



Registro de acidentes e incidentes em barragens no Brasil

Guido Guidicini
Geólogo



O livro de 2021

Em 2021, o CBDB e a ANA editaram um livro de título “Lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragens e obras anexas no Brasil”, que escrevi em coautoria com os Eng.os SANDRO SALVADOR SANDRONI e FLÁVIO MIGUEZ DE MELLO. O livro reuniu 166 eventos.

A partir de então, prossegui com a atualização do registro de acidentes e incidentes, que resultou na reunião de cerca de 350 casos, desta vez em parceria com o Eng. WALMIR DUARTE JARDIM, consultor em Geotecnia.





A identificação do sítio é essencial

Para fins de registro, somente foram contemplados casos cuja localização pôde ser atestada por coordenadas geográficas, uma vez que a comprovação da localização é essencial e permite, também, que se observem imagens do Google Earth em sequência histórica.



Aprovele (MT) - Sequência de imagens disponibilizada pelo Google Earth



Definições

Para definição de acidentes e incidentes foram adotados os conceitos da Resolução nº 144/2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, Art. 2, que forneceu as seguintes caracterizações:

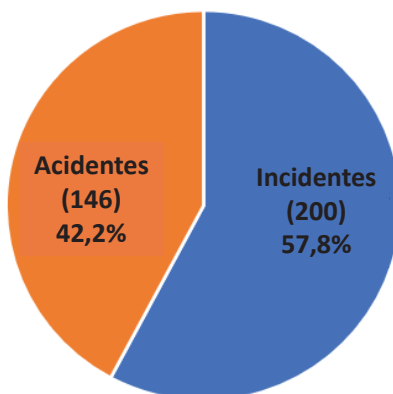
- **acidente** é o comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou estrutura anexa;
- **incidente** é qualquer ocorrência que afete o comportamento da barragem ou estrutura anexa e que, se não for controlada, pode causar um acidente.



Acidentes x Incidentes

Distribuição estatística de acidentes e incidentes (350 casos)

O gráfico mostra a predominância de casos de incidentes sobre acidentes que, na realidade, deve ser muito mais acentuada.



CrITÉRIOS de classificação dos eventos

Existem muitos critérios de classificação, o que reflete a ausência de padronização.

Em nosso trabalho, foram adotados dois critérios de classificação:

1. Pela identificação do componente físico atingido (10 categorias)
2. Pela identificação das causas do evento (9 categorias)

Os dois critérios são independentes um do outro e são aplicados simultaneamente.



Classificação de eventos pelo componente físico atingido

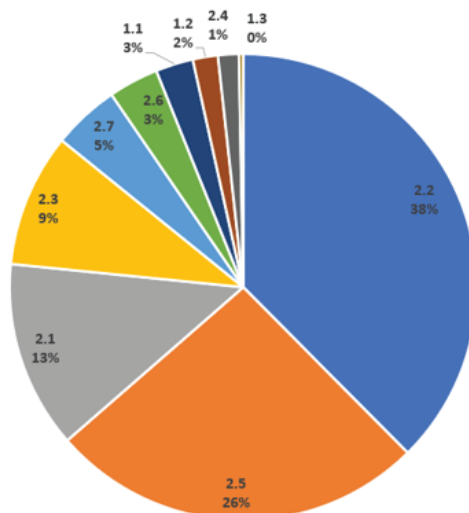
Foram definidas ao todo 10 categorias (itens), distribuídas em duas etapas: construtiva (3) e de enchimento e/ou operacional (7)

ETAPA	CATEGORIA	COMPONENTE FÍSICO ATINGIDO
1	Etapa construtiva (sem água no reservatório)	1.1 Ensecadeiras
		1.2 Corpo da barragem em construção
		1.3 Escavações temporárias
2	Etapa de enchimento ou operação (com água no reservatório)	2.1 Crista da barragem (galgamento)
		2.2 Corpo da barragem
		2.3 Fundação da barragem e/ou ombreiras
		2.4 Interfaces e áreas de transição entre componentes da obra
		2.5 Obras anexas quais: Túnel de adução Conduto forçado Chaminé de equilíbrio Túnel ou canal de desvio Câmara de carga Canal de aproximação/adução Vertedouro de ombreira Calha do vertedouro Bacia de dissipação Casa de força Canal de fuga Dique auxiliar
		2.6 Reservatório
		2.7 Fossa de erosão (de amortecimento) Jusante da barragem (leito e margens do rio) Jusante de dique auxiliar (encosta)



