratégia mais eficaz para alcançar o método de blocos congelados (GNWT & INAC 2010). O FOS inclui o resumo dos resultados da implementação do método de blocos congelados em uma câmara de contenção, utilizando termosifões ativos e passivos (híbridos). O estudo apresenta que os termosifões passivos mostraram um desempenho diminuído em maio (2011), quando a temperatura do ar se tornou muito quente, portanto, estes termosifões foram trocados para o modo híbrido. O monitoramento das operações passivas permitiu uma maior compreensão de como o clima pode influenciar o que está acontecendo no solo. As principais conclusões do estudo são resumidas a seguir:

- O solo congela mais rápido do que o previsto, portanto, o projeto conceitual apresentado é conservador.
- O congelamento é suficientemente rápido para que o resfriamento passivo completo possa ser razoável (assumindo as condições climáticas atuais); portanto,
- O congelamento ativo com uma unidade de refrigeração de energia intensiva pode não ser necessário.

Foi realizada uma avaliação ambiental adicional para avaliar o risco de um método úmido ou seco para o congelamento inicial. A avaliação concluiu que o método seco funcionava tão bem quanto o método úmido para atingir a temperatura alvo de congelamento (GNWT 2018), portanto, o risco adicional associado com o método úmido pode ser evitado. O congelamento a seco também é mais fácil de reverter do que o congelamento a úmido, portanto, na ocasião em que uma melhor tecnologia de remediação de arsênico estiver disponível, o bloco de congelamento pode ser facilmente revertido. As projeções de projeto também foram usadas no projeto de adaptação, particularmente em relação aos sifões térmicos. A manutenção dos termosifões é esperada perpetuamente, pois sua eficiência diminui com o tempo (por exemplo, perda de pressão de gás de carga). Sem manutenção, o bloco congelado poderia aquecer e descongelar se o sistema de resfriamento não for monitorado e mantido.

Caminhos de Adaptação

Como mencionado anteriormente, o sucesso do método de congelamento por blocos depende do clima ao redor da mina. O congelamento inicial para obter a concha congelada ao redor das câmaras de arsênico é o mais crítico. Se os períodos em que a temperatura ambiente do ar estiver consistentemente acima da temperatura do tubo de congelamento, então um método ativo de remoção de calor precisaria ser incorporado para alcançar o permafrost desejado. Além disso, se as futuras tecnologias oferecerem uma melhor opção para o gerenciamento do pó de arsênico, a flexibilidade para adaptar-se a outras opções deve estar disponível. O objetivo do FOS é fornecer informações básicas para a implementação bem sucedida do bloco de congelamento e permitir que os governos identifiquem áreas que requerem medidas potenciais de adaptação e monitoramento para garantir que o bloco de congelamento seja bem sucedido na contenção da câmara de armazenamento de arsênico. O FOS também oferece uma oportunidade para identificar quaisquer incertezas e restrições, bem como desenvolver contingências com base em eventos imprevistos que possam surgir.

Durante as etapas iniciais e operacionais do programa de congelamento, será implementado um procedimento de monitoramento para observar se o bloco de congelamento está atendendo aos critérios de temperatura de projeto. Um plano de contingência também foi desenvolvido para responder

às incertezas que podem surgir durante a operação de congelamento. Isto inclui investigar as causas, substituir componentes defeituosos se necessário, estender a duração do congelamento ativo/híbrido e/ou instalar mais termosifões híbridos e tubulação de congelamento (GNWT & INAC 2010).

Os seguintes procedimentos de monitoramento estão planejados para examinar o desempenho do bloco de congelamento. Os principais instrumentos incluirão o seguinte:

- Sistema de monitoramento da temperatura do solo (GNWT & INAC 2010)
- Dispositivos para medir o movimento do solo em áreas onde a estabilidade é uma preocupação (GNWT & INAC 2010)
- Monitoramento de temperaturas de fluidos, vazões e pressões em tubulações de sistemas híbridos (GNWT & INAC 2010)
- Verificações da pressão do gás e monitoramento da perda de calor dos radiadores de termosifões passivos (GNWT & INAC 2010)

Se o monitoramento durante a fase de manutenção do congelamento passivo de longo prazo indicar um aquecimento inesperado dentro ou em torno dos blocos congelados, as medidas de contingência disponíveis incluirão:

- Investigar as causas.
- Substituir componentes defeituosos.
- Instalar termosifões adicionais para neutralizar o aquecimento da superfície (GNWT & INAC 2010).

Um limiar crítico é definido quando a temperatura do solo a 10 m da câmara atinge -2°C , enquanto um gatilho é definido quando esta temperatura atinge 0°C (GNWT 2019). Um pior cenário foi avaliado para termosifões defeituosos que passam despercebidos e não mitigados. Uma vez atingido o bloco congelado e a zona de 10 m estiver a -10°C , foi previsto que levaria 10 anos antes que os limites externos de poeira fossem descongelados a -5°C , proporcionando assim tempo suficiente para reagir e se adaptar antes que o limite seja excedido (GNWT & INAC 2010).

