

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

GeoCompany – Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

IBC BRASIL



International Business Communications
Promoting business with know-ledge

Prof. Dr. Roberto Kochen
Diretor Técnico

Abril/2008

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



International Business Communications
Promoting business with know-ledge

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ Segurança em Barragens e Hidrelétricas - Gerenciamento de Riscos Geológicos.
- ◆ Aspectos Intervenientes:
 - qualidade do maciço da barragem (solos e rochas)
 - formas de implantação da barragem, reservatório e unidade de geração
 - Monitoramento, elevação e oscilação do lençol freático nos maciços de solo e rocha
 - Instrumentação e avaliação da segurança da barragem
 - Principais tipos de barragem (concreto massa, concreto rolado, terra, terra enrocamento, enrocamento com face de concreto)
 - Aspectos geológicos (fundação, ombreiras, reservatório, etc.)
- ◆ Roberto Kochen
- ◆ Diretor Técnico
- ◆ GeoCompany – Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Comunicação em Riscos
Presença em todos os níveis de atuação

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ RISCO

- **É o evento ou condição incerta, que poderá ter efeitos positivos e/ou negativos.**

- Impactos na construção
- Custos de Construção, Operação e Manutenção

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Comunicação em Riscos
Presença em todos os níveis de atuação

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ Segurança

- Acidentes durante a obra
- Acidentes durante a operação

◆ **Casos Históricos de Acidentes em Barragens**

- Barragem de Malpasset, Franca, 1959
- Em dezembro de 1959, a fundação da barragem de Malpasset, Franca (em arco de concreto), rompeu subitamente. A onda de cheia resultante da ruptura matou mais de 450 pessoas.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Sismológica
Preservação Ambiental e Engenharia

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- Barragem de Vajont, Italia, 1963
- Em outubro de 1963, a encosta do reservatório da barragem de Vajont, Itália, rompeu subitamente. A onda de cheia resultante da ruptura matou mais de 2.500 pessoas, na cidade de Longarone, a jusante da barragem.



- Cidade de Longarone, a jusante da barragem de Vajont, antes da ruptura de 63

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

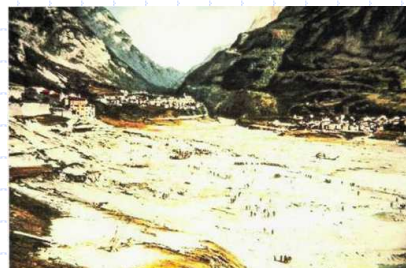
RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Sismológica
Preservação Ambiental e Engenharia

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente



- ◆ O que restou de Longarone após a cheia causada pelo transbordamento da Barragem de Vajont, em consequência da ruptura subita da encosta do Monte Toc. Cerca de 2.500 pessoas morreram.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Engenharia, Arquitetura e Construção
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente



- ◆ Barragem de Vajont no enchimento do reservatório. No centro da foto ve – se o Monte Toc, com a encosta instável visível na cicatriza branca ao fundo.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

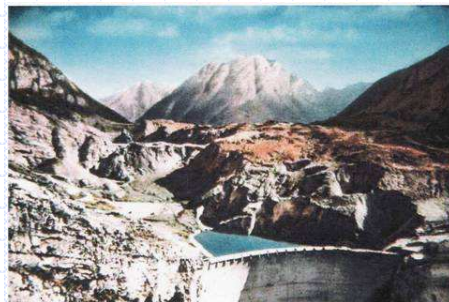
RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Engenharia, Arquitetura e Construção
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente



- ◆ No enchimento do reservatório, o pé do Monte Toc ficou submerso, gerando a ruptura súbita. Os detritos da ruptura são visíveis na parte central da foto. A ruptura súbita gerou uma onda de 100 m de altura, que transbordou o reservatório. A barragem em si praticamente não sofreu danos.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Integração de Recursos Comerciais
Presença em todos os estados

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

1. O que é risco?
2. Como Percebo que existem riscos?
3. Riscos são bons ou maus?
4. Quais riscos devo aceitar? Quais devo rejeitar?
5. Como Faço para não ficar inconsciente dos riscos?

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Integração de Recursos Comerciais
Presença em todos os estados

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ Casos Recentes de Rupturas de Barragens no Brasil (lista parcial retirada da imprensa)
 - Açude Boqueirão (Barragem Epitácio Pessoa, PA)
 - Açude Atalho, Cariri
 - Açude Fazenda Acaraju
 - Barragem São Gonçalo, PA
 - Barragem Namorados, São Joao do Cariri, PA
 - Açude Cajazeiras, Pio IX, PI
 - Arneiroz II, CE
 - Barragem Espora, Aporé, GO
 - Barragem Apertadinho, Vilhena, RO
 - Campos Novos, SC
 - Cataguazes, MG
 - Camará
 - Itapebi, etc

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM

EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Gestão de Riscos
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Risco é um evento composto de três elementos: Chance, Escolha e Consequência;

Molhar-se com água de chuva durante o percurso de sua casa até o escritório...é um risco.

A chance (ou probabilidade) de isto ocorrer é o número de dias que choveu, no horário de ida ao trabalho, durante o ano passado, dividido por 365.

As consequências (ou impactos) deste evento, são:

- ◆ Outro risco: gripe; ii) Constrangimento; iii) Desconforto durante o expediente.

As possíveis escolhas para este evento são:

- ◆ Aceitar o risco (... não me importo de me molhar e odeio guarda-chuvas)
- ◆ Descobrir um conjunto de controles que minimizem (ou mitiguem) as chances de ser vitimado pelo evento, caso ele ocorra.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM

EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Gestão de Riscos
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Controles são políticas, procedimentos, práticas ou estruturas organizacionais desenhadas de forma a prover uma garantia razoável de que os objetivos de negócio serão atingidos e que eventos indesejáveis serão prevenidos ou detectados e corrigidos.

