

LIÇÕES APRENDIDAS COM ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS E OBRAS ANEXAS NO BRASIL

**Guido Guidicini
Sandro Salvador Sandroni
Flavio Miguez de Mello**

Coordenação editorial

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA

Fernanda Laus de Aquino
Leonardo de Oliveira Guerra Deotti
Márcio Bomfim Pereira Pinto
Maristela de Lourdes Barbosa
Patrick Thadeu Thomas

Diretoria de Comunicação do Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB)

Autores

Guido Guidicini, Sandro Salvador Sandroni, Flavio Miguez de Melo

Capa e Projeto gráfico

Ursula Fuerstenau

Diagramação

Francielle Franco dos Santos

Revisão

Cláudia Rodrigues Barbosa

Fotos e ilustrações

Arquivo pessoal

O conteúdo apresentado neste Livro foi obtido pelos autores tendo como fontes diversas publicações da imprensa, de entidades públicas e privadas, nacionais ou estrangeiras, todas amplamente incluídas nas referências bibliográficas listadas no livro.

Nem a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) nem o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) poderão ser responsabilizados por informações apostas ou mesmo por supostos erros ou omissões eventualmente existentes no conteúdo aqui publicado.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Mello, Flavio Miguez de

Lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragem e obras anexas no Brasil [livro eletrônico]/ Flavio Miguez de Mello, Sandro Salvador Sandroni, Guido Guidicini. -- Rio de Janeiro : Comitê Brasileiro de Barragens, 2021.
PDF

Bibliografia
ISBN 978-65-990860-1-4

1. Acidentes 2. Acidentes - Brasil - Prevenção 3. Barragens 4. Engenharia ambiental 5. Engenharia civil 6. Geologia I. Sandroni, Sandro Salvador. II. Guidicini, Guido. III. Título.

21-82999

CDD-627.8

Índices para catálogo sistemático:

1. Barragens : Acidentes : Prevenção : Engenharia civil 627.8

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

República Federativa do Brasil

Jair Bolsonaro
Presidente da República

Ministério do Desenvolvimento Regional

Rogério Simonetti Marinho
Ministro

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Diretoria Colegiada

Christianne Dias Ferreira
(Diretora-Presidente)

Marcelo Cruz

Oscar Cordeiro de Moraes Netto

Vitor Saback

Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho
(interino)

Ricardo Medeiros de Andrade
(até julho de 2021)

Comitê de Editoração

Vitor Eduardo de Almeida Saback
Diretor

Humberto Cardoso Gonçalves
Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho

Flávio Hadler Tröger
Superintendentes

Rogério de Abreu Menescal
Secretário-Executivo

Equipe Técnica

André Torres Petry

Fernanda Laus de Aquino

Marcio Bomfim Pereira Pinto

Maristela de Lourdes Barbosa

Patrick Thomas
Superintendente

CBDB - Diretoria 2021

Presidente

José Bernardino Botelho

Vice-Presidente

Alberto de Sampaio Ferraz Jardim
Sayão

Diretor-Secretário

Leonardo de Oliveira Guerra Deotti

Diretor de Comunicações

Diego Antônio Fonseca Balbi

Diretor Técnico

Ricardo Aguiar Magalhães

Conselho Deliberativo 2021

Membros Eleitos

Alberto S. F. J. Sayão

Aurélio Alves Vasconcelos

Celso José Pires Filho

Cleber José de Carvalho

Diego Antonio Fonseca Balbi

Étore Funchal de Faria

Geraldo Magela Pereira

Gilberto Tannus Elias

João Francisco A. Silveira

Joaquim Pimenta De Ávila

José Bernardino Botelho

José Marques Filho

Leonardo de Oliveira Guerra Deotti

Patrícia Neves Silva

Paulo Teixeira da Cruz

Ricardo Aguiar Magalhães

Teresa Cristina Fusaro

Walton Pacelli de Andrade

Membros Vitalícios

Brasil Pinheiro Machado

Cássio Baumgratz Viotti

Edilberto Maurer

Ertton Carvalho

Flavio Miguez de Mello

Comissão Fiscal

Paula Luciana Divino

Paulo Victor C. B. Braun

Rafaela Baldi Fernandes

Roberto de O. Facchinetti

Núcleos Regionais

Diretores (2021)

BA - Roberto de Oliveira Facchinetti

CE - Silvrano Adonias Dantas Neto

GO/DF - Habib Sallum

MG - Teresa Cristina Fusaro

NT - Adriano Frutuoso da Silva

PR - Kironi Oliveira Pires

PE - Patrícia Neves Silva

RJ - André Pereira Lima

RS - Lúcia Wilhelm Veras de Miranda

SC - Rafael Fernandes Pereira

SP - Sidnei Ono

Comissões Técnicas Nacionais

Coordenadores

CT 01 - Registro de Barragens
Étore Funchal de Faria

CT 02 - Segurança de Barragens
Carlos Henrique Medeiros

CT 03 - Barragens de Concreto
José Marques Filho

CT 04 - Hidráulica em Barragens
Diego David Baptista de Souza

CT 05 - Barragens de Terra e Enrocamento
Vanda Teresa Costa Malveira

CT 06 - Barragens de Enrocamento com Face de Concreto
Fernando Dias Resende

CT 07 - Barragens de Rejeitos
Joaquim Pimenta de Ávila

CT 08 - Formas de Contratação de Serviços de Engenharia e Construção
Ricardo Hey Andrzejewski

CT 09 - Impacto Ambiental de Barragens e Reservatórios
Sandra Elisa Favorito Raimo

CT 10 - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Técnica
Ricardo Aguiar Magalhães

CT 11 - Obras de Proteção e Contenção de Fluxo de Detritos
Dimitry Znamensky

CT 12 - Usos Múltiplos de Reservatórios

Adriana Verchai De Lima Lobo

CT 13 - Condicionantes Regulatórios à Realização de Barragens e Reservatórios
Raymundo Garrido

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), nas pessoas que compuseram as duas últimas diretorias eleitas. Seus dirigentes concederam plena confiança no trabalho desenvolvido ao longo dos anos recentes. O mesmo vale para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), por ter incentivado e viabilizado a publicação deste livro, ao abrigo do convênio entre as duas entidades.

Os agradecimentos são extensivos ao Engenheiro Armando José da Silva Neto, especialista em Segurança de Barragens, por ter estruturado a primeira versão do Capítulo 9, que trata da legislação a respeito do tema.

Os autores serão gratos caso forem informados sobre possíveis complementações a serem acrescentadas aos relatos ou sobre eventuais imprecisões decorrentes de inexatidões das fontes consultadas.

Prefácio

Coube a mim a grata tarefa de fazer a apresentação do livro “Lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragens e obras anexas no Brasil”. Início pelo histórico e pelo longo caminho percorrido até a chegada da sua edição neste ano de 2021.

O tema segurança e acidentes e incidentes em barragens e em estruturas associadas tem sido recorrente nos congressos e em boletins editados pela Comissão Internacional de Grandes Barragens. O mesmo ocorre nos seminários, simpósios e palestras promovidos pelo Comitê Brasileiro de Barragens desde o II Seminário, em 1963. É certo que este assunto deva ser recorrente, pois dele surgem muitas lições que são apresentadas e discutidas em seus diversos aspectos. O resultado é o aprendizado em benefício de toda a sociedade.

