

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **BARRAGENS E ROMPIMENTOS: COMPILAÇÃO HISTÓRICA NACIONAL E INTERNACIONAL**

*Arthur da Fontoura Tschiedel<sup>1,2,3</sup>; Lucas C. da S. Tassinari<sup>1,2</sup>; Fernando Mainardi Fan<sup>1</sup>*

*Rodrigo Cauduro Dias de Paiva<sup>1</sup>*

**RESUMO** – Considerando o passado, observa-se que desde a década de 50 já foram documentados 39 casos de rompimentos de barragens no Brasil. Considerando o presente, em 2019 o Brasil vivencia o mais catastrófico rompimento de barragens já documentado, em termos de vítimas confirmadas (Brumadinho). Para o futuro, calcula-se que a probabilidade de haver ao menos 1 rompimento de barragem por ano, no Brasil, é de 70%. Rompimentos de barragens, infelizmente, fazem parte do passado, do presente e do futuro. Esta não é uma realidade apenas do Brasil, mas de todos os países que utilizam estas estruturas no âmbito de abastecimento, energia, irrigação, indústria, entre outros. Considerando que a intensificação (ou no mínimo manutenção) de barramentos em solo nacional é uma realidade futura inevitável, estes números alarmantes levam a questionamentos a cerca de qual é a melhor maneira de trabalhar no âmbito da gestão do estabelecimento destas estruturas, que desempenham papel extremamente relevante no âmbito do crescimento econômico de um país. Conclui-se que a adoção de uma abordagem que leva em consideração o uso de estudos de ruptura na fase de definição do local do eixo da barragem (a fim de inserir, nesta fase de tomada de decisão, como possíveis rompimentos impactariam nas populações de jusante) em conjunto com o estreitamento da fiscalização dos barramentos já existentes parece ser uma forma de gerenciar essa questão.

**ABSTRACT**– Considering the past, it has been observed that since the 1950s, there have been documented 39 cases of dam failure in Brazil. Considering the present, in 2019 Brazil experiences the most catastrophic dam break ever documented, in terms of confirmed victims (Brumadinho). For the future, it is estimated that the probability of having at least 1 dam rupture per year in Brazil is 70%. Dam breaks, unfortunately, are part of the past, the present and the future. This is not only a reality of Brazil, but of all the countries that use these structures in the scope of water supply, energy, irrigation, industry, among others need to live with this reality. Considering that the intensification (or at least maintenance) of dams on national soil is an inevitable future reality, these alarming numbers lead to questions about how to best working in the management of the establishment of these structures, which play an extremely important and relevant role to the economic growth of a country. It is concluded that the adoption of an approach that takes into account the use of dam break studies in the stage of determination of the dam location (in order to insert, in this stage of decision making, how dams rupture floods would impact the downstream populations) together with the increase of the supervision of existing dams seems to be a way to manage this issue

**Palavras-Chave** – Rompimentos de Barragens, Histórico, Licenciamento Ambiental.

---

1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil

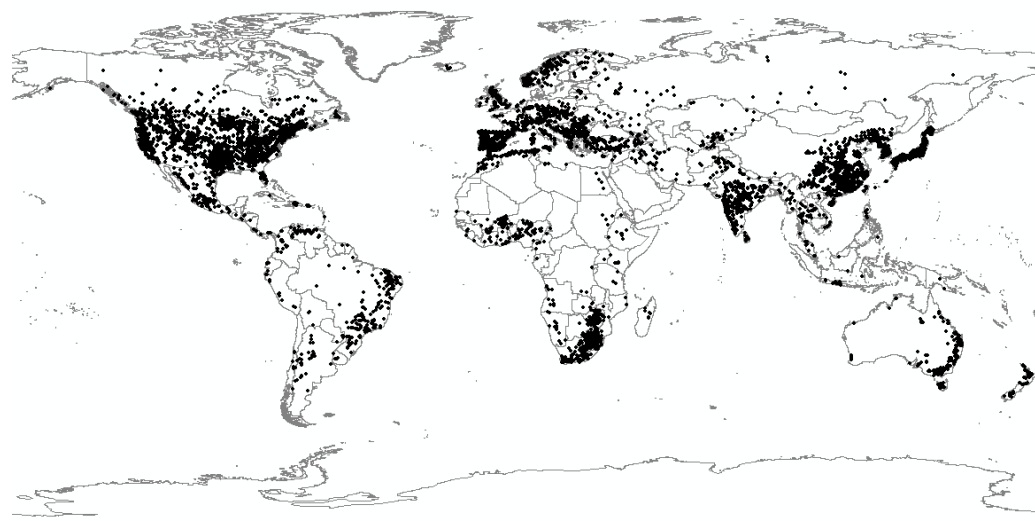
2 Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) Av. Unisinos, 950, CEP 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil

3 arthurtschiedel@unisinos.br

## INTRODUÇÃO

Segundo a Comissão Internacional de Grandes Barragens - ICOLD (2018), mais de 59 mil grandes barramentos, com os mais diversos propósitos, são observados no mundo. Estas barragens, caracterizadas por possuírem mais de 15 metros de altura, ou mais de 3 hm<sup>3</sup> de volume de reservatório, são distribuídas com grande concentração em países como China (com 23.841 barramentos), Estados Unidos (com 9.265 barramentos), e também o Brasil (com 1.364). As principais finalidades associadas a estes grandes barramentos mundiais se concentram nos setores de irrigação, hidrelétrica e abastecimento populacional, que juntos representam mais de 80% das barragens de propósito principal, que são aquelas destinadas para apenas um fim ICOLD (2018).

Muito embora a compilação de dados referentes à existência de barragens (bem como suas características) seja uma tarefa rodeada de inúmeras dificuldades, algumas bases de dados mundiais que procuram sintetizar características básicas destas estruturas ganham destaque. Entre elas, pode-se citar a Global Reservoir and Dam Database – *Grand*<sup>2</sup>, de Lehner et al., (2011), que conta com 6.824 barramentos mapeados. A Figura 1 apresenta a distribuição mundial destas grandes barragens segundo (Lehner et al., 2011), mostrando que o Brasil se destaca dentre os países com maior número de barragens. Ainda, a partir da base de dados GRanD, e de YIGZAW et al. (2018) estima-se que o volume médio das grandes barragens mundiais (consideradas como aquelas que tem volume de reservatório superior a 100 hm<sup>3</sup>) é da ordem de 2.121 hm<sup>3</sup>, destacando-se a barragem de Owen Falls, localizada na Uganda, como a maior barragem do mundo em termos de volume do reservatório, tendo capacidade para estocar 200 mil hm<sup>3</sup>.



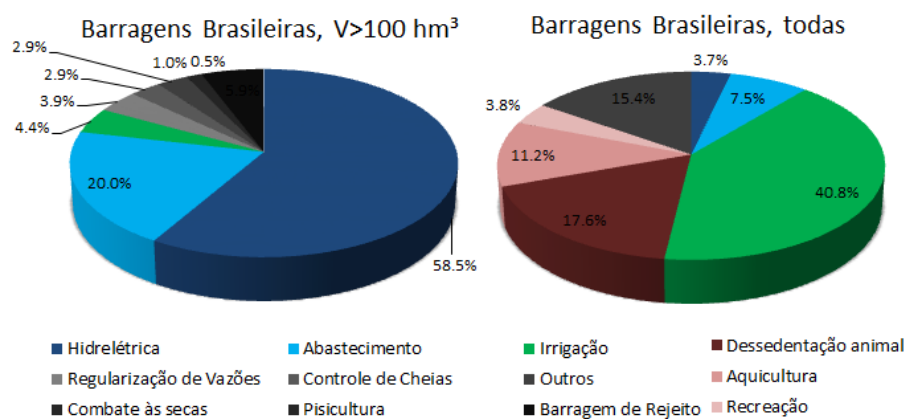
**Figura 1 – Distribuição das Grandes Barragens no Mundo (adaptado de Lehner et al., 2011)**

Considerando a realidade brasileira, da mesma forma como observado em nível mundial, muitas inconsistências a respeito da definição do número de barragens são observadas, uma vez que

<sup>2</sup> <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/grand-v1-dams-rev01>

estas passaram a ser cadastradas de forma mais sistemática a partir do ano de 2011 (ANA, 2013). Neste sentido, a melhor referência no assunto é o Relatório Anual de Segurança de Barragens (ANA, 2018). Segundo este documento, até o final de 2017 foi identificado um total de 24.092 barragens existentes, de todos os tamanhos, em solo brasileiro. Em contrapartida, alguns pesquisadores como, por exemplo, Menescal (2005), afirmam que esse número pode ser muito maior, inclusive de outra ordem de grandeza (como centenas de milhares)

O uso preponderante em termos de barragens nacionais (considerando todos os portes) é para a irrigação, dessedentação animal e aquicultura, que somam um total de quase 70% das barragens existentes (Figura 2). Por outro lado, considerando-se apenas as barragens com volume superior a 100 hm<sup>3</sup> (amostra esta composta por 201 barramentos), observa-se usos preponderantes para geração de energia e para abastecimento (que compõe quase 80% do total).