Para o risco anterior temos a seguinte situação:

O objetivo é trabalhar sempre seco.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM

EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Normas e Certificações
Promovendo a melhoria contínua

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Os controles neste caso são as seguintes práticas:

- ◆ De forma detectiva:
 - Consultas realizadas diariamente à previsão do tempo;
- ◆ De forma preventiva:
 - Portar diariamente um guarda-chuvas;
 - Utilizar automóvel diariamente - desde o estacionamento coberto de sua casa, até o estacionamento coberto do prédio do escritório.
- ◆ De forma corretiva:
 - Gerenciar a crise (trabalhar molhado com risco de pegar uma pneumonia)

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM

EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Normas e Certificações
Promovendo a melhoria contínua

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Cinco pontos básicos na Gestão de Riscos na Construção:

- Plano e estratégia de gerenciamento de riscos
- Processo de identificação dos riscos
- Processo de qualificação dos riscos
- Processo de quantificação dos riscos
- Processo de monitoramento e controle dos riscos

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Integração de Recursos Comerciais
Presença estratégica e inovadora

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Os projetos usuais compreendem:

- A fase preliminar de estudo de viabilidade econômica confrontando-se com o plano diretor que os contemplam;
- Discussões das necessidades de desapropriações e impactos ambientais prováveis bem como envolvimento com os *stakeholders*;
- Projeto básico e quantitativos;
- Elaboração do Termo de Abertura e licitação;
- Projeto executivo;
- Execução, acompanhamento e fiscalização da obra.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



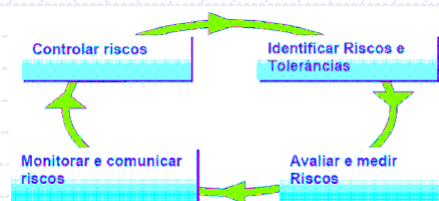
Integração de Recursos Comerciais
Presença estratégica e inovadora

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Plano de Gerenciamento de Riscos

Inclui uma seqüência obrigatória de atividades:



www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**



Instituto Brasileiro de Barragens e Construção Hidráulica

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Tendências Gerais na Indústria da Construção

- ◆ Métodos construtivos de alto risco
- ◆ Tendência para contratos de preço global
- ◆ Condições de contrato unilaterais
- ◆ Cronogramas apertados
- ◆ Orçamentos financeiros baixos
- ◆ Competição leonina na indústria da construção civil

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**



Instituto Brasileiro de Barragens e Construção Hidráulica

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ Algumas empresas abandonaram o mercado de construção e operação de barragens e hidrelétricas
- ◆ Necessidade de promover procedimentos pró-ativos de gerenciamento de riscos

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Exemplos Recentes de Gestão Inadequada de Riscos Geológicos

Barragem de Camará – Falha na Ombreira Esquerda (Rel. Prof. Milton Kanji)



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

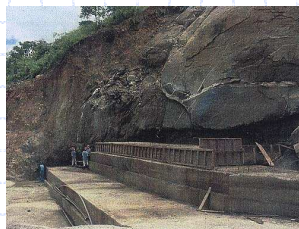
**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Solução de Obra

Preenchimento da Falha Geologica Encontrada (superficialmente)



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Resultado

Ruptura da Barragem e Esvaziamento Súbito do Reservatório (5 vítimas)



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Barragem de Aporé, GO (2008)

Barragem transborda no sudoeste de Goiás



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Recursos e Meio Ambiente
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Aspectos Relevantes

a maioria das rupturas ocorre em barragens pequenas ($H < = 30$ m)

a maioria das rupturas se dá em barragens recém construídas

barragens de concreto : problemas de fundação são a causa mais frequente

barragens de terra e enrocamento : galgamento, erosão interna, fundação

estruturas auxiliares : insuficiência de vazão do vertedouro

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Recursos e Meio Ambiente
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ Riscos em Barragens

◆ Elevados : vidas e custos materiais elevados

◆ Significativo : algumas vidas e custos materiais

◆ Baixo : custos materiais pouco elevados

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Obras Hidráulicas
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ **Análise de Riscos em Barragens**
- ◆ **Identificar riscos em potencial**
- ◆ **Identificar modos de ruptura**
- ◆ **Estimativa estatística de risco**
- ◆ **Avaliar medidas de redução de risco**
- ◆ **Avaliar medidas corretivas necessárias**
- ◆ **Estabelecer estratégia de mitigação de riscos**

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Obras Hidráulicas
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ **Risco = f (danos, probabilidade,
consequencia)**

- ◆ **O que pode dar errado (danos) ?**
- ◆ **Quanto isso é provável (probabilidade) ?**
- ◆ **Que perdas (materiais, ambientais, vidas, etc.) isto causará (consequencia) ?**

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Obras Hidrelétricas
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ Alguns exemplos de Riscos em Barragens e Hidrelétricas

◆ Talude de Montante

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

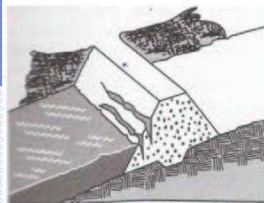


Instituto Brasileiro de Barragens e Obras Hidrelétricas
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

RACHADURAS GRANDES



Uma porção do maciço se moveu devido a perda de resistência, ou a fundação pode ter se movido causando um movimento no maciço.

Perigo. Indica o início de um deslizamento ou recalque do maciço, causado pela ruptura da fundação.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

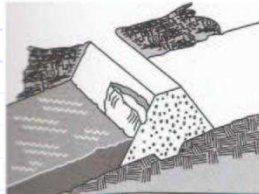


Instituto Brasileiro de Avaliação Científica de Riscos
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DESLIZAMENTOS, AFUNDAMENTOS
OU
ESCORREGAMENTOS



Terra ou pedras deslizaram pelo talude devido a sua inclinação exagerada ou ao movimento da fundação. Também podem ocorrer deslizamentos devido a movimentos de terra na bacia do reservatório.

Perigo. Uma série de deslizamentos podem provocar a obstrução da tomada d'água ou ruptura da barragem.

TALUDES ÍNGRIMES
E BANCADAS DE ESCAVAÇÃO

Ação das ondas e recalques locais causam ao solo e às rochas erosão e deslizamentos para a parte inferior do talude, formando assim uma bancada de escavação.

A erosão diminui a largura e possivelmente a altura do maciço, o que poderá conduzir ao aumento da percolação ou ao transbordamento da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

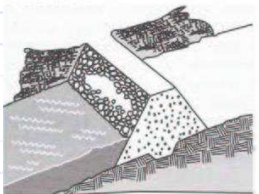


Instituto Brasileiro de Avaliação Científica de Riscos
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

RIP-RAP INCOMPLETO, DESTRUÍDO OU
DESLOCADO



CAUSA PROVÁVEL

Rip-rap de baixa qualidade se deteriorou. Ação das ondas deslocou o rip-rap. Pedras redondas ou de mesmo tamanho rolaram talude abaixo.

POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA

Ação das ondas nestas áreas desprotegidas diminui a largura do maciço da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

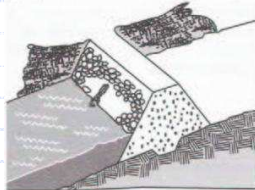


Instituto Brasileiro de Recursos e Meio Ambiente
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

EROSÃO POR TRÁS DO RIP-RAP MAL
GRADUADO



Pedras de tamanhos similares permitem que as ondas passem entre elas e erodam pequenas partículas de pedregulhos e solo.

Solo é erodido por trás do *rip-rap*. Isto permite que o *rip-rap* assente, fornecendo uma menor proteção e diminuindo a largura da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



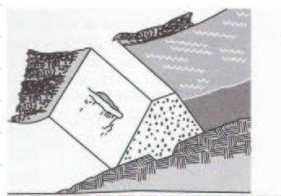
Instituto Brasileiro de Recursos e Meio Ambiente
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ Talude de Jusante

DESGLIZAMENTO/CHARCO



1. Falta ou perda de resistência do material do maciço da barragem.
2. Perda de resistência pode ser atribuída à infiltração de água no maciço ou falta de suporte da fundação.