Recursos adicionais

GNWT & INAC (2010). Governo dos Territórios do Noroeste e Assuntos Indígenas e do Norte do Canadá. Relatório de Avaliação da Desenvolvedora do Projeto de Remediação de Minas Gigantes. EA0809-001. Outubro de 2010. http://reviewboard.ca/upload/project_document/EA0809-001_Giant_DAR_1288220431.PDF

GNWT (2018). O Relatório Anual 2017-18 do Projeto de Remediação de Mina Gigante. Rumo à Remediação. October 2018. <https://gmob.ca/wp-content/uploads/2018/11/2018-11-02-Giant-Mine-Remediation-Project-Annual-Report-2017-2018.pdf>

GNWT & Crown-Indigenous Relations and Northern Affairs Canada (2019). Projeto de Remediação de Minas Gigantes; Workshop SABCS, Deep-Freeze - Accounting for Potential Climate Changes in the Freeze Program at Giant Mine. PowerPoint. 25 de setembro de 2019.

Mackenzie Valley Environmental Impact Review Board (2013). Relatório de Avaliação Ambiental e Razões para a Decisão. Projeto de Remediação de Mina Gigante. EA0809-001. 20 de junho de 2013. http://reviewboard.ca/upload/project_document/EA0809-001_Giant_Report_of_Environmental_Assessment_Junho_20_2013.PDF

Mina Millennium da Suncor - Gestão adaptativa em Gestão de Rejeitos

Antecedentes

Suncor Energy Ltd. (Suncor) é uma empresa canadense de energia especializada na produção de petróleo bruto sintético a partir de areias petrolíferas em Alberta. Ela opera areias petrolíferas comerciais em Alberta desde 1967 e atualmente opera várias minas de areias petrolíferas no norte de Alberta.

Em 2016, a Suncor apresentou um Plano de Gerenciamento de Rejeitos Líquidos (TMP) para a Aplicação da Planta Base e simultaneamente apresentou a Aplicação da Emenda Operacional do Milênio (MOA), incluindo detalhes com relação aos planos de mineração e fechamento. O TMP proposto resultará em mais de 70% de seus rejeitos sendo gerenciados através de uma nova tecnologia não comprovada - Sistema de Armazenamento Aquático Passivo (PASS) - que utiliza a adição de produtos químicos para desaguamento dos rejeitos e reduzir a mobilidade dos contaminantes. A água será colocada em cima dos rejeitos tratados após o fim da vida útil da mina, criando um resultado de fechamento aquático em DDA3, (também conhecido como tamponação de água). Este novo PASS pretende também gerenciar as incertezas e riscos relacionados a um clima em mudança, especificamente incertezas relacionadas aos níveis de água.

A Reguladora de Energia de Alberta (AER) aplica uma abordagem baseada no risco para regular a indústria, o que significa que as atividades de maior risco recebem maior atenção. Dada a natureza e escala dos rejeitos líquidos gerados pelas operações de mineração de areias petrolíferas e a pesquisa e desenvolvimento contínuos da tecnologia de tratamento de rejeitos, a gestão de rejeitos líquidos é considerada uma das atividades industriais de maior risco de Alberta. Para gerenciar e diminuir o passivo e os riscos ambientais resultantes do acúmulo de rejeitos líquidos, o Governo de Alberta emitiu a Estrutura de Gerenciamento de rejeitos para as Areias Petrolíferas de Athabasca (TMF) em 2015. Como parte da implementação da TMF, a AER divulgou a Diretiva 085: Gerenciamento de Resíduos Líquidos para Projetos de Mineração de Areias Petrolíferas, que estabelece os novos requisitos para planos de gerenciamento de resíduos líquidos.

Para a aplicação TMP da Suncor, isto significa que a AER precisava ter as garantias apropriadas de que os resíduos líquidos da Suncor atenderão aos resultados da TMF dentro do prazo e que as condições das aprovações são claras e aplicáveis sob a Diretiva 085.

Vulnerabilidade climática e avaliação de risco

A Suncor forneceu informações sobre os fundamentos, dados e suposições relacionadas aos riscos e incertezas para o PASS e o DDA3. Essas informações incluíam medidas de mitigação, planos de contingência e marcos de recuperação, incluindo informações relevantes para a mudança climática. A Suncor descobriu que a mudança climática poderia representar um risco para o Lago da Cava Alta - Upper Pit Lake (UPL) e que as previsões atuais mostram um futuro mais aquecido e mais úmido. Se o contrário fosse verdade, a viabilidade do UPL poderia ser comprometida se ela não fosse gerenciada adequadamente. A Suncor forneceu informações à AER sobre as alavancas à sua disposição para gerenciar este risco, inclusive:

- A capacidade de mudar a elevação da saída do lago.
- Mudando esta elevação da zona litorânea.
- Adaptando nossa abordagem durante os próximos 26 anos à medida que adquirimos uma melhor compreensão da hidrologia e das condições climáticas a longo prazo.

- Uma vez que os rejeitos de líquidos tratados tenham sido completados, é necessário tampá-los de alguma forma, garantindo que mesmo em um cenário onde o lago seca periodicamente, haja alguma barreira entre os rejeitos de líquidos tratados e o meio ambiente.
- Modificar o cenário de fechamento e drenagem para fornecer mais/menos água para o UPL.

Tomada de Decisão Incorporando a Mudança Climática

Sob a Diretiva 085 a AER inclui condições em aprovações que são baseadas em resultados, gerenciam riscos e incertezas, suportam flexibilidade e gestão adaptativa, e são exequíveis. No mínimo, as condições de aprovação irão abordar:

- Limites específicos de projeto para rejeitos de líquidos novos e antigos
- Desempenho do depósito de rejeitos e marcos
- Medidas de mitigação e planos de contingência
- Exigências de monitoramento e relatórios

Portanto, a AER incluiu requisitos de pesquisa, monitoramento, avaliação e relatório à aprovação do TMP da Suncor para fornecer as informações necessárias para verificar as suposições de tecnologia e desempenho do depósito, incluindo requisitos relacionados ao monitoramento e avaliação da mudança climática.