O escopo deste trabalho foi objeto de várias publicações internacionais, dentre elas: *Lessons From Dams Accidents* (ICOLD 1974), *Lessons from Dam Incidents – USA* (ASCE 1975), *Deterioration of Dams and Reservoirs* (ICOLD, 1983). Em 1997, o CBGB (agora CBDB) editou a publicação “*Cadastro Brasileiro de Deterioração de Barragens e Reservatórios*”. A iniciativa contou com a participação de 20 profissionais do ramo de Projetos e Construção de barragens no Brasil, liderados pelo então presidente do Comitê, o Professor Flavio Miguez de Mello. Este livro foi resultado da reunião da experiência dos autores e abrangeu diversos tipos de barragens de contenção de água (geração de energia elétrica e usos múltiplos).

A idealização da obra nasceu em 2017, no XXXI Seminário Nacional de Grandes Barragens, realizado em Belo Horizonte, a partir de conversas entre os engenheiros Selmo C. Kuperman e Maria Regina Moretti, do CBDB, Rodrigo Flecha e Fernanda Laus, ambos da ANA. Juntos, concordaram em preparar um livro que contemplasse os diversos acidentes e incidentes em barragens no Brasil.

Durante a vigência do 1º Acordo de Cooperação Técnica (ACT) assinado entre CBDB e ANA, já em 2017, em uma reunião formal do referido ACT, foi estipulada a edição do livro sobre lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragens no Brasil.

A partir desta data foi constituída, no CBDB, uma Comissão para estabelecer as diretrizes do trabalho. Participaram desta etapa o então Presidente do CBDB, Dr. Carlos Henrique Medeiros, o ex-Presidente do CBDB, Flavio Miguez de Mello, o Diretor Ricardo Aguiar Magalhães e o Conselheiro Leonardo de Oliveira Guerra Deotti (agora Diretor).

Foram, então, contatados o Geólogo Guido Guidicini e o Professor Sandro Salvador Sandroni que, juntamente com o Professor Miguez, ficaram responsáveis pela preparação do livro, pois já haviam congregado em aulas de programas de pós-graduação na UFRJ e na PUC-Rio e em palestras, artigos e trabalhos publicados, significativo número de relatos de acidentes e incidentes em barragens e reservatórios.

No final de 2020 e início de 2021, a publicação foi apresentada ao CBDB . A edição traz relatos de mais de 160 barragens e estruturas anexas envolvendo acidentes e incidentes em barragens implantadas do início do século passado até 2021. Devido ao número elevado de casos, a obra foi subdividida em duas partes: A e B.

A Parte A, intitulada de Livro, foi impressa e contém 208 páginas sobre um completo arcabouço que detalha o conteúdo dos relatos e apresenta casos mais emblemáticos das diversas características dos acidentes e incidentes ocorridos em território nacional.

A Parte B congrega os relatos que ficarão em versão digital (em arquivos em pdf) à disposição dos interessados no site do CBDB (em um link). Tal conteúdo é passível de ser revisado pelos autores e acrescido de eventuais relatos adicionais de incidentes que possam vir a ocorrer (com a contribuição de informações aos casos relatados).

O CBDB, cuja missão contempla o desenvolvimento de técnicas ligadas ao planejamento, projeto, construção e manutenção de barragens, reservatórios e estruturas associadas, tem no seu Estatuto, Artigo 2º, Letra f, o seguinte dizer: *“Colaborar com entidades que planejam, constroem ou utilizam barragens e obras conexas com vistas ao aperfeiçoamento de seus métodos de planejar, construir e observar o comportamento dos empreendimentos.”*

Desta forma, o livro apresenta vários casos de falha decorrentes de insuficientes critérios, soluções, investigações de campo e dados hidrológicos confiáveis. Ainda complementam esse rol a não observação adequada dos fenômenos hidráulicos e as falhas nos processos construtivos, de monitoramento, operação e manutenção das barragens.

A obra mostra cada acidente ou incidente com descrição de fontes, efeitos causados, impactos sociais e econômicos decorrentes e, por fim, os remédios propostos e adotados para a recuperação dos danos, transformando os episódios e seus transtornos em lições para o presente e o futuro.

Agradecimentos a todos que participaram deste projeto, em especial aos autores Guido Guidicini, Sandro Salvador Sandroni e Flavio Miguez de Mello.

José Bernardino Botelho
Presidente do CBDB

Introdução

O tema de acidentes e incidentes ocorridos em barragens no Brasil tem sido abordado com frequência pelo meio técnico em virtude de sua relevância para a segurança das populações ribeirinhas e por suas consequências em termos econômicos. O principal foro de debates tem sido os eventos organizados por nossas associações de classes, dentre elas o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE), a Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações (ABMS), o Comitê Brasileiro de Mecânica das Rochas (CBMR) e o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). Quem consultar a bibliografia técnica nacional, encontrará uma extensa relação de artigos sobre o assunto. Trata-se, na maioria das vezes, de depoimentos pontuais, relacionados a casos específicos, que ganharam notoriedade pela dimensão do evento e/ou por seus reflexos sobre as vizinhanças, ou sobre a economicidade da obra.

Poucos são os relatos de natureza mais abrangente. E, mesmo esses, revelam uma tendência a definir limites regionais no registro de eventos em detrimento de casos ocorridos em regiões mais afastadas. Por exemplo, o cadastro publicado pelo Comitê Brasileiro de Grandes Barragens em 1995, contendo o relato de 136 casos de deterioração registrados em 63 barragens, somente se referiu a cinco casos na região Nordeste e um caso na região Norte do País. Todos os outros eram das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. De forma similar, a literatura técnica produzida no Nordeste tem apresentado viés regionalista.

Diante do caráter disperso do registro de acidentes e incidentes ocorridos no território nacional, os autores se dedicaram à coleta e garimpagem de eventos através do registro na literatura técnica e em órgãos da imprensa, bem como nos demais meios de comunicação. Com alguma frequência, eventos ocorridos em regiões afastadas dos centros urbanos teriam passado despercebidos, mas chegaram a ser noticiados em sites e *blogs* locais por terem afetado alguma via de comunicação. Na maioria dos casos, esses eventos saíram do noticiário logo a seguir, deixando um escasso registro sobre as circunstâncias em que ocorreram.

Para cada caso abordado no livro, os autores desenvolveram um dossiê (ou relato), registrando, quando possível, os principais aspectos dos eventos. Basicamente, podem-se distinguir três níveis de informação disponível. O primeiro nível, que abrangeu cerca de 40% dos casos, decorreu da existência de informações suficientes para permitir a elaboração de um relato com maior aprofundamento técnico. O segundo nível, também com cerca de 40% dos casos, se caracterizou por informações técnicas escassas, de modo que o quadro retratado no relato deixou de trazer respostas esclarecedoras a respeito de importantes aspectos do ocorrido. O terceiro nível foi oferecido, como referido acima, pelos órgãos de imprensa e divulgação, mas esses relatos carecem de informações técnicas. O mérito desta terceira fonte foi o de não deixar passar em brancas nuvens eventos em locais ermos.

O livro apresenta relatos de acidentes e incidentes em 160 barragens brasileiras e/ou em suas obras anexas, sendo que em algumas barragens há mais de um caso apresentado. Trata-se do conjunto de casos que maior divulgação recebeu, dentro da perspectiva dos três níveis de informação acima referidos. Tantos e tantos outros casos deixaram de ser notificados pela ausência ou absoluta escassez de informações básicas.

Embora o desejo dos autores fosse o de identificar as causas dos eventos, em diversos casos, isso não foi possível, pelas razões já expostas. Desta forma, uma parcela dos relatos se limita a explicitar a parte da obra que foi impactada pelo acidente ou incidente. A identificação das causas pode ser encontrada em grande parte dos relatos, mas não em todos.