Perigo. Deslizamento do maciço através da crista ou talude de montante, reduzindo freeboard. Pode resultar no colapso estrutural ou transbordamento.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

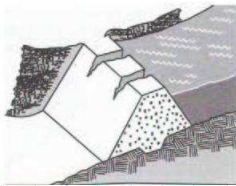


Integração de Serviços Geotécnicos
Resposta Integrada e Inovadora

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

RACHADURAS TRANSVERSAIS



Assentamentos diferenciados do maciço da barragem também provocam rachaduras transversais (o centro assenta mais que as ombreiras).

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

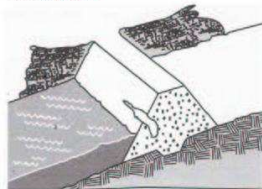


Integração de Serviços Geotécnicos
Resposta Integrada e Inovadora

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DESABAMENTO



1. Falta de uma compactação adequada.
2. *Piping* através do maciço ou fundação.
3. Buracos internos.

Perigo. Indicação de possível erosão do maciço.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

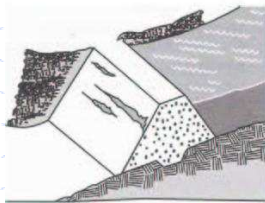


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

RACHADURAS LONGITUDINAIS



1. Ressecamento ou contração do material de superfície.
2. Movimentos de assentamento do maciço a jusante.

1. Pode ser um aviso de um futuro deslizamento.
2. Rachaduras de contração permitem que a água penetre no maciço e provoque rupturas.
3. Recalques ou deslizamentos mostrando a perda de estabilidade da barragem podem provocar a sua ruína.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

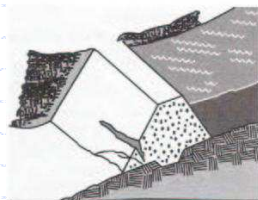


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

AFUNDAMENTOS (condição localizada)



Precedidos de erosão regressiva numa porção do talude. Também podem ser encontrados em taludes muito íngremes.

Pode expor zonas impermeáveis à erosão e provocar futuros afundamentos.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

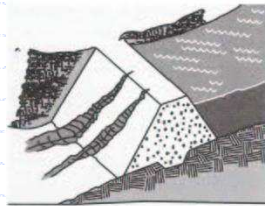


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

EROSÃO



Água das chuvas carregam material da superfície do talude, resultando numa calha/valeia contínua.

Pode ser perigosa se continuar. A erosão pode provocar eventual deterioração do talude de jusante e, posteriormente, a ruptura da estrutura.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

ÁRVORES E ARBUSTOS



Vegetação natural da área.

1. Raízes de árvores grandes podem criar caminhos para passagem de água.
2. Arbustos podem dificultar inspeções visuais e abrigar roedores.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPRESAS HIDRELÉTRICAS

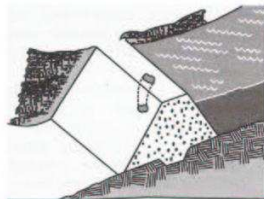


Instituto Brasileiro de Geologia e Recursos Minerais
Pesquisa, Ensino e Assistência Técnica

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

BURACOS DE ANIMAL



Grande quantidade de roedores. Buracos, túneis e cavernas são causadas por animais roedores. Certos habitats, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais.

Pode reduzir o caminho de percolação da água e provocar o *piping*. Se existir túneis na maior parte da barragem, pode ocorrer a ruptura desta.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPRESAS HIDRELÉTRICAS

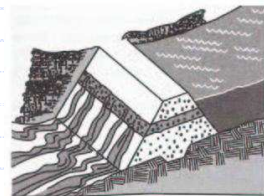


Instituto Brasileiro de Geologia e Recursos Minerais
Pesquisa, Ensino e Assistência Técnica

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

ÁREA MOLHADA EM FAIXA HORIZONTAL



Problema no material usado na construção.

Perigo.

1. As áreas molhadas abaixo, da área onde está ocorrendo a infiltração pode provocar uma instabilidade no maciço.
2. Fluxos excessivos podem provocar uma erosão acelerada do material do maciço e a barragem pode ruir.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

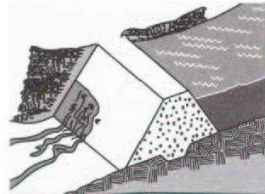


Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Pesquisas, Estatística e Geoinformação

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

VAZAMENTOS VINDO DAS OMBREIRAS



Água movendo-se através de rachaduras ou fissuras nos materiais da ombreira.

Pode provocar uma erosão rápida na ombreira e o esvaziamento do reservatório. Pode provocar deslizamentos próximos ou a jusante da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

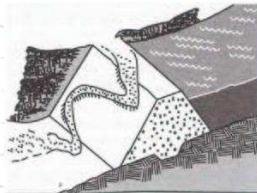


Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Pesquisas, Estatística e Geoinformação

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

TRÁFEGO DE GADO/ ANIMAIS DOMÉSTICOS



Tráfego excessivo de animais especialmente danoso quando o talude está molhado.

1. Cria áreas com baixa proteção contra a erosão.
2. Permite que a água acumule-se em determinados locais.
3. Área suscetível a rachaduras por ressecamento.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM

EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



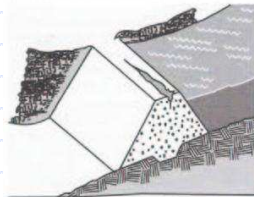
Instituto Brasileiro de Engenharia, Arquitetura e Construção Civil
Resposta técnica e sustentável

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Crista da Barragem

RACHADURA LONGITUDINAL



1. Assentamentos diferentes entre seções adjacentes ou zonas do maciço da barragem.
2. Falha na fundação causando perda de estabilidade.
3. Estágios iniciais de deslizamentos do maciço.

Perigo.

1. Cria local de pouca resistência no interior do maciço. Pode ser o ponto de início de um futuro movimento estrutural, deformação ou ruptura.
2. Permite um ponto de entrada do escoamento superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação da área adjacente do maciço da barragem, e possível lubrificação que poderá provocar uma ruptura localizada.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM

EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

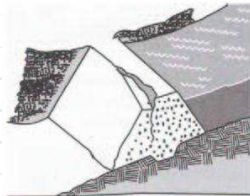


Instituto Brasileiro de Engenharia, Arquitetura e Construção Civil
Resposta técnica e sustentável

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DESLOCAMENTO VERTICAL



1. Movimento vertical entre seções adjacentes do maciço da barragem.
2. Deformação ou falha estrutural causado por instabilidade estrutural ou falha na fundação.