Caminhos de Adaptação

Os cenários de mudança climática podem ter uma série de impactos potenciais no fechamento e nos resultados do fechamento. Para gerenciar incertezas em condições climáticas futuras, a Suncor modelou uma série de condições esperadas com base nas melhores informações disponíveis. Em geral, estas previsões indicam que a temperatura aumentará, assim como a quantidade de precipitação (mais quente e mais úmida). No entanto, ainda é possível que haja menos precipitação no futuro. A modelagem realizada até o momento mostra que sob as condições esperadas de mudança climática a UPL será viável. Caso haja menos água do que o esperado, a Suncor tem a capacidade de modificar efetivamente o DDA3 para ainda alcançar um lago viável.

Como pano de fundo, o plano de drenagem de fechamento atinge uma relação de 9:1 de bacia hidrográfica para a área do lago e está dentro da faixa aceitável para um lago de cava viável. Na ausência de um modelo hidrológico, é considerado aceitável utilizar a relação entre a bacia hidrográfica e a área do lago como uma abordagem geral para a viabilidade do tamanho do lago. Entretanto, a Suncor tem um modelo hidrológico (que é a base para a aplicação do MOA) que ela utilizou para determinar se existe uma bacia hidrográfica suficiente para suportar o tamanho do lago proposto, dada uma série de cenários de mudança climática. A abordagem de usar um modelo hidrológico é preferível a uma razão bacia hidrográfica genérica/bacia hidrográfica e fornece melhores informações para ajudar a gerenciar as incertezas.

Suncor tem duas alavancas-chave disponíveis para gerenciar os impactos dos cenários de mudança climática na viabilidade do lago planejado para o DDA3:

1. A Suncor tem a capacidade de mudar a elevação da saída do lago. O plano de rejeitos para o DDA3 tem uma suposição conservadora de sedimentação/consolidação para os rejeitos tratados durante as operações de 2018 a 2043; portanto, espera-se que mais sedimentação ocorra no DDA3 durante

o período operacional. Isto significa que a elevação final dos rejeitos tratados no DDA3 poderia ser menor. Isto proporciona à Suncor flexibilidade para mover a elevação da saída mais alta ou mais baixa, dependendo do caso.

2. Suncor tem a capacidade de mudar a elevação da zona litorânea. A zona litoral para a UPL é criada pela escavação no lixão de areia 9. Isto significa que a elevação da zona litorânea pode ser mudada para acomodar um lago de tamanho menor ou maior.

O tempo de agora até a conclusão planejada do DDA3 (2043) oferece oportunidades adicionais para avaliação e mitigação de riscos. Este tempo permitirá um trabalho adicional contínuo na tecnologia de tratamento de rejeitos, melhorias de modelos e compreensão da mudança climática. Em conclusão, estas mitigações potenciais proporcionam à Suncor a flexibilidade para adaptar o plano de fechamento à medida que melhoramos nossa compreensão da hidrologia de longo prazo ao longo dos próximos 20+ anos.

Recursos adicionais

Alberta Energy Regulator Decision 20171025A: Suncor Energy Inc., Applications for Millennium Operational Amendment and Base Plant Tailings Management Plan. <https://www.aer.ca/documents/decisions/2017/20171025A.pdf>

Regulador de Energia de Alberta. 2017. Diretiva 085: Gerenciamento de Resíduos Fluidos para Projetos de Mineração de Areias Petrolíferas. <https://www.aer.ca/documents/directives/Directive085.pdf>

Governo de Alberta. 2015. Região do Baixo Athabasca: Estrutura de gerenciamento de rejeitos para as Areias Petrolíferas de Athabasca Mineráveis (TMF). <https://open.alberta.ca/publications/9781460121740>

Anexo E: Vulnerabilidades da Mudança Climática - Ciclo de Vida de Minas

Como discutido na seção 4, os riscos da mudança climática variam de acordo com a fase do ciclo de vida em que uma mina se encontra. Os riscos climáticos dependem da localização da mina (por exemplo, costeira versus interior, árida versus temperada), da extensão geográfica e dos componentes da infraestrutura física.

Seguindo as duas primeiras etapas do processo de avaliação de risco (Etapa 1: Definição da Avaliação de Risco e Etapa 2: Coleta de Informações), Etapa 3: Identificação de Vulnerabilidades requer a identificação das vulnerabilidades e riscos da mudança climática de um site. Os riscos climáticos são específicos do site; portanto, espera-se que a lista de riscos potenciais desenvolvida na Etapa 3 varie entre os sites. A seguir está uma lista não exaustiva de potenciais vulnerabilidades climáticas que podem representar riscos para uma mina e que foram incluídas na tabela abaixo. As vulnerabilidades são divididas pelas variáveis de mudança climática que influenciarão a mudança projetada em cada vulnerabilidade (ou seja, o aumento das temperaturas causará um aumento na degradação do permafrost).