Classificação de acidentes e incidentes com base na identificação do componente físico atingido pelo evento

ETAPA		CATEGORIA	COMPONENTE FÍSICO ATINGIDO	NÚMERO DE CASOS
1	Etapa construtiva (sem água no reservatório)	1.1	Ensecadeiras	9
		1.2	Corpo da barragem em construção	6
		1.3	Escavações temporárias	1
2	Etapa de enchimento ou operação (com água no reservatório)	2.1	Crista da barragem (galgamento)	45
		2.2	Corpo da barragem	130
		2.3	Fundação da barragem e/ou ombreiras	32
		2.4	Interfaces e áreas de transição entre componentes da obra	5
		2.5	Obras anexas quais: Túnel de adução Conduto forçado Chaminé de equilíbrio Túnel ou canal de desvio Câmara de carga Canal de aproximação/adução Vertedouro de ombreira Calha do vertedouro Bacia de dissipação Casa de força Canal de fuga Dique auxiliar	90
		2.6	Reservatório	12
		2.7	Fossa de erosão (de amortecimento) Jusante da barragem (leito e margens do rio) Jusante do dique (encosta)	16
		Total		





Classificação pela identificação das causas do evento

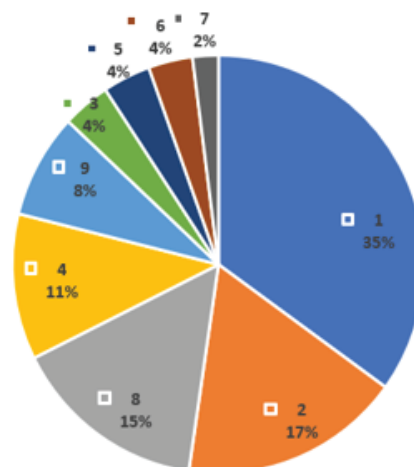
Foi adotada a perspectiva “antropogênica”, segundo a qual constata-se que a ação humana está presente na maioria dos casos (1 a 7), seja por ação ou por omissão.

CAUSAS DE ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS	
1	Deficiências de projeto
2	Falhas construtivas
3	Falhas de operação
4	Ausência/inadequação de manutenção
5	Omissão na adoção de medidas corretivas
6	Falhas de gerenciamento do proprietário
7	Eventos fora do conhecimento técnico da época
8	Causas não identificadas
9	Eventos fora de controle



Causas de acidentes e incidentes na perspectiva antropogênica

CAUSAS DE ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS		NÚMERO DE CASOS
1	Deficiências de projeto	121
2	Falhas construtivas	60
3	Falhas de operação	13
4	Ausência/inadequação de manutenção	39
5	Omissão na adoção de medidas corretivas	13
6	Falhas de gerenciamento do proprietário	12
7	Eventos fora do conhecimento técnico da época	7
8	Causas não identificadas	53
9	Eventos fora de controle	28
Total		346





É sempre preciso lembrar

- Chama-se a atenção para os inevitáveis subjetivismo e imprecisão na classificação dos eventos, em grande parte devido à precariedade das informações geralmente disponíveis.
- Outra fonte de imprecisão decorre do fato que, na grande maioria dos casos, um evento é desencadeado não por somente uma, mas por diversas causas, o que compele a apontar, dentre elas, a que aparenta ter maior importância, para fins de classificação.



(1) Deficiências de projeto (35% dos casos) Representam a principal causa de acidentes e incidentes.

Historicamente, a grande maioria das barragens de pequeno e médio porte tem sido construída segundo procedimentos expeditos, baseados em experiências prévias, com escasso ou nulo amparo no conhecimento técnico. Dentre as deficiências de projeto, a inadequação dos órgãos de descarga de vazões é de longe a mais frequente, causando o galgamento da barragem e sua eventual destruição.



Canguçu (RS) – O estreito canal (assinalado) foi insuficiente para escoar o excesso de vazão. Após galgamento e rompimento da barragem, uma segunda barragem foi atingida e rompida a jusante.