Perigo.

1. Cria uma área local de pouca resistência no interior do maciço que pode causar futuros movimentos.
2. Provoca instabilidade estrutural ou ruptura.
3. Permite um ponto de entrada para a água superficial que futuramente poderá causar ruptura.
4. Reduz a seção transversal disponível.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

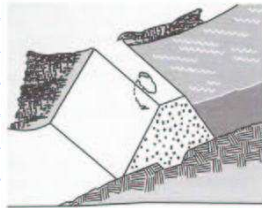


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DESABAMENTOS NA CRISTA



1. Atividade de roedores.
2. Furos no conduto da tomada d'água está causando erosão do material do maciço da barragem.
3. Erosão interna ou *piping* do material do maciço devido a infiltração.

Perigo.

1. Vazios dentro da barragem podem causar desabamentos deslizamentos, instabilidade, o... reduzir a seção transversal do maciço da barragem.
2. Ponto de entrada para água superficial.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

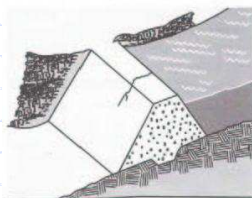


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

RACHADURAS TRANSVERSAIS



1. Movimentos desiguais das partes adjacentes da estrutura.
2. Deformação causada por tensão estrutural ou instabilidade.

Perigo.

1. Pode criar um caminho para infiltração através da seção transversal do maciço.
2. Cria área local de baixa resistência no interior do maciço. Futuro movimento estrutural, deformação ou ruptura poderá se iniciar.
3. Permite um ponto de entrada para água de escoamento superficial.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

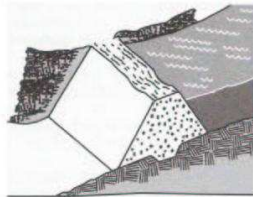


Instituto Brasileiro de Defesa e Defesa Civil
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

CRISTA DESALINHADA



1. Movimentos entre partes adjacentes da estrutura.
2. Deformação estrutural ou ruptura próxima à área do desalinhamento.

1. Área de desalinhamento é normalmente acompanhada de depressões na crista que reduzem a cota de segurança.
2. Pode produzir áreas locais de baixa resistência do maciço que pode provocar ruptura.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

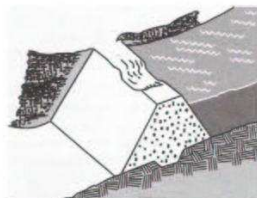


Instituto Brasileiro de Defesa e Defesa Civil
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DÉPRESSÕES NA CRISTA DA BARRAGEM



1. Assentamento excessivo no maciço ou fundação diretamente abaixo da depressão na crista.
2. Erosão interna do material do maciço da barragem.
3. Erosão pelo vento prolongada na área da crista.
4. Terraplanagem final inadequada após a construção.

Reduz a cota de segurança disponível para a passagem de água através do sangradouro com segurança.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPRESAS HIDRELÉTRICAS**

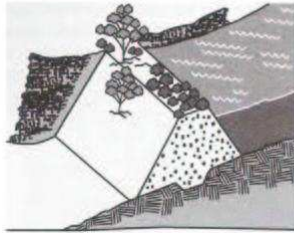


Integração de Recursos Comerciais
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

VEGETAÇÃO EXCESSIVA



Negligência com a barragem e falta de procedimentos de manutenção adequada.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPRESAS HIDRELÉTRICAS**

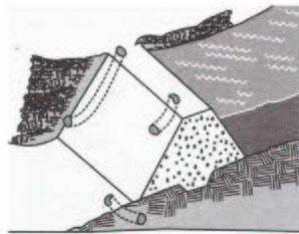


Integração de Recursos Comerciais
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

BURACOS DE ANIMAL



Animais roedores.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

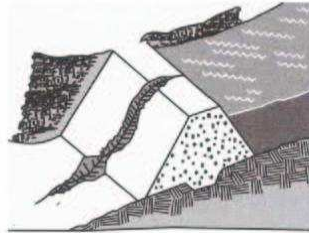


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Soluções
Projetos, Análises e Monitoramento

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

VOÇOROCA NA CRISTA



1. Material mal graduado e drenagem inadequada da crista.
2. Capacidade inadequada do sangradouro que pode provocar o transbordamento da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

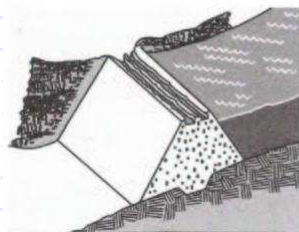


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Soluções
Projetos, Análises e Monitoramento

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

TRILHAS AO LONGO DA CRISTA



Tráfego de veículos pesados sem a manutenção adequada da superfície da crista.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



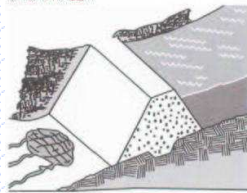
Instituto Brasileiro de Defesa e Defesa Ambiental
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ Área de Jusante

ÁREAS ENCHARCADAS A JUSANTE
DA BARRAGEM



Água movendo-se rapidamente através do maciço ou fundação esta sendo controlada ou contida por um sistema gramado de raízes bem estabelecido.

Condição mostra uma infiltração excessiva na área. Se o sistema de raízes for destruído, ocorrerá uma erosão rápida no material da fundação, o que resultará na ruptura da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

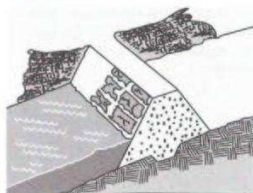


Instituto Brasileiro de Defesa e Defesa Ambiental
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

FACE DE CONCRETO RACHADA OU
DETERIORADA



1. Concreto deteriorado devido ao intemperismo.
2. Enchimento das juntas deterioradas ou deslocadas.

1. Solo está erodido por trás da face e o que pode ter ocasionado a formação de buracos ou cavernas.
2. Rachaduras no concreto das seções sem sustentação.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

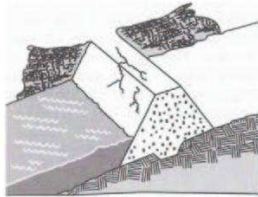


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

RACHADURAS DEVIDO
AO RESSECAMENTO



o solo perde a umidade e sofre
contração, causando as rachaduras.
Geralmente vistos na crista e talude de
jusante.

Chuvas fortes podem encher as
rachaduras e causar o movimento
de pequenas partes do maciço.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



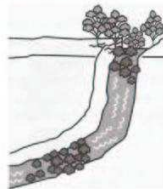
Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ Vertedouro

VEGETAÇÃO EXCESSIVA OU
DETRITOS NO CANAL



Acúmulo de sedimentos, árvores
mortas, crescimento vegetativo
excessivo etc., no canal do
sangradouro.