O livro se insere nos propósitos do CBDB: oferecer ao meio técnico um cadastro do nível de conhecimento atual sobre acidentes e incidentes em barragens no Brasil. Este cadastro ultrapassou, em seu conjunto, o número de páginas viável a uma edição impressa. Consequentemente, decidiu-se separar o texto do livro, que corresponde à primeira parte da obra, editando-o na forma impressa. A parte mais volumosa, representada pelo conjunto de relatos, foi colocada à disposição dos leitores e interessados via link fornecido pelo CBDB.

A forma de edição do livro, com os relatos acessíveis em meio digital, torna possível corrigir eventuais falhas ou omissões, bem como atualizar e complementar cada relato, o que será feito pelos autores com informações a serem obtidas no futuro.

Todas as informações que serviram de base para a elaboração dos relatos são de caráter público, coletadas de publicações ou de sites da Internet (com referência de fonte).

Através da análise de acidentes e incidentes propiciada pelos relatos, principalmente por aqueles baseados em consistentes informações técnicas, o livro cumpre seu objetivo de divulgar para o meio técnico da multidisciplinar tecnologia de barragens as lições aprendidas pelos que vivenciaram as situações enfrentadas pela Engenharia. Com esse registro de caráter histórico, os autores oferecem sua contribuição para o ulterior desenvolvimento do Política Nacional de Segurança de Barragens, um dos objetivos primordiais da ANA e do CBDB.

Os autores consideram que um livro que se dedique ao ajuntamento e descrição de casos de acidentes e incidentes em barragens, ocorridos em território nacional, pode servir de fonte de consulta e referência para estudantes e profissionais interessados no entendimento dos mecanismos que, frequentemente, contribuem para o desencadeamento dos eventos lesivos à integridade das obras. Este livro terá cumprido seu papel se conseguir despertar a atenção do leitor para a multiplicidade de aspectos envolvidos no permanente embate travado em torno das condições de segurança de cada estrutura de barramento.

*Só o que se fez ensina o que se deverá fazer para o diante.
Memórias são depoimentos pessoais no intérmino processo,
e valem por más testemunhas os que silenciam egoisticamente sobre
o que fizeram ou viram fazer.*

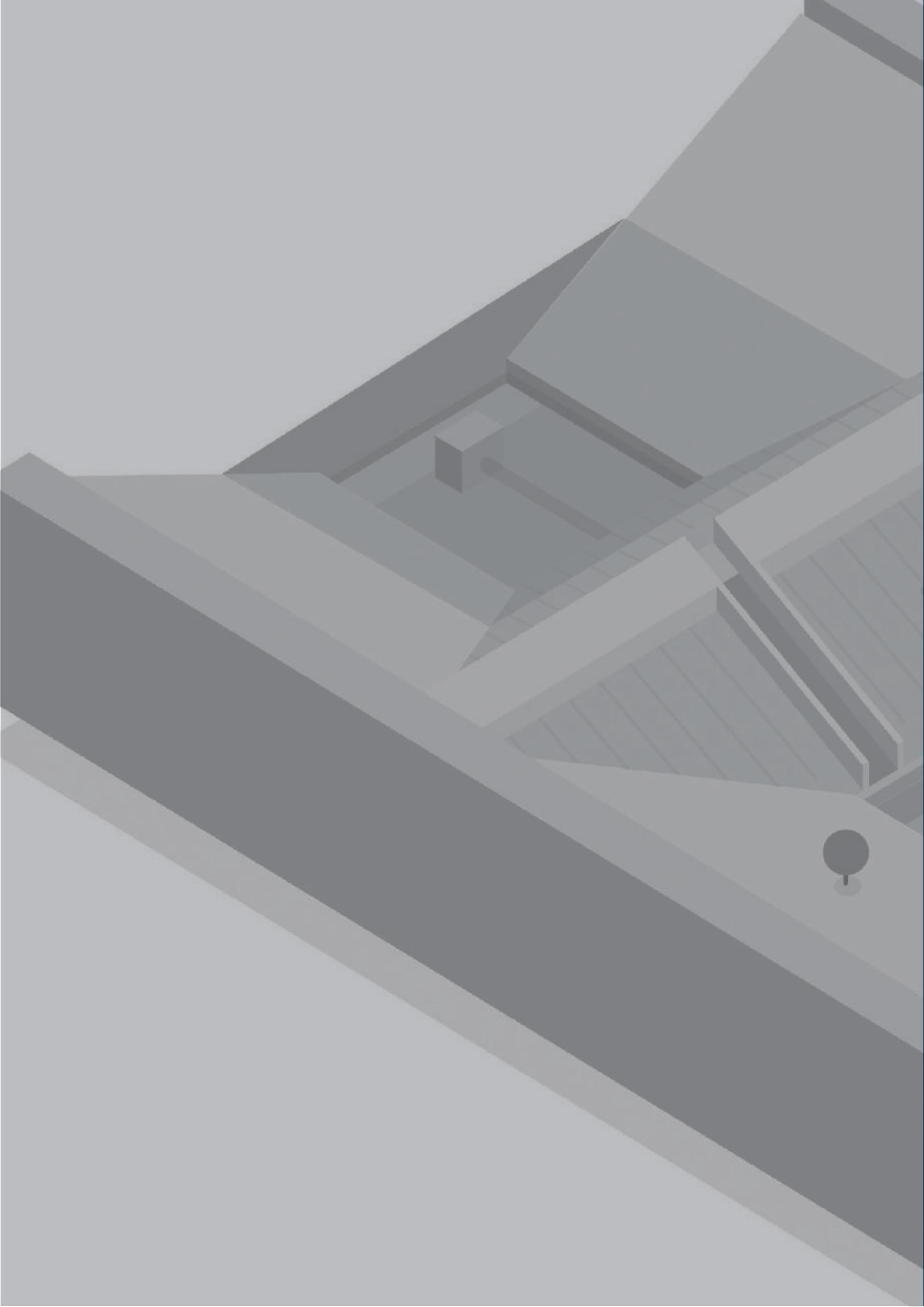
Monteiro Lobato
Ideias de Jeca Tatu

The past is good to learn from, but not to live in.

Harvey Mackay, citado por Michael Rogers, presidente da Comissão Internacional de Grandes Barragens - ICOLD, no III Encontro Técnico sobre Incidentes e Acidentes em Barragens (Brasília, 29 de outubro de 2021).

Sumário

1. Introdução	13
1.1 A água como principal agente exógeno	
1.2 Finalidade de barragens e reservatórios	
1.3 Abrangência, limitações e definições	
1.4 Agentes, causas e consequências	
2. Documentação e estatísticas sobre acidentes em barragens	21
2.1 O registro em âmbito internacional	
2.2 Documentação e estatísticas brasileiras	
3. Barragens no Brasil	35
3.1 Diversidade de condicionantes regionais	
4. Coletânea de acidentes e incidentes	53
5. Classificação de acidentes e incidentes	71
6. Sistematização de acidentes em barragens e obras anexas	77
6.1 Acidentes na fase construtiva (sem água no reservatório)	
6.2 Acidentes na etapa de enchimento ou de operação (com água no reservatório)	
7. Barragens de mineração: um capítulo à parte	133
7.1 Registro das principais ocorrências	
7.2 Barragens “órfãs”	
7.3 Tendências atuais	
8. Avaliação estatística de acidentes e incidentes registrados .	149
9. Legislação sobre segurança de barragens no Brasil	155
9.1 Dos primórdios até a decretação da Lei nº 12.334	
9.2 Sucessão de eventos	
9.3 Legislação específica para barragens de rejeitos	
9.4 Regulamentações e aperfeiçoamentos da Lei nº 12.334	
9.5 Deliberações Normativas por parte dos Estados da Federação	
9.6 Legislação da Defesa Civil	
9.7 Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA)	
9.8 Acordo de Cooperação Técnica em Segurança de Barragens (ACT-SB) nº 31/2018	
10. Distribuição geográfica de acidentes e incidentes relatados .	173
11. Considerações finais	177
12. Material consultado	181
13. Relatos descritivos	



CAPÍTULO 1

Introdução

- 1.1** *A água como principal agente exógeno*
- 1.2** *Finalidade de barragens e reservatórios*
- 1.3** *Abrangência, limitações e definições*
- 1.4** *Agentes, causas e consequências*

1.1 A água como principal agente exógeno

A água não compactua com ninguém e sua ação é inexorável. Erguer um obstáculo à água é desafiar a natureza. Queremos contê-la e represá-la, tirando partido de sua acumulação, mas somos aprendizes de um jogo em que o principal adversário, a própria água, atua de inúmeras formas, às vezes imprevisíveis, para se livrar do obstáculo.