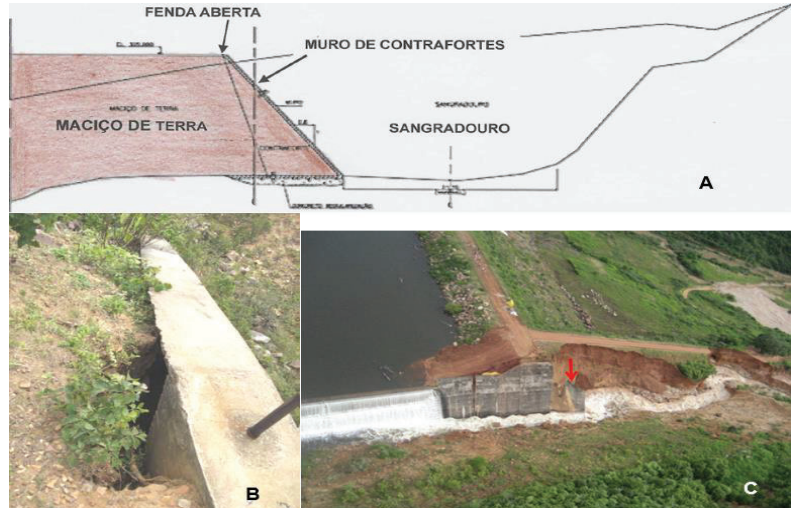


(1) Deficiências de Projeto (35% dos casos)

Um caso de grande repercussão no país foi o da barragem de Algodões I, no Piauí, em 2009.

Algodões I (PI)

- A) Maciço de terra compactado sob o muro de contrafortes;
- B) Fenda aberta na crista entre o muro e o aterro;
- C) Início da derrubada do muro e destruição do aterro



(2) Falhas Construtivas (17% dos casos)

Um caso representativo é o da barragem de Passagem das Traíras, que levou dois anos para ser construída e mais 15 anos para ser reparada, devido às numerosas falhas constatadas em épocas sucessivas.

Passagem das Traíras (RN)

Aspecto geral observado no paramento de montante. Evidencia-se uma péssima prática de uso de formas e moldes; precária e inadequada prática de lançamento e adensamento do concreto de face.





(2) Falhas Construtivas (17% dos casos)

Passagem das Traíras (RN)

A recuperação da estrutura ao longo do paramento de montante da barragem exigiu a remoção do concreto convencional de face, expondo a massa de CCR, para posterior reconstrução (DNOCS, 2021).



(3) Falhas de Operação (4% dos casos)

Trata-se de eventos que ocorrem na vida útil da obra, normalmente por desrespeito aos manuais de operação.

Curemas (PB)

A operação de uma válvula *by-pass*, no canal de fuga, para o manutenção de vazão mínima a jusante, feita com pressão excessiva, provocou erosão regressiva no leito rochoso, ameaçando a estabilidade do muro lateral (Lopes & Vasconcelos, 2004).





(4) Ausência/Inadequação de manutenção (11% dos casos)

A degradação da estrutura ocorre quando não são tomadas medidas corretivas, apesar da evidente necessidade, colocando em risco a população ribeirinha e os núcleos urbanos a jusante.



Poço de Fora (BA) – Deterioração dos paramentos montante e jusante da barragem, com perda parcial do revestimento em pedra argamassada (Ação Popular, 2023).



(5) Omissão na adoção de medidas corretivas (4% dos casos)

A omissão ocorre quando os responsáveis pelo empreendimento não atendem aos alertas e às recomendações dos órgãos de fiscalização, para que sejam implementadas medidas corretivas.

Lagoa do Nado (MG)

Momento da ruptura da barragem de terra (E.M.Foco, 2024).





(6) Falhas de gerenciamento do proprietário (4% dos casos)

Ocorrem quando medidas são tomadas na fase operacional sem o respaldo das áreas técnicas

Delmiro Gouveia – Barragem Leste (AL)

- A) Implantação dos *flash boards*;
- B) Fluxo turbulento causado;
- C) Erosão na base da estrutura;
- D) Medidas corretivas (Souza, 2018)

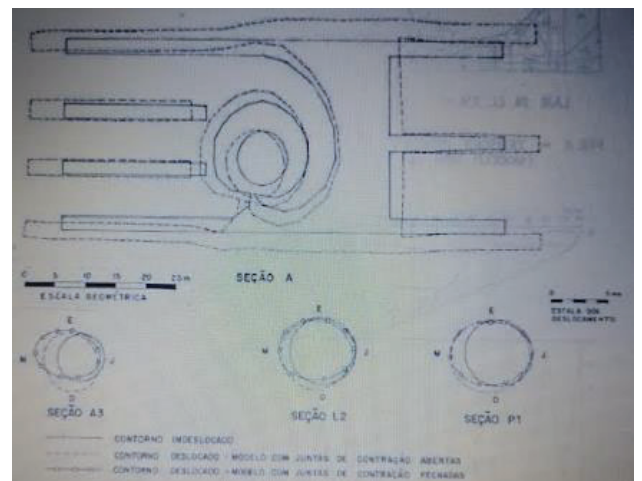


(7) Eventos fora do conhecimento técnico da época (2% dos casos)

Ocorrem quando as causas de um determinado incidente/acidente somente são esclarecidas posteriormente, pela evolução do conhecimento técnico.