- Temperaturas crescentes
- Calor Extremo
- Seca
- Mudança de Ventos
- Mudança de Precipitação
- Eventos de Precipitação de Alta Intensidade
- Mudanças na queda de neve
- Degelo de neve de maior intensidade
- Recuo Glacial
- Mudança nas estações de crescimento vegetal
- Degradação do Permafrost
- Elevação do nível do mar
- Tempestades (por exemplo, de gelo, de raios, de vento, furacões)
- Erosão costeira
- Inundações
- Incêndios florestais
- Umidade/ Evapotranspiração
- Comunidades Biológicas

A Tabela E-1 fornece exemplos de riscos potenciais que podem ocorrer como resultado de vulnerabilidades da mudança climática durante cada fase do ciclo de vida da mina.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Temperaturas crescentes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode ter impacto na localização do site da mina, pois a disponibilidade de água pode ser afetada por perigos impulsionados pelo aumento da temperatura (ou seja, calor extremo e seca). ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais das futuras mudanças de temperatura projetadas, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode impactar os subjacentes pressupostos climáticos utilizados no projeto da infraestrutura da mina, incluindo redes de sistemas de ventilação. ■ Pode impactar o subjacente pressupostos climáticos utilizados no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperaturas mais altas podem reduzir a capacidade dos geradores térmicos e das linhas de transmissão. ■ Temperaturas mais altas podem significar uma estação sem gelo mais longa no Ártico, estações de abastecimento curtas para minas que dependem das estradas de gelo de inverno para o abastecimento. ■ A variabilidade sazonal nos requisitos de uso de energia pode ser observada (por exemplo, menos energia de aquecimento necessária no inverno, mas mais necessária para o resfriamento no verão). ■ Pode levar a mais interrupções operacionais devido a temperaturas subterrâneas mais elevadas. ■ Pode ter impacto sobre os custos de energia de ventilação (provavelmente aumentando como resultado). ■ Pode aumentar a geração de poeira e as atividades de mitigação do impacto da poeira. ■ Pode criar condições de trabalho inapropriadas para os funcionários. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mudanças na temperatura podem afetar o sucesso do crescimento das espécies de flora/vegetação para atividades de fechamento. ■ Temperaturas mais altas podem danificar a infraestrutura remanescente nos sites após o fechamento. ■ Pode aumentar a geração de pó e impactar as atividades de mitigação de pó.
Calor Extremo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os potenciais impactos do calor extremo projetado no futuro, com base nos riscos identificados em outras fases. ■ Pode ser necessário planejar perda de transmissão de eletricidade da fonte geradora para o site. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode afetar o projeto da infraestrutura e da mina se não projetado para suportar calor extremo. ■ Pode impactar o subjacente pressupostos climáticos utilizado no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O calor extremo pode ter impacto na disponibilidade de água (ver seção Seca) e pode causar desequilíbrio hídrico no local. A redução dos recursos hídricos necessários para o resfriamento da água pode ter impacto nas operações ou levar a ineficiências das turbinas. Por exemplo, água é necessária para mineração e operação de metais para atividades de resfriamento, britagem, moagem de minério, transporte de chorume, armazenamento de rejeitos e de mitigação de poeira. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O calor extremo pode danificar a infraestrutura remanescente no site após o fechamento. ■ O calor extremo pode resultar na morte da vegetação. ■ O calor extremo pode ter impacto sobre a eficácia das estratégias de fechamento dos resíduos de minas (por exemplo, desempenho dos sistemas de cobertura).