O histórico de construção e operação de barragens é o retrato das inúmeras disputas travadas entre o homem e a água, em que os acidentes refletem momentos de desequilíbrio nas contendidas, a favor desta última. Impor um barramento em um curso d'água equivale a desafiar as leis da natureza, permanentemente em busca de uma condição de equilíbrio. A barragem constitui um elemento de quebra do equilíbrio, contra o qual a natureza se revolta, acionando seu principal meio de defesa: a própria água, que irá atuar de várias formas na tentativa de remover o obstáculo. O acidente é o momento em que o jogo se desequilibra. É o xeque dado no tabuleiro - e, às vezes, se converte em xeque-mate.

A principal ferramenta à disposição do homem é a capacidade de aprendizado, convertida em experiência e armazenada na memória. O caminho da construção de barragens tem sido percorrido à custa de sucessivas tentativas, pontuadas por erros e acertos. A capacidade de analisar as derrotas e de assimilar as lições impostas em cada caso tem qualificado o meio técnico a reduzir progressivamente as chances de derrota em benefício dos níveis de segurança.

O presente texto procura oferecer uma resenha crítica dos principais acidentes e incidentes registrados em barragens no Brasil, identificando, quando possível, as causas. A análise é necessariamente restrita aos eventos mais significativos que tenham alcançado divulgação suficiente para possibilitar uma apreciação crítica de suas condições de ocorrência.

1.2 Finalidade de barragens e reservatórios

O aproveitamento das águas para os mais diversos fins induziu o homem a acumulá-la através de reservatórios propiciados por barragens e diques, feitos com o emprego dos mais variados materiais disponíveis nas vizinhanças dos locais selecionados. O homem não foi pioneiro nesta tarefa e é bem possível que tenha se inspirado no exemplo dos castores, mestres na construção de barragens.

Utilizando pedras, folhas, galhos, troncos de árvore, lama, ou qualquer outro material disponível, os castores iniciam seu trabalho implantando estacas no leito de um córrego ou riacho para servirem como elementos de sustentação. Em seguida, empregando galhos e gravetos, desenvolvem uma estrutura horizontal, em zigue-zague.



Figura 1.1 – Barragem construída por castores (Internet, Acesso em 12/05/2020 - <http://tudosuperinteressante.blogspot.com/2014/07/castores-construtores-de-barragens.html>)

Ao longo da história, as barragens foram adquirindo grande diversidade de objetivos, atendendo às necessidades de controle de cheias, irrigação de terras agricultáveis, acumulação para abastecimento humano ou industrial, reservação para períodos de estiagem, navegação, geração de energia, recreação, regularização de vazões e perenização de cursos d'água, piscicultura, preservação do lençol freático, contenção de avalanches e corridas de detritos, defesa contra oscilações do nível do mar, proteção contra maremotos, paisagismo, dessedentação de animais, combate às secas, separação de líquidos diferentes, acumulação de sedimentos, disposição de resíduos industriais e de rejeitos de mineração, proteção de *polders*, transposição de bacias.

1.3 Abrangência, limitações e definições

A língua portuguesa oferece uma série de termos para designar as **anormalidades** passíveis de ocorrer na vida útil de uma barragem, cujo significado e abrangência não possuem limites claramente definidos, podendo dar margem para interpretações bastante amplas e até mesmo divergentes. As fronteiras entre as diversas designações, como “desastre”, “ruptura”, “colapso”, “incidente”, “acidente”, “sinistro”, são incertas e carecem de uma codificação prévia de linguagem.

De acordo com a Resolução nº 144/2012, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Art. 2, adota as seguintes definições:

I – **acidente**: comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou estrutura anexa;

II – **incidente**: qualquer ocorrência que afete o comportamento da barragem ou estrutura anexa que, se não for controlada, pode causar um acidente.

Ao longo do presente livro, o termo **incidente** é empregado, conforme definição acima, para designar uma **anormalidade, imprevisto** ou **não conformidade** de amplitude limitada que requer a adoção de medidas para reparo, mas que não interrompe a funcionalidade da barragem. Incidentes acarretam **comportamento inadequado** durante a construção ou durante a operação, implicando em investimentos com reforços ou reparos, ampliação ou modernização de monitoramento, instrumentação, atrasos de cronograma construtivo e redução dos benefícios previstos, sem destruição de patrimônio.

Por **comportamento inadequado** entende-se o surgimento de:

- eventos que tendem a impedir que a estrutura opere conforme inicialmente planejado;
- eventos que, embora não se constituam em ameaça para a segurança da barragem, podem gerar apreensão nas comunidades vizinhas ou no público em geral;
- eventos que podem evoluir e degenerar, culminando em acidente ou desastre;
- situações de não atendimento de critérios desejados ou vigentes da segurança.

Na opinião dos autores, o termo **acidente** possui caráter genérico, sem a forte conotação de comprometimento atribuída pela CNRH, e não revela, por si só, a natureza da ocorrência na vida da barragem, carecendo de melhor identificação. Os termos **ruptura** e **desastre** se enquadram na categoria de **acidentes**.

O termo **ruptura** tem conotação física específica e se refere aos danos causados na barragem ou nas estruturas anexas, podendo ter efeitos limitados ou acarretar o comprometimento parcial ou total do empreendimento (sendo, neste caso, sinônimo de desastre).

O termo **desastre** é, por si só, inquestionável e identifica a ocorrência de comprometimento ou destruição parcial ou total de uma barragem e/ou de suas estruturas anexas. Ocorre uma paralisação prolongada ou definitiva de uso. Tem significado similar ao de acidente na definição do CNRH.

O termo **sinistro** tem forte conotação jurídica. No mercado de seguros, trata-se de qualquer evento em que o bem segurado sofre acidente ou prejuízo material.