Redução da capacidade de
descarga; inundação do
sangradouro; transbordamento da
barragem. O transbordamento
prolongado pode causar a ruptura
da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

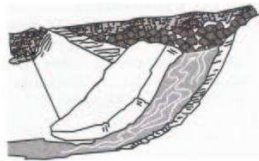


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

CANAIS ERODIDOS



Escoamento superficial de chuvas intensas carrega material de superfície talude abaixo, o que resulta em depressões/ canais contínuos. O tráfego de animais cria erosões profundas onde a concentração de fluxo varia.

Erosões não-combatidas podem provocar deslizamentos ou desabamentos que resultam na redução da capacidade do sangradouro. A capacidade inadequada do sangradouro pode provocar o transbordamento da barragem e resultar na ruptura desta.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

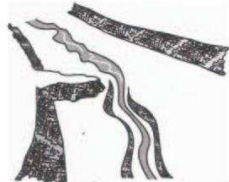


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

EROSÃO EXCESSIVA OU DESLIZAMENTO DE TERRA CAUSANDO UMA CONCENTRAÇÃO DO FLUXO



Descarga de velocidade muito elevada; material do fundo e das laterais solto ou deteriorado; canal ou taludes muito íngremes; solo exposto desprotegido; a proteção da superfície mal construída.

Distúrbio na disposição do fluxo; perda de material; aumento do acúmulo de sedimentos a jusante; ruptura do sangradouro; pode provocar o esvaziamento rápido do reservatório através do sangradouro severamente erodido.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação Científica e Tecnológica
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

PROBLEMAS EMBAIXO DO FINAL DA CALHA SANGRADOIRO



Configuração inadequada da bacia de dissipação. Materiais altamente erosivos. Falta de uma cortina de vedação no final da calha.

Perigo.
Dano estrutural no sangradouro; alto custo de reparo no caso de desmoronamento da laje ou parede.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

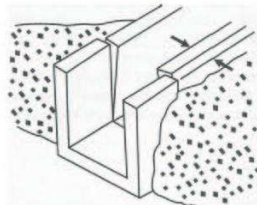


Instituto Brasileiro de Avaliação Científica e Tecnológica
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

PAREDE DESLOCADA



Erros de acabamento ou de mão-de-obra; assentamento desigual da fundação; pressão excessiva do aterro ou da água; reforço insuficiente das barras de ferro do concreto.

1. Pequenos deslocamentos irão criar turbulência e redemoinho no fluxo, causando erosão no solo atrás da parede.
2. Grandes deslocamentos causarão rachaduras severas e eventual ruptura da estrutura.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação Científica e Tecnológica
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

RACHADURAS GRANDES



Construção incorreta; esforço concentrado; deterioração do material; falhas na fundação; pressão externa excessiva.

Distúrbios no escoamento; erosão na fundação e no aterro de recobrimento; eventual desmoronamento da estrutura.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

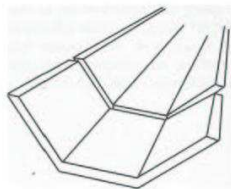


Instituto Brasileiro de Avaliação Científica e Tecnológica
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

JUNTAS ABERTAS OU DESLOCADAS



Recalque excessivo ou desigual da fundação; fuga de material da junta; junta construída muito larga e não-selada. Selante deteriorado ou removido.

Erosão do material da fundação pode enfraquecer o suporte da estrutura e causar futuras rachaduras; pressão induzida pelo fluxo das águas através das juntas deslocadas pode carregar a laje ou parede e causar um solapamento extensivo.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

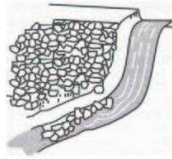


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

PERDA OU QUEBRA DO RIP-RAP



Talude muito íngreme; material mal graduado; ruptura do subleito; velocidade de escoamento muito alta; colocação inadequada do material; material do leito ou fundação levado embora pela água.

Erosão no fundo do canal e no aterro; ruptura do sangradouro.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

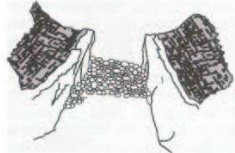


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DETERIORAÇÃO DE MATERIAL DESINTEGRAÇÃO DE RIP-RAP, CONCRETO ETC



USO de materiais impróprios ou com defeito; manutenção inadequada.

A vida útil da estrutura será diminuída; ruptura prematura.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

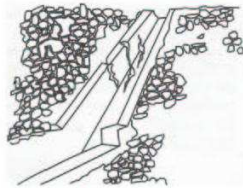


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

CANALETAS TRINCADAS



Falta de valas drenantes; falta de instalações de drenagem; drenos entupidos.

Fundação molhada tem menor capacidade de suporte; subpressão resultante de infiltrações pode causar danos na calha do sangradouro; acúmulo de água também pode aumentar a pressão total nas paredes do sangradouro e causar danos.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

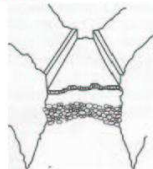


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

EROSÃO, ABRASÃO E FRATURAS NO
CONCRETO



Velocidade do fluxo muito alta; rotamento de pedregulhos e pedras sangradouro abaixo; cavidade atrás ou abaixo da laje de concreto.

Os problemas podem progredir e tornarem-se piores: pequenos buracos podem causar solapamento da fundação, o que provocará a ruptura da estrutura.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

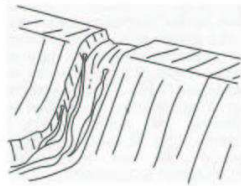


Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

VAZAMENTO DENTRO E AO REDOR DO SANGRADOURO



1. Rachaduras e juntas no sangradouro estão permitindo infiltração.
2. A camada de areia ou pedra está permitindo infiltração.

1. Pode induzir uma perda excessiva de água armazenada.
2. Pode induzir uma ruptura se a velocidade for alta o bastante para causar erosão de materiais naturais.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Ambiental
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

INFILTRAÇÃO EM UMA JUNTA CONSTRUÍDA OU RACHADURAS NUMA ESTRUTURA DE CONCRETO



Água entrando por trás da estrutura devido à drenagem insuficiente ou valas de drenagem entupidas.

1. Pode causar a queda das paredes. Fluxo através do concreto pode conduzir a uma rápida deterioração por intemperismo.
2. Se o sangradouro está localizado dentro do maciço, uma erosão rápida pode induzir uma ruptura da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**



Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Soluções
Projetos, Análises e Consultoria

GeoCompany

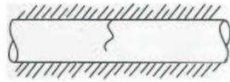
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Valvulas e Tubulacoes

DANO NA TUBULAÇÃO DA SAÍDA D'ÁGUA
RACHADURA

Recalque, impacto.

Infiltração excessiva, possível
erosão interna.



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

**RISCOS GEOLÓGICOS EM
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**



Instituto Brasileiro de Avaliação Geotécnica e Soluções
Projetos, Análises e Consultoria

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

BURACO

Ferrugem, erosão, cavitação.