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Continuação de Calor Extremo			<ul style="list-style-type: none"> ■ A disponibilidade de água é crítica para a produção de energia hidrelétrica. ■ Temperaturas mais altas podem causar problemas de saúde e segurança para os funcionários. Ondas de calor podem causar fadiga térmica crônica e o estresse térmico pode exacerbar doenças cardiovasculares e respiratórias. ■ Redução da eficiência da infraestrutura sob altas temperaturas. ■ Pode aumentar a geração de poeira e as atividades de mitigação do impacto da poeira. ■ Pode criar condições de trabalho inapropriadas para os funcionários. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode aumentar a geração de pó e impactar as atividades de mitigação de pó.
Seca	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode impactar o balanço hídrico. Especificamente, se uma mina requer uma certa quantidade de água para manter as operações, o plano da mina pode precisar considerar mudanças futuras na temperatura e precipitação, já que os eventos de seca são projetados para aumentar a frequência. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode impactar o projeto da infraestrutura e da mina se não for projetado para aguentar períodos com pouca ou nenhuma água. ■ Pode impactar o subjacente pressupostos climáticos utilizados no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode ter impacto na disponibilidade de água e balanço hídrico do site. ■ Pode aumentar o custo do fornecimento de água. ■ Pode ter impacto no fornecimento de água subterrânea à medida que as taxas de recarga diminuem. ■ Aumento das condições de seca pode aumentar a probabilidade de incêndios nas áreas próximas (ver seção Incêndio Florestal). ■ Pode aumentar a geração de poeira e as atividades de mitigação do impacto da poeira. ■ Pode ter impacto na eficácia das estratégias de gerenciamento de resíduos de minas (por exemplo, a necessidade de manter condições saturadas para prevenir a drenagem ácida), o que, por sua vez, pode ter impacto na gestão e no tratamento da água. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ A longo prazo, a eficácia das coberturas para rejeitos e resíduos de rocha pode diminuir em áreas sob estresse hídrico. ■ O aumento da frequência dos eventos de seca pode levar à morte de vegetação ■ Pode ter impacto na eficácia das estratégias de gerenciamento de resíduos de minas (por exemplo, a necessidade de manter condições saturadas para prevenir a drenagem ácida), que por sua vez pode ter impacto sobre as necessidades de gerenciamento e tratamento da água. ■ Pode ter impacto no stress hídrico nas cidades locais.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Mudança de Ventos	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os potenciais impactos das mudanças futuras projetadas no vento, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O projeto da infraestrutura pode precisar considerar um aumento dos ventos que podem levar a danos. ■ Pode impactar o subjacente pressupostos climáticos utilizados no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Os ventos crescentes podem danificar a infraestrutura no local (por exemplo, ventos extremos podem danificar os telhados dos edifícios ou outras infraestruturas). ■ Os ventos crescentes podem contribuir para a geração de poeira e requisitos associados de gerenciamento de poeira. ■ Caminhos de transmissão de energia podem ser interrompidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Potencial para que a infraestrutura seja danificada a longo prazo como resultado do aumento dos ventos. ■ Ventos crescentes podem elevar os riscos de migração de poeira para fora do site.
Mudança de Precipitação	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais de futuras mudanças previstas na precipitação, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode impactar o subjacente pressupostos climáticos utilizados no projeto da infraestrutura da mina. ■ Pode impactar o subjacente pressupostos climáticos utilizados no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ As mudanças na precipitação sazonal afetarão a hidrologia e a umidade do solo, o que pode afetar a capacidade das estruturas de contenção de resíduos de prevenir a contaminação da terra e das águas subterrâneas circundantes. ■ O aumento da precipitação e as altas temperaturas podem acelerar o desgaste por intempéries de rochas residuais geradoras de ácido e causar um início mais precoce e um aumento do volume de drenagem ácida. ■ Mudanças no fluxo de água através de sites de minas como resultado de mudanças na precipitação podem causar falhas com estabilidade de taludes, podendo danificar as estruturas de contenção. ■ Mudanças no fluxo de água através do site podem impactar a gestão da água, incluindo a drenagem do site. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mudanças na precipitação sazonal podem afetar a reabilitação da flora/vegetação para sites fechados. ■ Mudanças na precipitação sazonal afetarão a hidrologia e a umidade do solo, o que pode afetar a capacidade das estruturas de contenção de resíduos de evitar a contaminação da terra e das águas subterrâneas circundantes. ■ O aumento da precipitação e a alta temperatura podem acelerar o desgaste por intempéries de rochas residuais geradoras de ácido e causando um início mais precoce e aumento do volume de drenagem ácida das minas. ■ Mudanças no fluxo de água através dos sites da mina como resultado de mudanças na precipitação podem causar falhas com estabilidade de declive, potencialmente prejudiciais às estruturas de contenção.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Mudança na precipitação (Continuação)				<ul style="list-style-type: none"> ■ Mudanças no fluxo de água através do site podem ter impacto na gestão da água, inclusive na drenagem do site, e podem impactar as comunidades de interesse vizinhas.
Eventos de Precipitação de Alta Intensidade (Mason et al. 2013)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais de futuros eventos de precipitação de alta intensidade projetados, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode considerar os padrões de construção e projeto que consideram as mudanças climáticas. ■ O projeto de futuras barragens, instalações de rejeitos, sistemas de gestão de água (por exemplo, bueiros, tubulações e estações de tratamento) deve considerar mudanças climáticas futuras, especificamente para mudanças na precipitação e eventos extremos que possam estar fora dos valores históricos de projeto. ■ Pode ter impacto nas suposições climáticas subjacentes usadas no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Os eventos de precipitação de alta intensidade podem danificar a infraestrutura, perturbar as operações e as cadeias de abastecimento. ■ Podem resultar em inundações localizadas ou a jusante (ver seção Inundações). ■ Eventos de precipitação intensa podem ter impacto sobre as estruturas de gestão da água que não foram projetadas para resistir a esses eventos. ■ Eventos de precipitação intensa podem causar deslizamentos de estradas, limitando o acesso aos locais das minas e interrompendo os suprimentos e serviços. ■ O aumento da precipitação pode causar movimentos de paredes e falhas nas paredes da cava relacionadas com a drenagem da cava. ■ Pode aumentar a necessidade de energia para o aumento das atividades de drenagem e movimentação de água (bombeamento). ■ Eventos de precipitação intensa podem ter impacto sobre os rejeitos que não foram projetados para resistir a esses eventos. ■ Podem ter impactos sobre a drenagem do local. ■ Podem causar contaminação a jusante de vazamentos de água não tratada. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ As estruturas finais de gestão da água podem transbordar e as estruturas a jusante podem ser sobrecarregadas como resultado de chuvas extremas. ■ Podem resultar em enchentes localizadas ou a jusante (veja seção Inundações). ■ Eventos de precipitação intensa podem causar deslizamentos de estradas, limitando o acesso aos locais das minas e interrompendo os suprimentos e serviços. ■ Eventos de precipitação intensa podem ter impacto em instalações de rejeitos que não foram projetadas para resistir a esses eventos. ■ Podem ter impactos sobre a drenagem do local. ■ Podem causar contaminação a jusante das descargas de água não tratada.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Mudanças na queda de neve	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os potenciais impactos de das mudanças futuras projetadas na queda de neve, com base nos riscos identificados em outras fases. ■ Consulte os códigos de construção aplicáveis para as estruturas (por exemplo, carga de neve nos edifícios). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O projeto da infraestrutura (por exemplo, telhados de edifícios) pode ser danificado ou pode falhar se as cargas de neve aumentarem e excederem os limites do projeto. ■ Pode impactar as suposições climáticas subjacentes usadas no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mudanças no fluxo de água através dos sites das minas como resultado de mudanças na queda de neve podem danificar a infraestrutura de gerenciamento de água e as estruturas de contenção. ■ Aumento dos equipamentos e requisitos de energia para o aumento das atividades de remoção de neve. ■ Diminuição da queda de neve pode levar a um aumento da erosão das instalações de rejeitos. ■ Mudanças nos padrões de queda de neve e aumento da frequência de degelos no inverno e eventos de “chuva na neve”, aumentando o risco de avalanches e também pode aumentar o risco associado a altos fluxos e escoamento (run-off) excessivo durante o inverno. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Potencial para que a infraestrutura seja danificada a longo prazo como resultado do aumento das cargas de neve. ■ Mudanças no fluxo de água através de sites de minas como resultado de mudanças na queda de neve podem danificar a infraestrutura de gerenciamento de água e estruturas de contenção. ■ Diminuições na queda de neve podem levar a um aumento da erosão das instalações de rejeitos. ■ Mudanças nos padrões de queda de neve e aumento da frequência de degelos no inverno e eventos de “chuva sobre neve”, aumentando o risco de avalanches e também pode aumentar o risco associado a altos fluxos e escoamento (run-off) excessivo durante o inverno. ■ Pode também prejudicar as cadeias de abastecimento / causar interrupções na cadeia de abastecimento.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Maior intensidade de derretimento de neve	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais das mudanças futuras projetadas na neve, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O projeto da infraestrutura pode precisar considerar um aumento na neve que pode levar a danos. ■ Pode impactar as suposições climáticas subjacentes usadas no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode oferecer uma oportunidade de extrair dos lagos locais, já que o aumento da nevasca irá alimentar esses sistemas. ■ Pode ter implicações para o balanço hídrico do local e disponibilidade de água no verão se os sistemas de gerenciamento de água forem sobrealimentados durante o frescor e o Proprietário não for capaz de armazenar água suficiente para uso no verão. ■ Alta intensidade de eventos de degelo pode danificar infraestrutura, perturbar operações e redes de abastecimentos. ■ Pode resultar em inundação localizada ou a jusante (Veja seção Inundação). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Um frescor de maior intensidade pode sobrecarregar o gerenciamento da água no local e interromper as operações (veja a seção de precipitação de alta intensidade). ■ Pode ter implicações para o balanço hídrico do site. ■ Pode resultar em inundações localizadas ou a jusante (veja a seção Inundações).