1.4 Agentes, causas e consequências

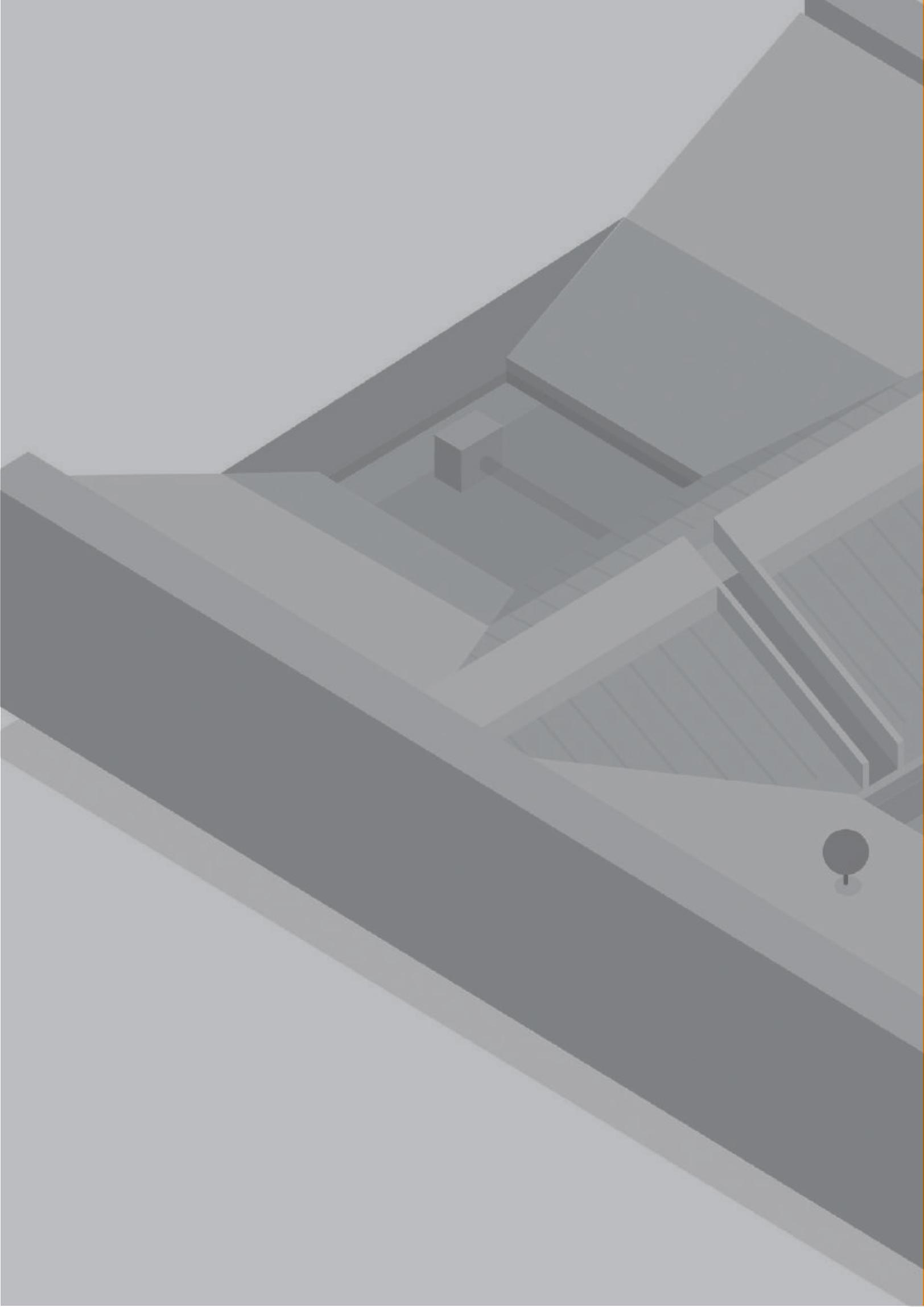
A identificação dos motivos de determinados eventos relacionados com a segurança de barragens (imprevistos, incidentes, acidentes, desastres) induz, inevitavelmente, à discussão em torno da tentativa de definir e distinguir **agentes de causas e consequências**. Trata-se, entretanto, de uma tarefa de resultados dúbios, uma vez que, em uma sequência de eventos, esses termos podem se confundir e a distinção se tornar impraticável. O que é identificado como consequência em um determinado momento do histórico de um evento, ou de uma anormalidade, pode passar a ser a causa do evento seguinte.

A definição de **agentes** aparenta ser uma tarefa relativamente simples, uma vez que pode ser associada com a natureza física dos eventos. Agentes são elementos naturais, identificáveis *in loco*, tais como cheia, corrosão, cavitação, erosão, correntes de retorno, escoamentos tangenciais, ondas, sismos, reações químicas, calor, chuva. Todos, entretanto, são consequência de algum evento anterior e podem, obviamente, assumir o papel de causa de determinados eventos posteriores.

Já as **causas** podem ter uma identificação mais difícil, pois remetem, geralmente, não a um fato isolado, mas a uma sequência de eventos que podem transpor os limites do ambiente físico, transferindo a discussão para o âmbito das responsabilidades civis, por exemplo.

Tome-se como exemplo o caso de uma barragem de terra que rompeu após ter sido galgada. A **causa** da ruptura foi: (a) a erosão que destruiu o talude de jusante, (b) o galgamento da barragem que desencadeou a erosão, (c) a enchente que não tendo por onde escoar galgou a barragem, (d) a insuficiente capacidade de extravasamento dos órgãos de vertimento, (e) a inadequação do projeto que não previu a inserção de dispositivos de descarga necessários, (f) a escassez de recursos financeiros (adoção de níveis de risco acentuados), (g) falhas no sistema operacional que não interveio a tempo, (h) a conjugação de diversos fatores? A mais provável costuma ser a alternativa h.

No contexto do presente livro, seguindo um procedimento que tem balizado os levantamentos promovidos em âmbito internacional, procurou-se delimitar a identificação das causas ao espaço físico. Isso não impede, entretanto, que situações flagrantes de responsabilidade de órgãos governamentais, proprietários, concessionários, projetistas, construtores, fabricantes, fornecedores e montadores venham a ser, eventualmente, apontadas quando necessário ou oportuno.



CAPÍTULO 2

Documentação e estatísticas sobre acidentes em barragens

2.1 O registro em âmbito internacional

2.2 Documentação e estatísticas brasileiras

2.1 O registro em âmbito internacional

Dada a dificuldade de reunir informações suficientemente completas, o registro de acidentes em barragens para posterior análise e geração de dados estatísticos representa uma atividade complexa e consumidora de tempo e recursos. Somente pode ser alavancada por entidades governamentais ou que contenham subsídios para este fim.

Em âmbito internacional, coube à Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD/CIGB), entidade não governamental destinada a promover o intercâmbio de conhecimento e experiência em Engenharia de Barragens, a tarefa de realizar os primeiros levantamentos na área de Segurança de Barragens, o que abrange, evidentemente, o cadastramento de acidentes e incidentes.

Em cadastramento relativamente recente (2016), a ICOLD apresentou um quadro em que o Brasil figura como o quinto maior detentor de grandes barragens no mundo (**Tabela 1.1**).

Foi na década de 60 que a ICOLD, criada em 1928, empreendeu a realização do primeiro cadastramento de acidentes em barragens. Em 1964, a ICOLD aprovou uma proposta para o “Estudo de acidentes e incidentes conhecidos em fundações rochosas de grandes barragens”, entendendo como tais as barragens que atendessem aos seguintes requisitos:

PAÍS	NB
China	23.842
Estados Unidos	9.265
Índia	5.102
Japão	3.108
Brasil	1.392
República da Coreia (Coreia do Sul)	1.306
Canadá	1.170
África do Sul	1.114
Espanha	1.082
Turquia	972

Tabela 1.1 - Registro mundial de grandes barragens dos países membros do ICOLD (2016)

- a) altura superior a 15 m;
- b) altura entre 10 e 15 m, conjugada a pelo menos um dos seguintes requisitos:
- comprimento de crista não inferior a 500 m;
 - capacidade do reservatório não inferior a 1 milhão de m³;
 - descarga máxima de cheia não inferior a 2 mil m³ por segundo;
 - condições de fundação particularmente problemáticas;
 - projeto da barragem não convencional.

