

Estudo Comparativo da Lei Brasileira de Segurança de Barragens em relação às Legislações Internacionais quanto a classificação de risco em grandes barragens para acumulação de água

Comparative study of the Brazilian Dam Safety Law in relation to the International Legislation regarding the risk classification in dams for water accumulation

Leonardo Bongiovanni (1) ; Manoel Braz do Couto Júnior (2); Norberto Motta Martins (3); Rafael Peres Panerai (4).

(1) Engenheiro Civil, eng.leonardob@gmail.com; Engenheiro Civil, manoelcouto@live.com;
(2) Engenheiro Civil, norberto@topen.eng.br; Engenheiro Civil, rafaelpanerai@hotmail.com

Resumo

Devido ao grande número de barragens existentes no mundo e os impactos sociais, ambientais e econômicos que o rompimento dessas estruturas pode causar, o tema é também uma questão de gerenciamento de riscos. Neste contexto, é prática comum de alguns países criarem métodos de classificação de risco de suas barragens em forma de leis, regulamentos e políticas internas próprias de acordo com suas necessidades. Adotando o critério de classificação de barragens de acordo com o ICOLD - *International Commission on Large Dams*, que define grandes barragens como estruturas com altura igual ou superior a 15 metros medida do ponto mais baixo da fundação à crista da barragem ou altura entre 5 e 10 metros e reservatório com capacidade de armazenar mais de três milhões de metros cúbicos, os países membros do comitê com maior número de grandes barragens são China, Estados Unidos, Índia, Japão e Brasil, respectivamente. Os critérios adotados para a classificação de risco nesses países não são exatamente os mesmos, sendo assim, o presente estudo buscou apresentar breve histórico regulatório e comparar a Lei Brasileira de Segurança de Barragens em relação às legislações internacionais quanto à classificação de risco em grandes barragens de acumulação de água. Dados os critérios de classificação de risco adotados por cada país, constataram-se divergências quanto à linearidade desses critérios, essas divergências evidenciam a adoção de critérios próprios para a classificação/avaliação de risco no âmbito da segurança de barragens de acordo com suas necessidades locais.

Palavra-Chave: Segurança de Barragens; Legislações; Classificação de Risco; Brasil; China; Índia; Estados Unidos; EUA; Japão.

Abstract

Due to the large number of existing dams in the world and the social, environmental and economic impacts that the rupture of these structures can cause, the topic is also a question of risk management. In this context, it is common practice for some countries to create risk classification methods for their dams in the form of laws, regulations and internal policies in accordance with their own needs. Adopting the dam classification criteria according to the ICOLD - *International Commission on Large Dams*, which defines large dams as structures with a height equal to or greater than 15 meters measured from the lowest point of the foundation to the crest of the dam or a height between 5 and 10 meters and a reservoir with a storage capacity of more than three million cubic meters, the member countries of the committee with the highest number of

large dams are China, the United States, India, Japan and Brazil, respectively. The criteria adopted for risk classification in these countries are not exactly the same. Thus, the present study sought to present a brief regulatory history and to compare the Brazilian Dam Safety Law with international legislation on risk classification in large water storage dams. Given the risk classification criteria adopted by each country, divergences were found regarding the linearity of these criteria. These divergences show the adoption of their own criteria for risk classification/assessment in the context of dam safety according to their local needs.

Keywords: Dam Safety; Legislations; Risk Classification; Brazil; China; India; United States; Japan.

1 Introdução

Existem, no Brasil e no mundo, inúmeros barramentos de diversas dimensões e destinados a diferentes usos, tais como barragens de acumulação de água, geração de energia, irrigação, abastecimento humano, controle de cheias, aterros, dessedentação animal, entre outros.

Neste contexto, segundo Menescal (2009), nas décadas de 1950 e 1960 intensificou-se a preocupação internacional relacionado a segurança de barragens, principalmente devido a ocorrência de eventos de ruptura, o aumento do número de construções dessas estruturas e a crescente expansão urbana nos vales a jusante destas obras hidráulicas. Para Bradlow et al. (2002), devido a significativa relevância social, econômica e ambiental que a operação segura dessas estruturas possui, em países com um grande número de barragens a questão de segurança é crítica.

Segundo Zhou et al. (2015), o tema segurança de barragens envolve não somente a sua segurança, mas também o gerenciamento de seus riscos para as áreas a jusante. Neste contexto, ainda de acordo com Zhou et al. (2015), a classificação de risco de barragens passa a ser parte importante do gerenciamento de risco, devendo considerar para sua classificação a probabilidade de falha e os danos potenciais associados à ruptura dessas estruturas.