Recuo Glacial	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais do futuro recuo glacial projetado, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O projeto da infraestrutura pode precisar considerar um aumento ou diminuição na disponibilidade de água e mudanças no balanço hídrico se estiver a jusante de uma geleira em recuo. ■ Pode impactar as suposições climáticas subjacentes usadas no desenvolvimento do plano de fechamento. ■ Pode impactar o projeto da futura mina e potenciais reservas de minério e vida útil da mina se o recuo glacial expuser áreas anteriormente não acessíveis à mineração. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O recuo das geleiras pode ter impacto sobre o gerenciamento da água no site. ■ Pode ter impacto no projeto futuro da mina e nas reservas potenciais de minério e na vida da mina se o recuo glacial expuser áreas não acessíveis anteriormente à mineração. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode impactar o gerenciamento da água no site para a infraestrutura remanescente.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
mudanças dos ciclos de crescimento	<ul style="list-style-type: none"> Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais das mudanças futuras projetadas na estação de crescimento no desenvolvimento e implementação do plano de recuperação progressiva e de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> O proprietário deve considerar potenciais mudanças futuras na estação de crescimento e impactos no desenvolvimento e implementação progressiva do plano de recuperação e fechamento 	<ul style="list-style-type: none"> Mudanças na duração da estação de crescimento podem impactar a recuperação progressiva e as emissões de poeira. 	<ul style="list-style-type: none"> A duração da estação de crescimento pode impactar a seleção de espécies e a reabilitação da flora/ vegetação que pode impactar as Comunidades de Interesse.
mudanças dos ciclos de crescimento (Continuação)	<ul style="list-style-type: none"> Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais da futura degradação projetada do permafrost, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> O degelo do permafrost pode ter impacto no projeto da infraestrutura de mineração, cuja integridade estrutural pode depender dela. Pode impactar as suposições climáticas usadas no projeto de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> A degradação do permafrost pode causar instabilidade da terra e pode impactar a infraestrutura que depende do permafrost, incluindo instalações de rejeitos, infraestrutura de gerenciamento de água, estradas de acesso a minas, estradas de transporte, fundações de edifícios e plantas, e outras estruturas subterrâneas. Pode impactar a eficácia das estratégias de gerenciamento de resíduos de minas (por exemplo, a necessidade de manter condições de congelamento para evitar drenagem ácida), o que por sua vez pode impactar as necessidades de gerenciamento e tratamento de água. 	<ul style="list-style-type: none"> Potencial para que a infraestrutura de longo prazo, particularmente as instalações de rejeitos e a infraestrutura de gerenciamento de água, sejam danificadas como resultado da degradação do permafrost. Pode ter impacto na eficácia das estratégias de gerenciamento de resíduos de minas (por exemplo, necessidade de conservar condições de congelamento para evitar drenagem ácida), o que, por sua vez, pode ter impacto no gerenciamento e no tratamento da água.
Elevação do Nível do Mar	<ul style="list-style-type: none"> Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais da futura elevação do nível do mar projetada, com base nos riscos identificados em outras fases. Deve ser considerado na seleção de localização para os principais componentes do site da mina para sites próximos ao nível do mar. 	<ul style="list-style-type: none"> Pode impactar o projeto da infraestrutura ao considerar a elevação do nível do mar. Pode ter impacto nas suposições climáticas subjacentes usadas no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> A intrusão de água salgada no suprimento de água doce pode impactar a qualidade da água. Pode afetar a disponibilidade do porto e pode interromper as operações devido a atrasos ou interrupções de transporte. Pode ter impacto na infraestrutura terrestre construída próximo ao nível do mar. 	<ul style="list-style-type: none"> Pode danificar a infraestrutura se próximo ao nível do mar.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Eventos de Tempestade (relâmpago, gelo, neve) (Mason et al. 2013)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais das mudanças futuras projetadas em eventos de tempestade, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode impactar o projeto da infraestrutura ao considerar a maior frequência de relâmpagos e o aumento das cargas de neve e gelo. ■ Pode impactar as suposições climáticas subjacentes usadas no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode danificar a infraestrutura, interromper as operações e as cadeias de abastecimento. ■ Eventos crescentes de tempestades podem danificar a infraestrutura no local devido ao gelo ou à queda de raios. ■ As vias de transmissão de energia podem ser interrompidas como resultado do acúmulo de gelo ou linhas de energia danificadas. ■ Eventos de tempestades podem impactar a capacidade dos funcionários de fazer negócios, devido a ambientes de trabalho inseguros ou acesso bloqueado ao local. ■ Podem aumentar a geração de poeira e impactar as atividades de mitigação de poeira. ■ Podem aumentar os fatores de estresse para as comunidades locais de interesse. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Potencial para que a infraestrutura seja danificada a longo prazo como resultado de eventos de tempestade após o fechamento. ■ Pode aumentar a geração de poeira e impactar as atividades de mitigação de poeira.
Erosão Costeira	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais da futura erosão costeira projetada, com base nos riscos identificados em outras fases. ■ Deve ser considerado na seleção de locais para os principais componentes do local da mina para locais próximos ao nível do mar. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O projeto da infraestrutura pode precisar considerar e dar conta de inclinações instáveis como resultado da erosão. ■ Pode impactar as suposições climáticas subjacentes usadas no plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ As mudanças climáticas exacerbam a erosão costeira devido aos níveis mais altos da água e a ação das ondas que podem causar declives instáveis ou levar à intrusão de água salgada. ■ A erosão costeira pode danificar o transporte e outras infraestruturas localizadas no ambiente próximo à costa. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode impactar a infraestrutura a longo prazo se a estabilidade das encostas for comprometida..
Inundação	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais de futuros aumentos projetados nas inundações, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ A infraestrutura de águas pluviais pode ser impactada se não for projetada para atender aos aumentos projetados em eventos de precipitação extrema. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Os caminhos de transmissão de energia podem ser interrompidos. ■ Pode danificar a infraestrutura dentro e fora do site, incluindo a infraestrutura de gerenciamento de água e a infraestrutura de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode danificar a infraestrutura dentro e fora do site, incluindo a infraestrutura de gerenciamento de água e infraestrutura de transporte. ■ Pode causar contaminação a jusante da liberação de água não tratada.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Inundação (Continuação)	<ul style="list-style-type: none"> Deve ser considerado na seleção de locais para componentes-chave do site da mina para prevenir impactos de futuras inundações e como isto impactará as comunidades vizinhas 	<ul style="list-style-type: none"> Pode impactar as suposições climáticas subjacentes usadas no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> As inundações podem impactar a capacidade dos funcionários de fazer negócios devido a ambientes de trabalho inseguros ou ao bloqueio do acesso ao local. Pode causar contaminação a jusante por liberação de água não tratada. 	
Incêndios florestais	<ul style="list-style-type: none"> Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais dos aumentos projetados nos incêndios, com base nos riscos identificados em outras fases. Deve ser considerado na seleção de locais para componentes-chave do site da mina para prevenir ou limitar os impactos dos incêndios. 	<ul style="list-style-type: none"> Pode impactar o projeto da infraestrutura para considerar o uso de materiais resistentes ao fogo no site se o incêndio for uma vulnerabilidade potencial. 	<ul style="list-style-type: none"> Os raios podem aumentar a probabilidade de incêndios nas áreas circunvizinhas. Os danos causados pelos incêndios podem incluir a interrupção da transmissão de energia, limitar o acesso às operações e pode causar danos à infraestrutura de comunicações e energia. Incêndios podem afetar a capacidade dos funcionários de fazer negócios devido a ambientes de trabalho inseguros ou acesso bloqueado ao local. Incêndios podem levar a suspensões temporárias de operações que podem ter implicações no gerenciamento da água (por exemplo, energia para bombas e outros equipamentos) e podem resultar em interrupções nas atividades de manutenção e monitoramento (por exemplo, o monitoramento das instalações de coleta de rejeitos). 	<ul style="list-style-type: none"> Pode causar danos à infraestrutura a longo prazo após o fechamento. Incêndios podem levar a interrupções temporárias no fornecimento de energia, acesso ao local e outros recursos que podem ter implicações no gerenciamento da água (por exemplo, energia para bombas e outros equipamentos) e podem resultar em interrupções nas atividades de manutenção e monitoramento (por exemplo, o monitoramento das instalações de coleta de rejeitos).
Umidade/ Evapotranspiração	<ul style="list-style-type: none"> Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais das mudanças projetadas na umidade/ evapotranspiração, com base nos riscos identificados em outras fases. 	<ul style="list-style-type: none"> Pode impactar o projeto da infraestrutura para considerar mudanças na umidade e evapotranspiração. Pode impactar as suposições climáticas subjacentes usadas no desenvolvimento do plano de fechamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Mudanças na umidade podem afetar o balanço hídrico durante as operações Pode ter impacto na eficácia das estratégias de fechamento para resíduos de minas (por exemplo, desempenho dos sistemas de cobertura). Pode ter impacto na geração de poeira e nas atividades de mitigação do impacto da poeira. Pode impactar as atividades de recuperação progressiva, especialmente a revegetação. Pode afetar as condições de trabalho no site. 	<ul style="list-style-type: none"> Pode ter impacto na eficácia das estratégias de fechamento para resíduos de minas (por exemplo, desempenho dos sistemas de cobertura). Pode impactar a geração de poeira e as atividades de mitigação do impacto da poeira. Pode impactar a revegetação.