Naquela oportunidade, a solicitação de informações sobre acidentes e incidentes foi feita a todos os comitês nacionais membros da ICOLD e culminou com a edição do livro “*Lessons from dam incidents*”. Publicado em 1974, reuniu os resultados recebidos de 43 países membros que relataram a ocorrência de 530 incidentes ocorridos entre 1900 e o final de 1965. Destes incidentes, cerca de 60% se referiam a grandes barragens - entre estes foram computados 90 casos de colapso. Em fins de 1965 existiam cerca de 9 mil grandes barragens em todo o mundo. O livro é um volumoso apanhado com mais de mil páginas. O Brasil foi citado com um único acidente, o de Orós (CE), e um único incidente, ocorrido nos dois túneis de desvio da UHE Furnas (MG), no total de 196 grandes barragens registradas no País antes de 1965. Esta foi a primeira iniciativa de fôlego no sentido de gerar um cadastro de ocorrências que permitisse avaliar a incidência das principais causas de acidentes.

Para angariar relatos de acidentes importantes com o propósito de compor a publicação da ICOLD, o Comitê Brasileiro de Grandes Barragens selecionou, em 1963, o tema “Acidentes em Barragens” como um dos três principais tópicos do II Seminário Nacional.

A partir de então se consolidou a prática de levantamentos periódicos e sistemáticos sobre incidentes e acidentes em barragens. Em 1975, a *American Society of Civil Engineers (ASCE)* publicou o primeiro levantamento sistemático realizado nos EUA pelo Comitê Norte-Americano de Grandes Barragens (USCOLD) com o título “*Lessons from dam incidents - USA*”. Dando continuidade temporal ao primeiro cadastramento da ICOLD, entre o começo de 1966 e fins de 1972, foram registrados, em território norte-americano, 228 acidentes significativos. Neste cadastramento passaram a ser computados também acidentes ocorridos no período construtivo. O volume editado possui 392 páginas. O volume de casos coletados, em conjunto com os eventos registrados anteriormente, deu margem para que se procedesse a análise estatística com o propósito (entre outros) de estabelecer critérios de probabilidade de ocorrência de novos eventos.

Segundo a referida publicação “*Lessons from dam incidents - USA*” (1975), 13,5% (uma em cada 7,4) das 2.531 barragens construídas entre 1900 e 1960 foram atingidas por acidentes, dos quais 2,3% (um em cada 43) foram desastres, como se vê na **Tabela 1.2**.

A incidência caiu cerca de quatro vezes no período 1960 a 1973. Nesse intervalo de tempo foram construídas 2.128 barragens nos EUA, das quais 2,8% (uma em cada 35) sofreram acidentes, enquanto 0,5% (um em cada 193) foram desastres.

Na **Tabela 1.2** foram comparadas barragens construídas em certo período com acidentes ocorridos no mesmo período. Sobressai a necessidade de cuidado com a interpretação dos dados. Estes não refletem, necessariamente, o status técnico do período focado visto que, por exemplo, barragens acidentadas em 1960 - 1973 podem ter sido construídas muito antes, com tecnologia eventualmente ultrapassada.

Outra avaliação dos acidentes ocorridos em obras construídas em dois períodos (1920 - 1929 e 1960 - 1969, nos EUA): considerando apenas os acidentes com água no reservatório, a incidência de acidentes passou de 6% na década de 20 para 2% na década de 60, e a incidência de desastres caiu 15 vezes, passando de 3% na década de 20 para 0,2% (um em cada 470) na década de 60 (**Tabela 1.3**).

Na **Tabela 1.4** estão indicados os intervalos de tempo transcorridos e o respectivo número de acidentes em barragens construídas nos EUA na década de 1920 (USCOLD, 1975). Em que pese o número reduzido de casos, para fins estatísticos, 88% dos acidentes e desastres ocorreram antes de completados 20 anos de operação da barragem, sendo que 82% aconteceram antes de cinco anos de operação. Dos acidentes registrados após 20 anos, dois decorreram de deslizamentos deflagrados por terremotos, um foi por galgamento e um por percolação pela fundação.

PERÍODO	CONSTRUÍDAS NO PERÍODO	ACIDENTES OCORRIDOS NO PERÍODO	
		ANORMALIDADES E ACIDENTES	DESASTRES
1900 - 1960	2.531	284 (11,2%)	59 (2,3%)
1960 - 1973	2.128	60 (2,8%)	11 (0,5%)

Tabela 1.2 – Incidência de acidentes em barragens com altura maior do que 15 m nos EUA. Foram excluídas barragens não convencionais (cerca de 250) (USCOLD, 1975)

PERÍODO	CONSTRUÍDAS NO PERÍODO	ACIDENTES OCORRIDOS NO PERÍODO	
		ANORMALIDADES E ACIDENTES	DESASTRES
1920 - 1929	382	23 (6%)	11 (3%)
1960 - 1969	1880	36 (2%)	4 (0,2%)

Tabela 1.3 – Acidentes ocorridos em barragens com reservatório cheio nos EUA (USCOLD, 1975)

Constata-se pela **Tabela 1.4** a concentração de cerca da metade dos acidentes (e dos desastres) no primeiro ano de operação, ou seja, durante ou logo após o primeiro enchimento do reservatório. O primeiro enchimento do reservatório é um momento crítico de uma barragem, visto que grande parte da carga que ela terá que suportar é aplicada praticamente de uma vez, em geral de forma rápida. São poucas as obras civis com esta característica e, certamente, as barragens costumam estar entre as mais dispendiosas e com maior potencial de dano.

Em 1988 foi publicada a atualização do primeiro levantamento com o título “*Lessons from dam incidents - USA II*”, cobrindo os acidentes ocorridos entre o início de 1973 e o final de 1985. Mais de 500 acidentes e incidentes foram registrados neste período, nos EUA.

Com base nos diversos registros de acidentes em barragens, Foster & outros (1998) levaram a termo estudos estatísticos sobre as rupturas em grandes barragens de terra e/ou enrocamento construídas entre 1800 e 1986 em todos os continentes. Nestas avaliações foram excluídos dados referentes a barragens construídas no Japão antes de 1930 e na China por conta da imprecisão das informações. A **Tabela 1.5** apresenta as principais conclusões.

A partir dos dados de Foster & outros (1998), constata-se que os casos de erosão interna são responsáveis por cerca de metade das rupturas em barragens de terra e/ou enrocamento, sendo esta causa aproximadamente igual em importância aos casos de ruptura por galgamento durante enchentes, quando a capacidade dos órgãos de descarga se revela inadequada, insuficiente ou com defeitos de operação.

TEMPO DESDE A CONSTRUÇÃO (ANOS)	ACIDENTES	DESASTRES
0 a 1	11	5
1 a 2	4	4
2 a 5	2	2
5 a 20	2	---
> 20	4	---

Tabela 1.4 – Acidentes em barragens com reservatório cheio, construídas entre 1920 e 1929 nos EUA (USCOLD, 1975)

MECANISMO DE RUPTURA	EROSÃO		ESCORREGAMENTO	
	EROSÃO EXTERNA (GALGAMENTO)	EROSÃO INTERNA	INSTABILIDADE ESTÁTICA	INSTABILIDADE SÍSMICA
% do total	48%	46%	4%	2%
% do total	94%		6%	

Tabela 1.5 – Estatística de rupturas em barragens de terra e/ou enrocamento em todos os continentes (Foster & outros, 1998)

Em mais uma análise estatística, tomando-se o ano de 1950 como marco divisor para análise de casos de ruptura de barragens, a utilização dos dados apresentados por Foster e outros (1998) leva às conclusões expostas na **Tabela 1.6**, apresentada por Ladeira (2007, pág. 34). Verifica-se ali que a probabilidade de ruptura em barragens construídas após 1950 cai para cerca de um terço da probabilidade antes de 1950.

O processo de erosão interna (*piping*), seja através do barramento, seja pela fundação, passa a ser responsável por cerca de 54% dos acidentes ocorridos após 1950, enquanto o galgamento da barragem vem em segundo lugar, com 32% dos casos conhecidos.