Moxotó (AL/BA)

Deformações das estruturas metálicas da casa de força devido à expansão do concreto causada pela reatividade entre os álcalis do cimento e a composição mineralógica do agregado (Silveira & outros, 1985).





(8) Causas não identificadas (15% dos casos)

Causas não identificadas são a terceira categoria mais frequente de eventos.

- **Grande parte dos eventos ocorrem durante períodos de chuvas intensas, em locais não monitorados, somente constatados e descritos posteriormente, por observadores em geral não versados no tema de segurança de barragens.**
- **Somente eventos ocorridos em obras de maior vulto costumam ser objeto de registros confiáveis, mas representam a minoria dos casos.**



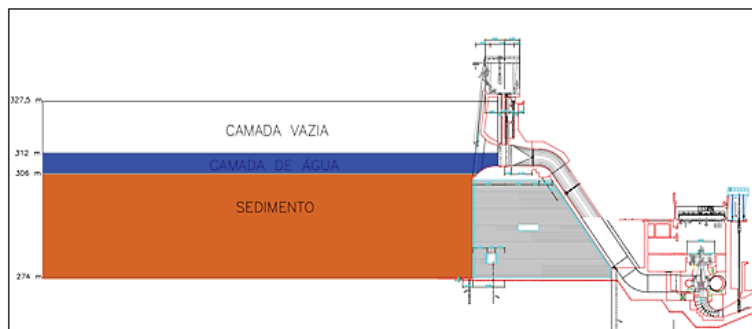
(9) Eventos fora de Controle (8% dos casos)

Ocorrem quando não há como prever determinados eventos por estes se situarem fora do quadro geral do empreendimento.

Caso típico, o rompimento de barragens a montante gera uma onda de água, lama e detritos que alcança a(s) barragem(ns) a jusante, causando galgamento e eventual rompimento. Foram documentados 23 eventos em cascata ou dominó.

Candonga (MG) (incidente sem a ruptura da barragem)

Representação esquemática do assoreamento “instantâneo” do reservatório da UHE, causado pela onda de lama e detritos proveniente da ruptura da barragem de rejeitos do Fundão, em 2015.





(9) Eventos fora de Controle (8% dos casos)

O assoreamento progressivo é um dos mecanismos mais frequentes e ocorre geralmente pela intensificação do desmatamento na bacia hidráulica, seguida pela migração e acumulação de sedimentos nas vizinhanças da barragem, principalmente em regiões de substrato arenítico.

Itiquira (MT)

Assoreamento no reservatório,
nas imediações da barragem
(Google Earth, 22/07/2017).



Finalizando

O registro atual de acidentes e incidentes em barragens no Brasil reuniu cerca de 350 eventos, incluindo os casos do livro de 2021.

Para cada caso foi elaborado um relato, com quatro páginas em média, ilustrado, o que perfaz um arquivo total com cerca de 1.400 páginas, inviável de ser editado na forma impressa.

Os autores ofereceram o atual cadastro ao CBDB, para atualização do registro eletrônico de 2021.





Comentários

Em que pesem as deficiências e imprecisões no registro dos eventos, a reflexão sobre suas causas é essencial para que diretrizes e recomendações emanadas pelos órgãos governamentais se reflitam na progressiva redução de acidentes e incidentes em barragens no Brasil.

Enquanto participamos deste evento, uma grande barragem de hidrelétrica se encontra em situação de alerta no centro do país, devido a problemas de fundação.

Esperamos que, superada a situação de perigo, a barragem volte a atuar normalmente e as causas do evento não caiam na vala comum do conhecimento restrito às entidades diretamente envolvidas, mas sejam divulgadas ao meio técnico.

Somente assim poderemos falar em lições aprendidas.



Obrigado!



COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS
www.cbdb.org.br | cbdb@cbdb.org.br
+55 21 2286-8674 | +55 21 98096-0609