Variáveis climáticas e eventos	Planejamento	Projeto	Construção e Operações	Fechamento e Pós-fechamento
Comunidades Biológicas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante a fase de planejamento, o Proprietário deve considerar os impactos potenciais das mudanças projetadas nas comunidades biológicas, com base nos riscos identificados em outras fases. ■ Pode causar uma mudança ou perda de habitat disponível para as espécies, mudar a composição da comunidade, mudar a capacidade de assimilação do ambiente receptor e conduzir critérios de efluentes. ■ Mudanças nas comunidades biológicas podem afetar a subsistência das comunidades locais. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode causar uma mudança ou perda do habitat disponível para as espécies, mudar a composição da comunidade, mudar a capacidade de assimilação do ambiente receptor e conduzir os critérios de efluentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode causar uma mudança ou perda do habitat disponível para as espécies, mudar a composição da comunidade, mudar a capacidade de assimilação do ambiente receptor e impulsionar mudanças nos requisitos legais. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pode causar uma mudança ou perda do habitat disponível para as espécies, mudar a composição da comunidade, mudar a capacidade de assimilação do ambiente receptor e impulsionar mudanças nos requisitos legais.

Nota: As informações apresentadas nesta tabela foram inferidas com base em várias fontes, incluindo, mas não se limitando a elas;