Na **Tabela 1.6**, a estatística compreendeu o levantamento em grandes barragens (com altura superior a 15 m) em todos os continentes, excluindo barragens construídas no Japão antes de 1930

MODO DE RUPTURA	% TOTAL DE RUPTURAS (MODO DE RUPTURA CONHECIDO)	% RUPTURAS ANTES DE 1950	% RUPTURAS APÓS 1950
Galgamento (<i>overtopping</i>)	34,2%	36,2%	32,2%
Vertedouro	12,8%	17,2%	8,5%
<i>Piping</i> através do barramento	32,5%	29,3%	35,5%
<i>Piping</i> do barramento para a fundação	1,7%	0%	3,4%
<i>Piping</i> através da fundação	15,4%	15,5%	15,3%
Deslizamento do talude a jusante	3,4%	6,9%	0%
Deslizamento do talude a montante	0,9%	0%	1,7%
Abalo sísmico	1,7%	0%	3,4%
Total	102,6%	105,1%	100%
Total de galgamento e falhas em equipamentos de acessórios	48,4%	53,4%	40,7%
Total de <i>piping</i>	46,9%	43,1%	54,2%
Total de deslizamentos	5,5%	6,9%	1,6%
Nº total de barramentos de barragens que romperam (exceto durante a construção)	124	61	63
Nº em anos de operação de barramentos de barragens em operação (até 1968)	300.524	71.000	229.400
Probabilidade anual de ruptura	$4,1 \times 10^{-4}$	$8,6 \times 10^{-4}$	$2,7 \times 10^{-4}$

Tabela 1.6 – Estatística de rupturas em grandes barragens, antes e após 1950 (Ladeira, 2007)

e barragens da China. No levantamento, constataram-se 171 rupturas, sendo que 12 ocorreram durante a construção, conforme informado por Foster & outros (1998). As percentagens não necessariamente somam 100%, pois algumas barragens romperam por múltiplos modos de falha.

Mais recentemente, encontra-se na literatura técnica norte-americana respaldo para novas avaliações estatísticas a respeito de incidentes em barragens. Regan (2009), com base em um universo de 1.158 casos de incidentes levantados em 84 países, estabeleceu uma correlação com a idade das barragens, colocando em evidência a significativa parcela de incidentes (31%) que ocorreram nos cinco primeiros anos de operação, o que deve incluir, embora não explicitada, a etapa de primeiro enchimento do reservatório (**Figura 1.2**).

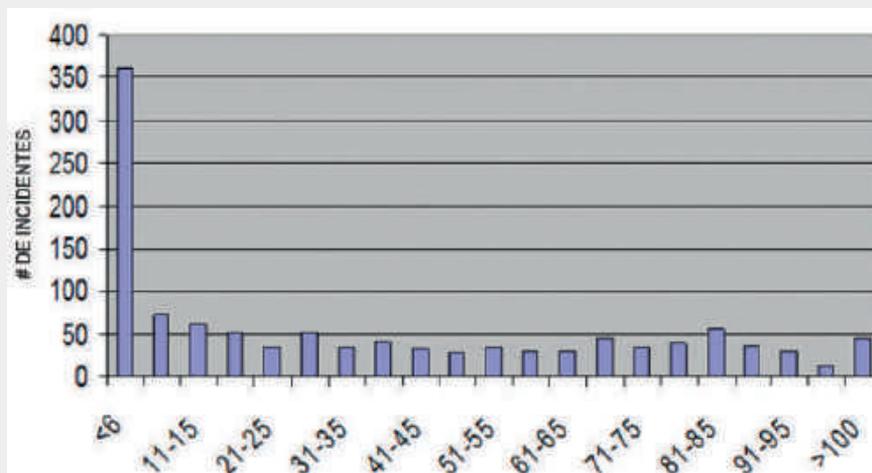


Figura 1.2 – Correlação entre número de acidentes e idade das barragens em anos (Levantamento feito em 84 países) (Regan, 2009)

2.2 Documentação e estatísticas brasileiras

2.2.1 A escassez de informações

No Brasil, a documentação sobre acidentes é escassa, refletindo uma série de fatores que contribuem para tanto. Muitas barragens de pequeno e médio porte foram implantadas sem registro de projeto, em regiões afastadas dos centros urbanos, desprovidas, muitas vezes, de qualquer atividade de operação e manutenção. Nessas circunstâncias, os casos de acidentes somente alcançam o registro em noticiários quando afetam as condições de vida das populações ribeirinhas ou interrompem as vias de comunicação locais.

O Comitê Brasileiro de Grandes Barragens (CBGB), hoje Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), principal associação técnica ligada ao ramo da Engenharia de Barragens no Brasil, passou a atuar efetivamente no início dos anos 1960, apesar de ter sido precedido por outras entidades. Cabem aqui breves informações de caráter histórico. No Brasil, uma primeira tentativa de criar uma entidade filiada à Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD/CIGB) ocorreu em 1936, logo após o 2º Congresso Internacional de Grandes Barragens, realizado em Washington. Foi então instituída a Comissão Brasileira de Grandes Barragens que, entretanto, durou poucos anos, pois não havia suporte financeiro. Reativada em 1957, junto ao Ministério da Viação e Obras Públicas, continuou com dificuldades para realizar as contribuições anuais da ICOLD/CIGB. Foi somente em 1961, às vésperas do 7º Congresso Internacional de Grandes Barragens, que o CBGB ganhou novo impulso com a contribuição financeira de empresas privadas de Engenharia Consultiva. O primeiro estatuto do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens data de outubro de 1961.

Com grande relevância no cenário nacional, o CBGB promoveu um cadastramento de 140 casos de deterioração de barragens e reservatórios no Brasil. O documento serviu de base ao boletim da ICOLD “*Deterioration of dams and reservoirs*”, editado em 1983, contendo 730 casos relatados. Além desse cadastro, há número significativo de relatos em trabalhos técnicos apresentados em eventos (seminários, simpósios, etc.) por iniciativa de seus associados e demais interessados. Afinal, o tema Segurança de Barragem foi abordado em eventos do CBDB e da ICOLD frequentemente.

Historicamente, a escassez de informações é documentada pelas estatísticas apresentadas na **Tabela 1.7** a seguir. No Brasil, para um total aproximado de 700 grandes barragens (com mais do que 15 m de altura) construídas até 1990, registraram-se pouco mais de 10 acidentes até a referida data. Apesar de a tabela trazer diversos casos de acidentes em barragens no Brasil, sua origem não foi identificada.

BARRAGEM	LOCAL	INÍCIO DE OPERAÇÃO	DATA DO DESASTRE	TIPO DE ACIDENTE
Ema	Pereio (CE)	1932	1940	Percolação pelo aterro
Duas Bocas	Vitória (ES)	1938	No 1º enchimento	Percolação pelo aterro
Pampulha	Belo Horizonte (MG)	1941	20 abril 1954	Percolação pelo aterro
Santa Cruz (e Trairi)	Santa Cruz (RN)	1959	10 abril 1961	Galgamento
Trairi	Santa Cruz (RN)	1959	10 abril 1961	Galgamento
Orós		1961	1960	Galgamento
Euclides da Cunha	São José do Rio Pardo (SP)	1960	19 janeiro 1977	Galgamento
Limoeiro (Armando de Salles Oliveira)	São José do Rio Pardo (SP)	1958	19 janeiro 1977	Galgamento
Mulungu	Buique (PE)	1981	No 1º enchimento	Percolação pelo aterro
Santa Helena	Camaçari (BA)	1981	9 maio 1985	Levantamento da laje do rápido do vertedouro

Tabela 1.7 – Incidência de acidentes em barragens brasileiras até 1990

Elaborada no começo dos anos 90, pode-se dizer que as informações contidas na tabela fornecem um quadro “róseo” sobre a segurança das barragens no Brasil, ou seja, não reflete, nem de longe, a situação real.