**Figura 2 - Propósito das Barragens Brasileiras (adaptado de ANA, 2016 e ANA, 2018)**

A localização das grandes barragens brasileiras é apresentada na Figura 3, em que é possível observar que muitos barramentos têm consigo associadas massas d'água artificialmente estabelecidas, destacando-se a existência de diversos empreendimentos em cascata principalmente na bacia do Rio Paraná. Ainda, utilizando-se do trabalho de Siqueira et al., (2018), estima-se que de todas as 201 barragens apresentadas na Figura 3, 54% delas tem bacias hidrográficas com tamanho superior a 5.000 km<sup>2</sup> e 50% delas tem capacidade de reservação superior a 350 hm<sup>3</sup>. A maior barragem brasileira em termos de volume de reservatório é a UHE Serra de Mesa (54.400 hm<sup>3</sup>), localizada no Estado de Goiás, e a segunda maior barragem em termos de volume é a UHE Tucuruí, com capacidade de aproximadamente 50.280 hm<sup>3</sup>.

Apesar de a consolidação de barramentos em solo brasileiro ser importante no âmbito de provimento de energia, águas para abastecimento, irrigação etc, a existência destas estruturas e de seus reservatórios associados estão também relacionadas a riscos que incidem sob as populações residentes a jusante destas estruturas, sendo este o mais grave problema associado à ruptura destas estruturas. Considerando os recentes casos de rompimento de barragens em solo brasileiro (Fundão

e Brumadinho), este trabalho tem o intuito de contextualizar a existência de barragens em solo nacional e internacional, compilando os principais acidentes já registrados na história, sem distinção entre barragens de água ou barragens de rejeitos.

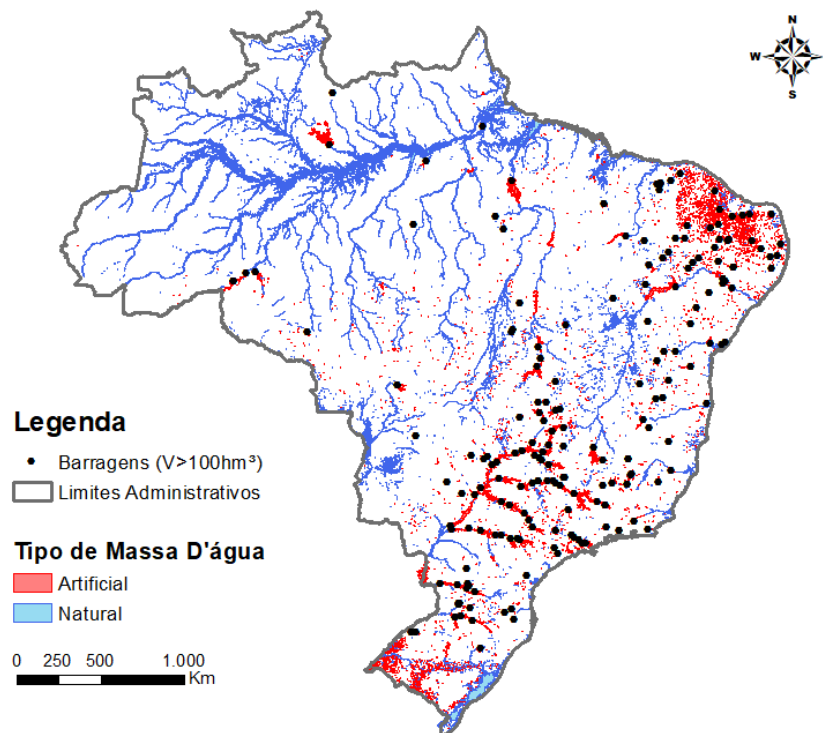


Figura 3 – Barragens com mais de  $100 \text{ hm}^3$  de volume e Massas D'água no Brasil (Adaptado de ANA, 2016, 2019a)

## CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Pode-se considerar que acidentes associados ao rompimento de barragens vêm sendo observados desde que barragens passaram a ser construídas de forma sistemática para seus mais diversos propósitos, destacando-se a barragem de Sadd el Kafara como uma das mais antigas já encontradas (1000 a.C). No Brasil, a barragem mais antiga construída com a finalidade de geração de energia data de 1883, chamada de Ribeirão do Inferno, em Minas Gerais (FERLA, 2018).