Grupo de Trabalho de Mineração da Plataforma de Adaptação. 2015. Impactos econômicos de um clima em mudança nos locais de mineração no Canadá: Avaliação de investimentos pró-ativos de adaptação contra custos reativos estimados. Recursos Naturais do Canadá. Obtido de [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-NRCan-climate-change-adaptation-analysis-report-Mining/\\$FILE/NRCan%20climate%20change%20adaptation%20analysis%20report_mining.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-NRCan-climate-change-adaptation-analysis-report-Mining/$FILE/NRCan%20climate%20change%20adaptation%20analysis%20report_mining.pdf)

Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM). 2013. Adaptação a um clima de mudança: implicações para a indústria de mineração e metais.

Mason, L., Unger, C., Lederwasch, A., Razian, H., Wynne, L., & Giurco, D. 2013. Adaptação aos riscos climáticos e ao clima extremo: Um guia para profissionais da indústria de mineração e minerais. National Climate Change Adaptation Research Facility (NCCARF), Gold Coast, 76 pp. Recuperado de https://www.nccarf.edu.au/sites/default/files/attached_files_publications/Mason_2013_A_guide_for_mining_and_minerals_industry.pdf

Smith, M.H. 2013. Assessing Climate Change Risks and Opportunities (Avaliando Riscos e Oportunidades da Mudança Climática): Setor de Mineração e Processamento Mineral. Universidade da Nação Australiana e Grupo de Investidores em Mudanças Climáticas. Obtido em https://www.researchgate.net/profile/Michael_Smith119/publication/304783841_Assessing_Climate_Change_Risks_and_Opportunities_Mining_and_Minerals_Processing_sector/links/577ad12e08ae213761c9c365/Assessing-Climate-Change-Risks-and-Opportunities-Mining-and-Minerals-Processing-sector.pdf?origin=publication_detail

Opportunities_Mining_and_Minerals_Processing_sector/links/577ad12e08ae213761c9c365/Assessing-Climate-Change-Risks-and-Opportunities-Mining-and-Minerals-Processing-sector.pdf?origin=publication_detail

A Associação de Mineração do Canadá. 2017. A Guide to the Management of Tailings Facilities, Terceira Edição. Obtido em <https://mining.ca/our-focus/tailings-management/tailings-guide/>

Wittrock, V. 2013. Vulnerabilidade Passada, Presente e Futura e Avaliação de Risco a Extremos Climáticos para Minas de Potássio na Bacia Hidrográfica do Rio Qu'Appelle: Revisão da Literatura. Conselho de Pesquisa de Saskatchewan. Obtido de <http://www.climateontario.ca/doc/APP/PastPresentFutureVulnerabilityAndRiskAssessmentToClimateExtremesForPotashMinesinTheQuAppelleRiverWatershedLiteratureReview2013.pdf>



The Mining Association of Canada