No Brasil, de acordo com Petry et al. (2018), no contexto do grande número de barragens existentes e das consequências que ruptura dessas estruturas podem causar às propriedades, ao meio ambiente e a vida humana, foi promulgada no país a Lei nº 12.334/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a qual definiu os instrumentos para a sua aplicação, sendo um destes o sistema de classificação de barragens por Categoria de Risco – CRI e por Dano Potencial Associado – DPA.

Para o presente estudo foram adotados os quatro países com maior número de grandes barragens de acordo com o *International Commission on Large Dams* – ICOLD (2019), que define uma grande barragem como uma estrutura com altura igual ou superior a 15 metros medida do ponto mais baixo da fundação à crista ou altura entre 5 e 10 metros

e reservatório com capacidade de armazenamento superior a 3 milhões de metros cúbicos. Ainda de acordo com ICOLD (2019), os quatro países membros deste comitê com o maior número de barragens são, respectivamente, China, Estados Unidos, Índia e Japão.

Na relevância do tema, este trabalho procura realizar a comparação da PNSB aos quadros regulamentares vigentes quanto aos critérios utilizados para a determinação da classificação de risco de barragens com os quatro países citados.

2 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Breve histórico e principais aspectos da Lei brasileira (Política Nacional de Segurança de Barragens, Nº 14.066)

No Brasil, a Lei Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010, estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, e ainda cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

Anteriormente a esta Lei, adotava-se apenas o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens do Ministério da Integração (2002). A Defesa Civil brasileira sempre contou com uma boa base bibliográfica relativa à resposta a desastres, porém não estava padronizado em documentos para a sua aplicação (BALBI, 2008).

Em 2015 e 2019, o Brasil passou por duas rupturas de barragens de rejeito em suas estruturas ocasionando mortes e danos irreversíveis ao meio ambiente local e regional.

Neste contexto, em 2020, foi sancionada a PNSB (Lei Nº 14.066), de 30 de setembro de 2020, a qual proibiu a construção de barragem a montante, definido a obrigação e prazo para descomissionamento das barragens desse tipo.

A Lei Nº 12.334/2010, classificava a categoria de risco em alto, médio ou baixo em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao plano de segurança de barragem. Esta Lei foi alterada pela Lei Nº 14.066/2020, passando a incluir critérios quanto ao método construtivo, a idade do empreendimento, bem como os outros critérios definidos pelo órgão fiscalizador.

2.1.2 Classificação de Risco

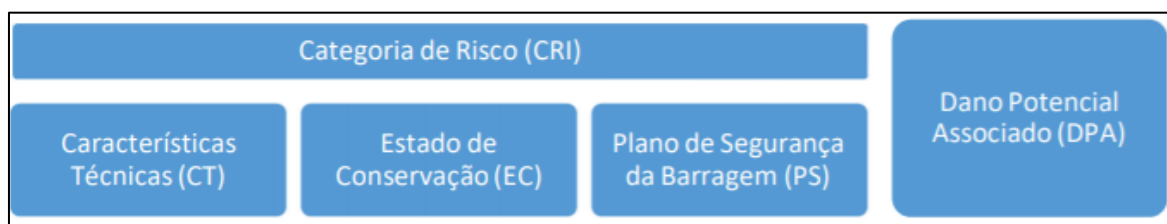
No Brasil, segundo a PNSB, Lei 14.066/2020, em seu art. 7º, é definido que “as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco (CR), por dano potencial associado (DPA) e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)”.

Ainda de acordo com a PNSB, em seu art. 7º, § 1º, é estabelecido que a classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será realizada de acordo com as características técnicas, dos métodos construtivos, do estado de conservação, da idade do empreendimento e do Plano de Segurança da Barragem (PSB), assim como critérios estabelecidos por cada órgão fiscalizador a qual a barragem se destina.

Em relação ao dano potencial associado, o § 2º, do art. 7º da PNSB estabelece que o mesmo será classificado por categorias em alto, médio e baixo, devendo ser realizado em função do potencial de perdas de vidas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

Segundo Anderáos et al. (2013), a Resolução CNRH nº 143/2012, de 10 de junho de 2012, em atendimento ao art. 7º da PNSB, estabeleceu os critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco e dano potencial associado, sendo incorporado a este último o parâmetro do volume do reservatório. A Figura 1 ilustra a matriz de classificação e seus critérios utilizados para a classificação de barragens no Brasil.

Figura 1 - Matrizes para classificação de barragens.



Fonte: Adaptado de ANEEL, 2020.

Na Resolução CNRH nº 143/2012, a classificação de risco é definida através de um sistema de parâmetros e pontuações para cada característica ou condição da barragem, no qual o somatório dos valores de todos os critérios analisados representa o índice de vulnerabilidade.