Em nível mundial, alguns rompimentos de barragens ganham destaque, principalmente devido ao porte do barramento e também aos impactos sócio econômicos e ambientais associados. Entre eles (segundo Lauriano, 2009; Ferla, 2018; BBC, 2018 e Beijing News, 2018), podem ser destacados os rompimentos da barragem de South Fork, nos EUA (1889), St Francis, nos EUA (1928), Malpasset, na França (1959), Vega de Tera, na Espanha (1959), Vajont na Itália (1963), Baldwin Hills, nos EUA (1963), Buffalo Creek, nos EUA (1972), Banqiao, China (1975), Teton, nos EUA (1976), Tous, na Espanha (1982), Quail Creek, nos EUA (1988), Situ Ginung, na

Indonésia (2009), Xe-Pian Xe-Namnoy, no Laos (2018<sup>3</sup>), Xinjiang, na China (2018<sup>4</sup>) entre diversas outras de grandes proporções.

Percebe-se que estes 14 rompimentos de grande destaque histórico citados (excluindo-se aqui, os brasileiros) ocorreram em um período de 91 anos (1928 a 2019). Dessa forma, seria possível esperar rompimentos de grandes proporções, em média, a cada 6,5 anos, em escala mundial. Esta simples raciocínio, por outro lado, pode ser reajustado quando considerados bancos de dados mais consistentes, que levam em consideração rompimentos de barragem de diferentes tamanhos e importâncias.

Dentre os principais bancos de dados relativos a rompimentos de barragens nos últimos 70 anos é possível destacar Zhang *et al.* (2016) e Mao *et al.*, 2017. Respectivamente, estes estudos apresentam um total de 1.333 casos de rompimentos de barragens localizadas em todos os 5 continentes (excluindo-se a China), e um total de 3.498 casos de rompimento de barragens exclusivamente chinesas (MAO *et al.*, 2017), de 1954 até 2006. A aplicação do raciocínio anteriormente proposto, para os novos números aqui apresentados, leva à conclusão da existência de aproximadamente 1 rompimento de barragem a cada 4 dias, quando considerada a escala global, sem distinção de tamanho ou finalidade da barragem para o período de 1954 a 2006. O número de perdas de vidas humanas associadas a este tipo de tragédia é, também, em geral, alto. Estima-se números que vão da ordem de 45.000 (PENG *et al.*, 2012) a 200.000 (PROSKE, 2018) vítimas fatais resultantes de rompimentos de barragens, em escala global. Neste sentido, o maior acidente até então registrado foi o da barragem Banqiao e Shimandan, na China, no ano de 1975. Este rompimento resultou em um número de mortos ainda hoje não bem esclarecido, com números que podem variar entre 26.000 e 175.000 pessoas (PROSKE, 2018; XU *et al.*, 2008).

Em escala nacional, o histórico de rompimentos de barragens brasileiras não é muito esclarecido, havendo esforços individuais de diversos pesquisadores no sentido de reunir num só banco de dados todos os rompimentos já catalogados. Na Tabela 1 é possível verificar os rompimentos de barragens brasileiras (catalogados ou por nome da barragem ou pelo nome da região impactada) documentados por Lauriano (2009), ANA (2015a); ANA (2015b); Carvalho (2015); ANA (2016); ANA (2017), ANA (2018) e DEFESA CIVIL (2019). Nota-se a partir da Tabela 1, que desde 1950, foram documentados 39 casos de rompimentos de barragens brasileiras, dos quais 51% somente na década de 2010 (ou seja, uma média de 2 rompimentos por ano).