Os acidentes relatados na **Tabela 1.7** dizem respeito, em sua maioria, aos casos emblemáticos que dificilmente passariam despercebidos ou deixariam de ser noticiados. No Brasil, historicamente ocorrem inúmeros acidentes concentrados em reservatórios pequenos por ocasião da estação das chuvas. Muitos deles possuem características de desastre, entretanto não alcançam o noticiário da imprensa por afetarem áreas afastadas dos centros urbanos, de baixa densidade populacional ou desprovidas de qualquer forma de registro e monitoramento.

A incidência de acidentes em barragens no território nacional tem se acentuado nas últimas décadas como consequência de diversos aspectos, dentre os quais merecem destaque a aceleração no ritmo de construção de novos empreendimentos (em particular de pequenas barragens) e a crescente participação da iniciativa privada (pautada pela busca de resultados em prazos mais curtos em relação aos adotados tradicionalmente, com consequente adoção de níveis de risco mais elevados).

2.2.2 Presença das agências reguladoras

Foi somente a partir de 1977, por iniciativa do engenheiro Ferdinand M.G. Budweg, conselheiro do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, que houve interesse no estabelecimento de uma legislação relativa à Segurança de Barragens. Decorridos 33 anos, com a promulgação da Lei nº 12.334/2010, estabeleceu-se a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e criou-se o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Ambos tratam, entre outros assuntos, da formação dos cadastros dos órgãos fiscalizadores e da identificação das barragens existentes.

A referida Lei estabeleceu a responsabilidade legal do empreendedor em manter as condições de segurança de suas barragens e definiu os órgãos fiscalizadores em função do uso dado ao barramento. Para barragens de geração de energia elétrica, essa obrigação passou a ser exercida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); para barragens de acumulação de rejeitos de mineração, pela Agência Nacional de Mineração; para barragens de resíduos industriais, pelo órgão ambiental que as licenciou (federal, estadual ou municipal); e, para os demais usos, pelo órgão que outorgou o barramento, no caso a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para obras em rios de domínio da União, e órgãos estaduais de recursos hídricos para barragens em rios de domínio dos estados.

Cerca de 10 anos após a promulgação da Lei nº 12.334/2010, o Governo Federal publicou nova lei, a de nº 14.066/2020, em 1 de outubro, que alterou significativamente a Política Nacional de Segurança de Barragens, mencionada mais adiante neste texto.

A partir da promulgação da Lei nº 12.334/2010, a ANA recebeu a atribuição de emitir anualmente o Relatório de Segurança de Barragens, sendo sua primeira edição relativa ao ano de 2011. Desde logo, houve um forte empenho, por parte da ANA, no sentido de se conceber e implementar o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, onde deve estar o cadastro único de todas as barragens construídas no País. O cadastro é o primeiro passo para elaborar e implantar um sistema de classificação das barragens em função da categoria de risco e dano potencial associado.

Consta no relatório da ANA sobre Segurança de Barragens, divulgado em 2013, que existiam no País 13.529 barragens, contabilizadas nos cadastros dos órgãos fiscalizadores estaduais e federais, sendo 1.261 para geração de energia, 264 de rejeitos de mineração, 256 de resíduos industriais e 11.748 para as demais finalidades. O relatório trouxe, também, uma relação de acidentes em barragens ocorridos no ano anterior.

Decorridos sete anos desde a primeira edição, o Relatório da ANA de 2019 indicava a existência de 19.388 barragens cadastradas, das quais 5.285 se submetiam à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Já, no Relatório de 2020, o número de barragens cadastradas no PNSB era de 5.591. Este total se distribuía nas mais variadas formas de aproveitamento da água, indicadas na **Figura 1.3**, a seguir.

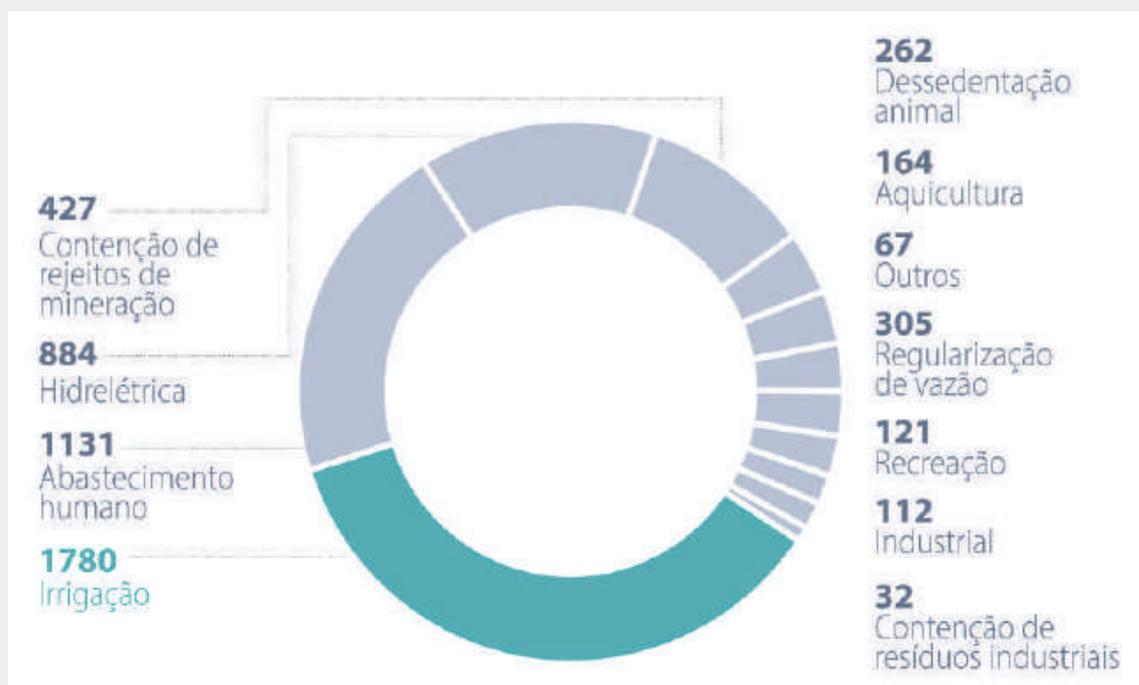


Figura 1.3 – Diversidade de finalidades das 5.591 barragens cadastradas na PNSB (ANA, 2019)

A contribuição da ANA se faz, também, de outras formas. Mesmo antes de receber a atribuição de órgão fiscalizador, decorrente da Lei nº 12.334/2010, a ANA já atuava no sentido de organizar e unificar as informações disponíveis sobre os espelhos d'água no País. O mapeamento de espelhos d'água, documentado pela **Figura 1.4**, foi elaborado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), em cooperação com o Ministério de Integração Nacional (MI) e a ANA, com imagens de satélite do período de 2003 a 2006. Nele são identificados os espelhos d'água com área superior a 20 ha, classificados como naturais e artificiais.

O mapeamento das massas d'água compreende os corpos d'água existentes no território nacional, tais como lagos e reservatórios, e foi executado com o propósito de gerar informações para subsidiar ações de planejamento e gestão do setor de recursos hídricos e integrar a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).



Figura 1.4 - Massas d'água (espelhos d'água) (FUNCEME/MI/ANA – Setembro/2016 – Internet - <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c>)