Perigo. Infiltração excessiva,
possível erosão interna.



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Defesa e Defesa Civil
Preservação ambiental e sustentabilidade

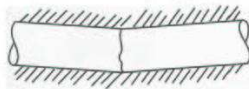
GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

JUNTAS DESIGUAIS

Recalques ou má construção.

Perigo. Permite a passagem da água para dentro ou fora da tubulação, resultando na erosão do material interno da barragem.



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Defesa e Defesa Civil
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

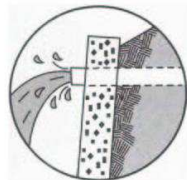
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

AUMENTO NO FLUXO OU SEDIMENTO NA SAÍDA DO DRENO

Uma pequena infiltração no caminho ou um aumento do nível de água armazenado.

Perigo.

1. Um aumento da velocidade do fluxo pode causar erosão no dreno e depois no material do maciço.
2. Pode provocar ruptura devido ao *piping*.



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

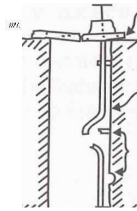


Instituto Brasileiro de Engenharia, Arquitetura e Construção
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DISPOSITIVOS DE CONTROLE DANIFICADOS



1. BLOCO DE SUPORTE QUEBRADO. Deterioração do concreto. Força excessiva, na tentativa de abrir a comporta.
2. HASTE DE CONTROLE QUEBRADA OU DOBRADA. Ferrugem. Força excessiva na abertura ou fechamento da comporta. Guias das hastes inadequadas.
3. GUIAS DAS HASTES FALTANDO OU QUEBRADAS. Ferrugem. Lubrificação inadequada. Excesso de força na abertura ou fechamento da válvula.

1. Bloco de suporte pode pender e a haste de controle emperrar. A comporta pode não abrir completamente. O bloco de suporte pode falhar completamente, deixando a saída d'água inoperante.
2. A saída d'água está inoperante.
3. Perda de suporte da haste de controle. A haste pode quebrar ou entortar mesmo no seu uso normal.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

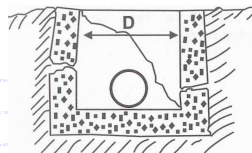


Instituto Brasileiro de Engenharia, Arquitetura e Construção
Presença Brasileira em todo o mundo

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

RUPÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO DA SAÍDA D'ÁGUA



Pressões laterais excessivas ou falta de reforço na estrutura de concreto. Baixa qualidade do concreto.

Perigo. Perda da estrutura de saída d'água expõe o maciço à erosão na liberação da água.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

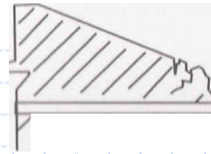


Instituto Brasileiro de Avaliação Científica e Tecnológica
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

SAÍDA DA ÁGUA LIBERADA ERODINDO O PÉ DA BARRAGEM



Tubulação de saída d'água muito pequena. Falta de bacia de dissipação na saída do conduto.

Perigo. Erosão do pé do talude de jusante causando um charco progressivo.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

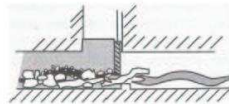


Instituto Brasileiro de Avaliação Científica e Tecnológica
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DETRITOS PRESOS EMBAIXO DA COMPORTA



Grade de proteção quebrada ou falhando.

A comporta não irá fechar. A válvula ou haste poderá sofrer danos no esforço de fechar a comporta.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPRESAS HIDRELÉTRICAS

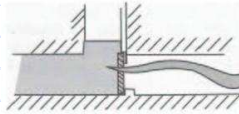


Instituto Brasileiro de Normas e Certificações
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

COMPORTA RACHADA



Ferrugem, efeitos de vibração, ou tensão resultante do esforço empregado para fechar a comporta quando está emperrada.

Comporta principal pode romper completamente, esvaziando o reservatório.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPRESAS HIDRELÉTRICAS

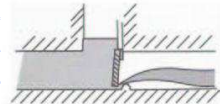


Instituto Brasileiro de Normas e Certificações
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

DANOS NO APOIO OU GUIAS DA COMPORTA



Ferrugem, erosão, cavitação, vibração ou desgaste.

Vazamento ou perda de suporte da comporta. A comporta pode ser comprometida e tornar-se inoperante.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

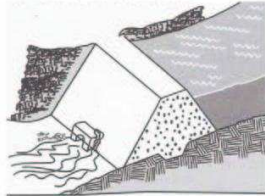


Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
Preservação, Promoção e Defesa do Consumidor

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

ÁGUA DE INFILTRAÇÃO SAINDO POR UM
PONTO ADJACENTE À SAÍDA D'ÁGUA



1. Tubulação da tomada d'água quebrada.
2. Um caminho para percolação se desenvolveu ao longo da tubulação de saída.

Perigo. Um fluxo contínuo pode induzir uma erosão do material do maciço e provocar a ruptura da barragem.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
Preservação, Promoção e Defesa do Consumidor

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Objetivos e Resultados do Procedimento de Gerenciamento de Riscos

- ◆ Estabelecer padrões mínimos de avaliação de riscos e procedimentos de gerenciamento de riscos
- ◆ Definir claramente as responsabilidades das partes envolvidas
- ◆ Reduzir as probabilidades de perdas
- ◆ Reduzir o número e tamanho das demandas ("claims")

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM

EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Comunicações
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Check List para Avaliação da Segurança de Barragens – Construção e Operação

- ◆ **AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS**
- ◆ CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM
- ◆ INSPEÇÃO DO LOCAL
- ◆ ANÁLISE CRÍTICA DO PROJETO E CONSTRUÇÃO
- ◆ ANÁLISE CRÍTICA DA OPERAÇÃO
- ◆ ANÁLISE CRÍTICA DA MANUTENÇÃO
- ◆ INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO DO DESEMPENHO DA BARRAGEM
- ◆ PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL
- ◆ COMPATIBILIDADE COM AVALIAÇÕES ANTERIORES
- ◆ RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
- ◆ INSUFICIÊNCIA DOS REQUISITOS DE SEGURANÇA

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM

EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Comunicações
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

◆ **OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO (OMI)**

- ◆ **OPERAÇÃO**
- ◆ PROCEDIMENTOS PARA A OPERAÇÃO EM REGIME DE CHEIAS
- ◆ PROCEDIMENTOS PARA OPERAÇÃO DE EMERGÊNCIA
- ◆ CONTROLE DE MATERIAIS FLUTUANTES E/OU ENTULHOS
- ◆ CONTROLE DA SALINIZAÇÃO
- ◆ CONTROLE DA EUTROFIZAÇÃO
- ◆ PREVISÃO DE CHEIAS