Esta tendência deve ser avaliada, por outro lado, com certa parcimônia, uma vez que pode estar vinculada a diversos fatores, dos quais podem ser incluídos: (i) o envelhecimento das

---

3 <https://www.bbc.com/news/world-asia-44935495>

4 <http://news.sina.com.cn/c/2018-08-04/doc-ihhehtqh7551081.shtml>

barragens já existentes; (ii) a intensificação da construção de barragens ao longo do tempo e; (iii) o atual estágio de desenvolvimento da área da comunicação, que permite grande fluxo de informações, que não ocorria no passado. Além disso, cabe ressaltar que atualmente existe interesse no monitoramento do colapso destas estruturas por parte de agências reguladoras, o que permite, portanto, maior geração e disponibilização destas informações à sociedade.

**Tabela 1 - Histórico de Rompimentos de Barragens Observados no Brasil desde 1950**

Década						
1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Pampulha	Orós	Euclides da Cunha	Boa Esperança	Macacos	Rio Verde	Itabirito
		Limoeiro	Santa Helena	Emas	Cataguases	Laranjal do Jari
		Poquim	Fernandinho		Mirai	Herculano
			Pico São Luiz		Espora	Camocim
					Apertadinho	Analandia
					Algodões	Boa Vista do Uru
					Camará	Vacaro
					Nova Lima	Coronel Sapucaia
						Zampieri
						Buritis
						Fundão
						Alta Grande
						Fazenda Felícia
						Fazenda Guavirova
						Balneário Ayrton Senna
						Rincão dos Kroeff
						Cacimba Nova
						Barreiros
						Lageado
						Brumadinho

Da mesma forma como observado em escala mundial, alguns rompimentos de barragens brasileiros ganham destaque (infelizmente) devido aos impactos associados e à exposição na mídia. Entre eles, podem ser citados os acidentes da UHE Pampulha (1954), da Barragem Orós (1960), UHE Euclides da Cunha (1977), da UHE Limoeiro (1977), da Barragem de Fundão (2015) e da Barragem de Brumadinho (2019). Por outro lado, dentre os rompimentos brasileiros apontados, os mais significativos no âmbito de perdas de vidas humanas são citados na Tabela 2, sendo a mesma resultado de uma compilação de BALBI, (2008), LAURIANO et al. (2009), WISE (2018), ANA (2013), ANA (2015a), ANA (2015b), ANA (2016), ANA (2017), ANA (2018) e DEFESA CIVIL (2019).

**Tabela 2 - Histórico de Vítimas associadas a Rompimentos de Barragens Observados no Brasil**

Ano	Barragem	Número de Vítimas Fatais
1960	Orós	1000*
2001	Rio Verde	5
2004	Camará	6
2009	Algodões I	11
2011	Camocim	2
2014	Herculano	3
2014	Boa Vista do Uru	2
2015	Fundão	19
2019	Brumadinho	272**

\*Valores aproximados segundo o trabalho de Balbi, 2008.

\*\* 232 mortes confirmadas e 40 desaparecidos

Como pode ser observado na tabela, destacam-se os rompimentos das barragens de Orós e de Brumadinho como as duas maiores tragédias brasileiras envolvendo ruptura de barragens e perda de vidas humanas. Por outro lado, se forem consideradas apenas vítimas fatais confirmadas por autoridades, o rompimento da barragem de Brumadinho passa a ser considerada como a maior tragédia brasileira neste quesito, uma vez que o número de mortes associadas ao rompimento da barragem de Orós é estimado por Balbi (2008).

## PROBABILIDADES DE ROMPIMENTO

Quando assuntos relativos à probabilidade de rompimento de um maciço são discutidos, invariavelmente devem ser avaliados os tipos de *gatilhos* associados, uma vez que a natureza do processo que dá origem ao rompimento traz consigo diferentes probabilidades de ocorrência. Neste sentido, os mecanismos de falha que geram rompimento de barragens podem ser divididos em diversos grupos. Majoritariamente, os processos físicos que levam a rompimento de barragens são divididos em erosão interna, (ou *piping*), e galgamento, (ou *overtopping*), muito embora outros motivos possam dar início a um rompimento, como falha nas fundações, efeitos sísmicos e ações de guerra (LAURIANO et al., 2009).

Sucintamente, o processo de *overtopping*, em geral, está associado a eventos climáticos excepcionais que geram vazões maiores do que as vazões de dimensionamento de vertedouros de barragens, ao passo que o processo de *piping* está associado à erosão regressiva, que tem origem a partir de infiltração inter-granular que ocorre sem caminhos preferenciais no corpo da barragem (LAURIANO, 2009). Dessa forma, pode-se correlacionar processos de *piping* a falhas relativas à manutenção ou instrumentação da barragem, enquanto que processos de *overtopping* estariam associados a existência de eventos extremos de Tempo de Retorno superiores aos utilizados para o dimensionamento de vertedouros.

Em geral, estes vertedouros são projetados para permitir a passagem de grandes cheias de projeto que tem baixa probabilidade de ocorrência, como cheias milenares (ou seja, que tem probabilidade de 0,001% de ocorrer num ano qualquer) ou ainda cheias deca milenares (com probabilidade de ocorrência de 0,0001% de ocorrência num ano qualquer). Desta forma, pode-se partir do pressuposto que a ocorrência de cheias com Tempo de Retorno ligeiramente superiores aos utilizados para dimensionamento dos vertedouros, podem estar associadas a processos de *overtopping* que por sua vez podem resultar no rompimento do maciço (MEDEIROS et al., 1999).

Se avaliados de forma individual e para uma escala temporal de 1 ano, estas probabilidades se mostram realmente baixas e aparentemente adequadas no âmbito do manejo do risco associado a estas estruturas. Entretanto, considerando que eventos de rompimento de barragens possam ser caracterizados a partir de uma distribuição binomial, a probabilidade acumulada associada a

existência de ao menos 1 rompimento de barragem em solo nacional, por ano, poderia ser expressa a partir da Equação 01, em que  $P_{acum}$  seria a probabilidade acumulada,  $p$  a probabilidade de rompimento de uma barragem num ano qualquer e  $N$  o número de barragens em questão.

$$P_{acum} = 1 - (1 - p)^N \quad (1)$$

Utilizando-se a Equação (01) em conjunto com os dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas, que mostram um total da ordem de 25 mil barragens estabelecidas em solo brasileiro, e também considerando, conservadoramente, a probabilidade de rompimento de um maciço igual a 0,00005 em um ano qualquer (probabilidade associada, portanto, a ruptura por *overtopping* devido um evento com TR=20.000 anos) é possível verificar que a probabilidade anual de existência de ao menos 1 rompimento de barragem em solo brasileiro é de 70%. Na prática, a aplicação da Equação 01 no âmbito da majoração da probabilidade de rompimento de ao menos uma barragem em solo nacional parte do pressuposto que a probabilidade de rompimento, em um ano qualquer, seja igual para todas as barragens brasileiras, o que é uma abstração da realidade. Tipicamente, grandes barragens são dimensionadas considerando estruturas capazes de verter cheias com Tempo de Retorno igual 10.000 anos, enquanto que barragens menores podem ser dimensionadas considerando cheias milenares ou até mesmo centenárias. Além disso, a probabilidade de rompimento de uma barragem também acaba estando bastante vinculada com o grau de instrumentação e monitoramento do maciço. Este aspecto também não foi levado em consideração neste estudo simplificado.

Ressalta-se, por fim, que a metodologia utilizada para estimar estas probabilidades é demasiadamente simplificada, uma vez que não seria razoável supor a existência de ao menos 1 evento com 20 mil anos de tempo de retorno, por ano, em diferentes locais do Brasil. Da mesma forma, essa abordagem leva em consideração que rompimentos de barragens estariam associados unicamente a eventos extremos, o que também não é observado na história. Por outro lado, as considerações adotadas neste trabalho se ajustam de forma razoável aos dados históricos de rompimentos observados, que apontam a existência aproximada de 2 rompimentos de barragem por ano no Brasil, considerando o período 2010 – 2019.

## CONCLUSÕES

Avaliando-se o histórico crescimento da população brasileira em conjunto com a necessidade premente de crescimento econômico do país, e também partindo do pressuposto que a consolidação de grandes barragens, utilizadas tanto para abastecimento como para geração de energia exerce um papel de grande importância neste setor, seria negligência acreditar que o estabelecimento de



barragens em solo nacional diminuirá no futuro. Dessa forma, a probabilidade acumulada de rompimento de ao menos 1 barragem por ano, em solo nacional, continuará se mantendo em alto patamar (70%).