- ◆ **MANUTENÇÃO**
- ◆ ESTRUTURAS DE CONCRETO
- ◆ ESTRUTURAS METÁLICAS
- ◆ BARRAGENS DE TERRA
- ◆ EQUIPAMENTOS
- ◆ COMUNICAÇÃO E CONTROLE
- ◆ VIAS DE ACESSO À BARRAGEM E ÀS ESTRUTURAS ANEXAS
- ◆ MANUTENÇÃO DA ÁREA DA FAIXA DE PROTEÇÃO

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Obras Hidráulicas
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ **INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO**
- ◆ PADRONIZAÇÕES
- ◆ INSPEÇÕES REGULARES
- ◆ INSPEÇÕES EMERGENCIAIS
- ◆ INSTRUMENTAÇÃO
- ◆ ENSAIOS
- ◆ IMPLEMENTAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES, OBRAS E/OU REPAROS
- ◆ SEGURANÇA PATRIMONIAL

- ◆ **PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA**
- ◆ PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE)
- ◆ NECESSIDADE DE UM PAE
- ◆ DESENVOLVIMENTO DE UM PAE
- ◆ CONTEÚDO DE UM PAE
- ◆ MANUTENÇÃO E VERIFICAÇÃO DE UM PAE
- ◆ TREINAMENTO
- ◆ ESTUDOS DE INUNDAÇÃO
- ◆ SISMOS

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Obras Hidráulicas
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ **CHEIAS**
- ◆ ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CHEIAS
- ◆ CHEIA MÁXIMA PROVÁVEL (CMP)

- ◆ **DISPOSITIVOS DE DESCARGA**
- ◆ BORDA LIVRE
- ◆ CAPACIDADE DE DESCARGA DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS
- ◆ OPERAÇÃO DURANTE AS CHEIAS
- ◆ OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE DESCARGAS
- ◆ INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE
- ◆ EQUIPAMENTO DE EMERGÊNCIA

- ◆ **CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS PARA BARRAGENS DE TERRA E FUNDAÇÕES EM SOLO**
- ◆ BARRAGENS DE TERRA E FUNDAÇÕES EM SOLO
- ◆ MONITORAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO
- ◆ ESTABILIDADE
- ◆ BORDA LIVRE

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Certificação
Presença Nacional e Internacional

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ PERCOLAÇÃO E CONTROLE DA DRENAGEM
- ◆ FISSURAÇÃO
- ◆ EROÇÃO SUPERFICIAL
- ◆ LIQUEFAÇÃO
- ◆ RESISTÊNCIA A SISMOS
- ◆ BARRAGENS SOBRE FUNDAÇÃO EM ROCHA
- ◆ ESTABILIDADE DA FUNDAÇÃO
- ◆ PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO
- ◆ PERCOLAÇÃO E DRENAGEM
- ◆ ESTRUTURAS ASSOCIADAS
- ◆ MOVIMENTAÇÃO DA FUNDAÇÃO
- ◆ ESTABILIDADE DE TALUDES
- ◆ PERCOLAÇÃO
- ◆ ESTRUTURAS CELULARES COM PREENCHIMENTO E OUTRAS ESTRUTURAS EM PRANÇÕES DE MADEIRA
- ◆ BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM FACE DE CONCRETO
- ◆ BARRAGENS DE ENROCAMENTO SUJEITAS À PERCOLAÇÃO

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Certificação
Presença Nacional e Internacional

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ **ESTRUTURAS DE CONCRETO**
- ◆ CONDIÇÕES DA ESTRUTURA E DO LOCAL
- ◆ AÇÕES DE PROJETO
- ◆ COMBINAÇÃO DE CARREGAMENTOS
- ◆ CASO DE CARREGAMENTO NORMAL (CCN)
- ◆ CASO DE CARREGAMENTO EXCEPCIONAL (CCE)
- ◆ CASOS DE CARREGAMENTO DE CONSTRUÇÃO
- ◆ COMBINAÇÕES DE AÇÕES
- ◆ INDICADORES DE DESEMPENHO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO
- ◆ ANÁLISE DE ESTABILIDADE E COEFICIENTES DE SEGURANÇA
- ◆ ANÁLISE DE TENSÕES, TENSÕES ADMISSÍVEIS, TENSÕES DE SERVIÇO E DEFORMAÇÕES

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Gestão Ambiental
Presença em todos os estados brasileiros

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ **RESERVATÓRIO E EFEITOS DO MEIO AMBIENTE**
- ◆ ENTULHO E VEGETAÇÃO NO RESERVATÓRIO
- ◆ MARGENS DO RESERVATÓRIO
- ◆ QUALIDADE DA ÁGUA
- ◆ SEDIMENTAÇÃO E ASSOAREAMENTO
- ◆ ESVAZIAMENTO DO RESERVATÓRIO
- ◆ ECOLOGIA
- ◆ REGRAS AMBIENTAIS PARA CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS
- ◆ REGRAS AMBIENTAIS PARA CONSTRUÇÃO DE AÇUDES
- ◆ PLANO DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DAS JAZIDAS DE EMPRÉSTIMO
- ◆ PLANO DE DESMATAMENTO E LIMPEZA DA ÁREA DE INUNDAÇÃO

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Gestão Ambiental
Presença em todos os estados brasileiros

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ **INSPEÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS**
- ◆ AVALIAÇÕES DE PROJETO, CONSTRUÇÃO E DESEMPENHO
- ◆ IDENTIFICAÇÃO E REGISTROS DOS PROBLEMAS E FRAGILIDADES
- ◆ FORMULAÇÃO E RELATÓRIO DAS CONSTATAÇÕES
- ◆ FAMILIARIDADE COM OS MODOS E CAUSAS DE FALHAS
- ◆ VISTORIAS LOCAIS
- ◆ ARRANJOS PARA VISTORIA
- ◆ ELEMENTOS A SEREM VISTORIADOS
- ◆ RELATÓRIO DE VISTORIA
- ◆ ANÁLISE TÉCNICA

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens
Preservação, Segurança e Modernização

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

- ◆ **REQUISITOS MÍNIMOS PARA UMA AVALIAÇÃO DE RISCOS**
- ◆ SITUAÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO
- ◆ SITUAÇÃO GERAL DO RESERVATÓRIO E ACESSOS
- ◆ AVALIAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- ◆ APRECIÇÃO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS
- ◆ INSTRUMENTAÇÃO DE ADVERTÊNCIA, SEGURANÇA E DESEMPENHO
- ◆ ALTERAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS E OCORRÊNCIAS

◆ ELABORAÇÃO DO PAE – Plano de Ação Emergencial

- ◆ Manual de Segurança e Inspeção de Barragens – Ministério da Integração Nacional, 2002

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens
Preservação, Segurança e Modernização

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Estado atual do conhecimento e lacunas referentes a acidentes

Estado atual do conhecimento:

- ◆ **somatória de informações de fontes nacionais e internacionais**
- ◆ **acidentes geológicos ou anomalias**

Lacunas no conhecimento atual:

- ◆ **projetos com análises probabilísticas visando a prevenção de acidentes**

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Engenharia e Construção
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Gerenciamento de Riscos na Construção e Operação

- ◆ Detecção de risco” e “Ação corretiva”
- ◆ Risco Conceitual
- ◆ Enfoque Estruturado
- ◆ Recomendações para incremento da segurança
- ◆ Questionário (complementação de informações)
- ◆ Lista de verificação (“check list”)

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

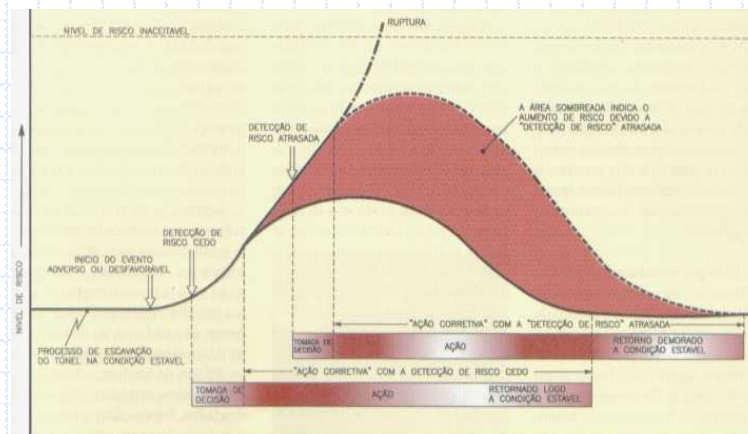
RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Engenharia e Construção
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Detecção de Risco - Ação Corretiva



www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Integração Científica e Tecnológica
Pesquisa básica e aplicada

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Risco Conceitual

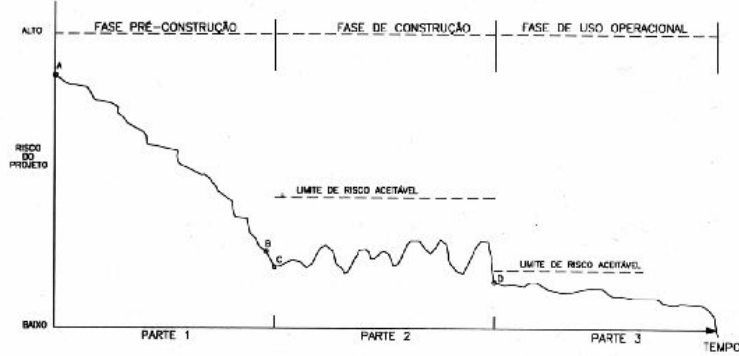


FIGURA 5.2 – Gráfico do risco de projeto desde sua concepção até o final da vida útil do túnel

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

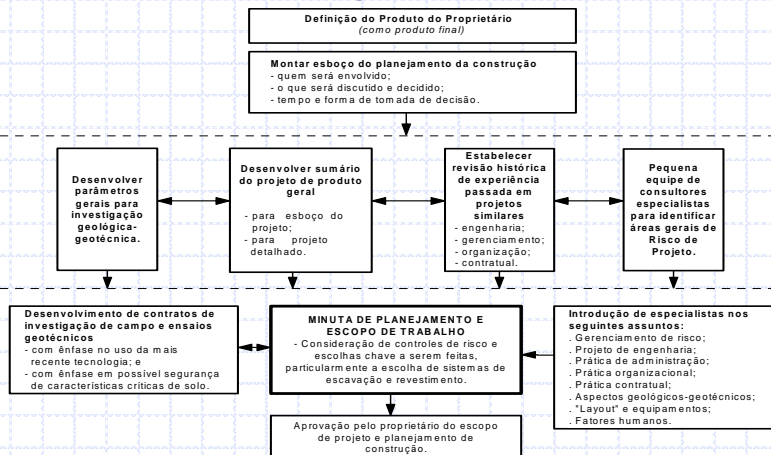
RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Integração Científica e Tecnológica
Pesquisa básica e aplicada

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Enfoque Estruturado



www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Análise de Riscos e de Decisão

- ◆ **Objetivo:** analisar os problemas de riscos na construção e operação de uma forma mais estruturada, utilizando-se uma análise formal, minimizando-se os riscos.
- ◆ **Resultado:** as decisões deixam de ser intuitivas e empíricas e passam a ser mais estruturadas. Evita-se de correr riscos sem a análise de suas conseqüências.

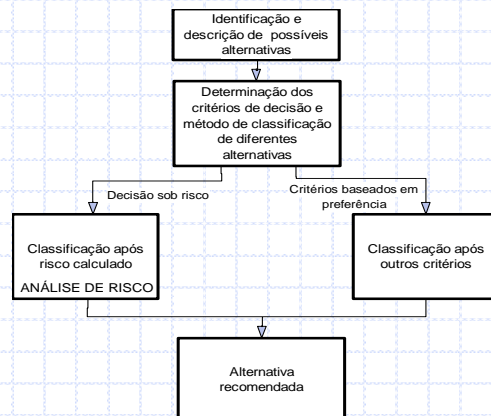
www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Processo de Decisão



ANÁLISE DE DECISÃO
www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Obras Hidrelétricas
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Conclusões

As principais causas dos acidentes:

- O não reconhecimento da situação hidrogeológica e geotécnica, devido a insuficiência dos estudos geológicos
- a falta de planejamento, controle e gerenciamento das obras
- subestimação dos riscos

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Barragens e Obras Hidrelétricas
Preservação ambiental e sustentabilidade

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Considerações Finais

Sugestões para minimizar a probabilidade de encontrar condições inesperadas de natureza crítica:

- ◆ Planejamento da investigação geológica - geotécnica, e dos estudos hidrológicos, em mais de uma etapa e em função das características de construção e operação da barragem / hidrelétrica em questão
- ◆ Selecionar o método construtivo em função das condições geológicas, utilizando-se análises de riscos e de decisão
- ◆ No início do projeto, identificar os riscos e melhorar as estratégias de controle de riscos efetivos
- ◆ Apoio de A.T.O. (Assessoria Técnica da Obra) para elaborar planos e procedimentos de contingência
- ◆ Inspeções periódicas para avaliação de segurança da Barragem. (Anuais ou Semestrais)

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Gestão de Riscos
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

Conclusões e Considerações Finais

◆ Implantação de Cultura de Segurança entre:

- Projetistas
- Construtores
- Proprietários

Juntamente com a lista de verificação ("check list"), reduzirão os riscos na construção e operação de barragens e hidrelétricas

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

RISCOS GEOLÓGICOS EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS



Instituto Brasileiro de Avaliação e Gestão de Riscos
Preservação Ambiental e Sustentabilidade

GeoCompany

Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente

"Nenhum projeto de construção está livre de riscos. Riscos podem ser gerenciados, minimizados, compartilhados, transferidos ou aceitos. Mas jamais, ignorados."



www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435