Isso não significa afirmar, por outro lado, que o estabelecimento de barragens no Brasil deve parar, ou que barragens devem ser desativadas (o que por sinal, também oferece riscos e impactos). Toda atividade econômica gera impactos positivos e negativos na sociedade, de forma que os mesmos devem ser quantificados na fase de licenciamento ambiental dos empreendimentos. Neste sentido, a existência de riscos associados ao estabelecimento de barragens deve ser gerenciado pelos órgãos de controle não apenas depois do estabelecimento das barragens (como tipicamente ocorre), mas sim, na fase de definição da localização das mesmas. Sugere-se que, no futuro, estudos de ruptura de barragens passem a servir não apenas para identificar quais seriam as zonas potencialmente atingidas em casos de desastres, mas também, para auxiliar na definição da posição do eixo da barragem, que deveria levar em consideração (adicionalmente a outros critérios considerados) aspectos relativos aos impactos associados aos rompimentos destas estruturas. Isto poderia ser feito, por exemplo, na etapa de licenciamento ambiental, de forma que estudos exigidos no EIA-RIMA contemplassem uma versão simplificada do Plano de Segurança da Barragem ou de estudos de ruptura prévios. Dessa forma, a informação relativa ao Dano Potencial Associado do futuro barramento poderia ser utilizada em possíveis definições de alternativas locacionais do projeto.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). Massas D'água (Espelhos D'água) (SRE). Brasília, DF. 2019a. Disponível em < <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *RSB 2011*. Superintendência de Regulação, DF. 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *RSB 2012/2013*. Superintendência de Regulação, DF. 2015a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *RSB 2015*. Superintendência de Regulação, DF. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *RSB 2016*. Superintendência de Regulação. DF. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *RSB 2017*. Superintendência de Regulação, DF. 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *RSB 2014*. Superintendência de Regulação, DF. 2015b.
- BALBI, D. A. *Metodologias Para A Elaboração De Planos De Ações Emergenciais Para Inundações Induzidas Por Barragens*. Dissertação, UFMG. 2008.
- BRASIL. Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, 20 set. 2010.
- CARVALHO, E. Segurança de Barragens e Avaliação de Riscos. XXX Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu. PR. 2015.

- DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS. 2019. “Informações: Desastre Barragem de Rejeitos de Brumadinho. Boletim do dia 23 de abril de 2019. Disponível em <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php/component/gmg/page/647-2304>>.
- FARIAS, A.A.; SOARES, J.F.; CÉSAR, C.C.; “*Introdução à Estatística*”. Editora LTC. 2003.
- FERLA, R. *Metodologia Simplificada Para Análise De Aspectos Hidráulicos Em Rompimento De Barragens*. Dissertação. UFRGS, Porto Alegre, 2018.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS (ICOLD). World Register – General Synthesis. Disponível em <[https://www.icold-cigb.org/GB/world\\_register/general\\_synthesis.asp](https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/general_synthesis.asp)>.
- LAURIANO, A.W. *Estudo de ruptura da barragem de Funil: Comparação entre os modelos FLDWAV e HEC-RAS*. Dissertação. UFMG. Belo Horizonte. 2009.
- LEHNER, B. et al. (2011). Global Reservoir and Dam (GRanD) database. Technical Documentation.
- MAO, J. et al. Management System for Dam-Break Hazard Mapping in a Complex Basin Environment. International Journal of Geo-Information. 2017.
- MEDEIROS, A. C. H. C; RAMOS, S.C. Um novo conceito de segurança de barragens baseado na análise de probabilidade de risco. In: XX CBESA. Rio de Janeiro. 1999
- MENESCAL R. *A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil*. Ed. ProÁgua. DF. 2005.
- PROSKE, D (2018). *Comparison of dam failure frequencies and failure probabilities*. Fachthema,
- SIQUEIRA et al., (2018). Toward continental hydrologic–hydrodynamic modeling in South America. HESS.
- WORLD INFORMATION SERVICE ON ENERGY (WISE). World Register – General Synthesis. Disponível em <http://www.wise-uranium.org/>>. Acesso em 12/12/2018
- XU, Y et al (2008). Lessons from catastrophic dam failures in August 1975 in Zhumadian, China. Proceedings of GeoCongress 2008, New Orleans, Louisiana.
- Yigzaw, W et al., (2018). A New Global Storage-Area-Depth Dataset for Modeling Reservoirs in Land Surface and Earth System Models. Water Resources Research.
- Zhang, L et al. (2016). Dam failure mechanisms and risk assessment. John Wiley & Sons. 2016.