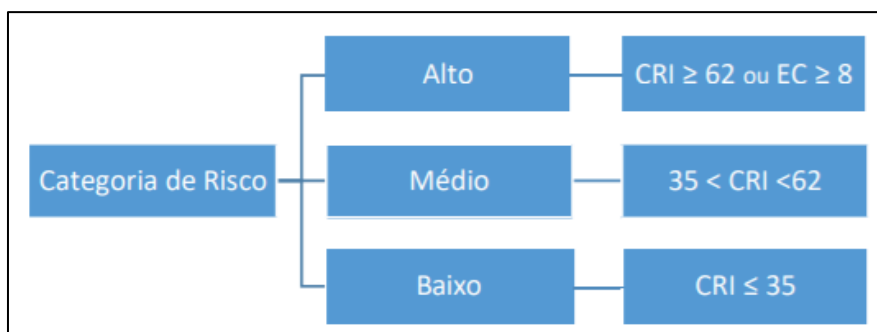
Para a matriz de características técnicas (CT) é calculada considerando a avaliação dos parâmetros de altura, comprimento, tipo de barragem quanto ao material de construção, tipo de fundação, idade da barragem e vazão de projeto (CNRH, 2012).

Já a matriz do estado de conservação (EC) é calculada em função da avaliação dos parâmetros de confiabilidade das estruturas extravasoras, confiabilidade das estruturas de adução, percolação, deformações e recalques, deterioração dos taludes e eclusa (CNRH, 2012).

A matriz do plano de segurança da barragem (PS) é calculada em função avaliação dos parâmetros de existência de documentação de projeto, estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais, da existência de procedimentos e roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento, da regra operacional dos dispositivos de descarga e dos relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (CNRH, 2012).

A Figura 2 ilustra a matriz de classificação utilizada para classificação de barragens relacionadas à categoria de risco.

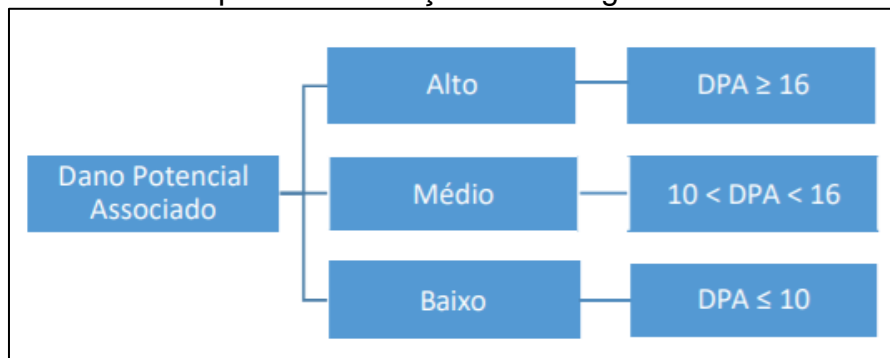
Figura 2 - Matrizes de classificação relacionada a Categoria de Risco.



Fonte: Adaptado de ANEEL, 2020.

Por fim, a matriz do dano potencial associado (DPA) é calculada através da avaliação dos parâmetros de volume total do reservatório, do potencial de perdas de vidas humanas, do impacto ambiental e impacto socioeconômico.

Figura 3 - Matrizes para classificação de barragens relacionada ao DPA.



Fonte: Adaptado de ANEEL, 2020.

2.2 Breve histórico e principais aspectos da Lei chinesa (*Regulations of Dam Safety Management*, Nº 78)

A China possui leis e regulamentos que tratam de segurança de barragens (ZHENGHUA et al, 1999). Segundo Zhang et al. (2018), requisitos gerais foram propostos pela República Popular da China a nível nacional com a promulgação da *Water Law* (1988), No. 61, a qual prevê inspeções e regras administrativas acerca de questões hídricas e a *Flood Control Law* (1997), No. 88, a qual possui objetivo de prevenir e controlar inundações no território chinês e atribui às divisões administrativas governamentais o dever de organizar os departamentos responsáveis para intensificar a inspeção, supervisão e administração das barragens de seu território (*People's Republic of China*, 1997).

De acordo com Bradlow et al. (2002), em 1991 o Conselho de Estado, principal autoridade administrativa da República Popular da China, emitiu regulamentos específicos acerca do tema segurança de barragens, sendo estes o *Regulations of Dam Safety Management* (1991) e o *Flood Fighting Regulations* (1991).

No *Regulations of Dam Safety Management* (1991), o Conselho de Estado apresentou o conceito de barragem e os critérios para o enquadramento destas estruturas quanto à sua altura e a sua capacidade de armazenamento. Este regulamento determinou

ainda que os departamentos competentes de barragens estabelecessem o sistema de inspeções periódicas e inspeções especiais de verificação quanto a classe de segurança de barragens (*State Council of the People's Republic of China*, 1991).

Na República Popular da China, segundo Bradlow et al. (2002), a responsabilidade sob os reservatórios é dividida de acordo com a sua finalidade, sendo aquelas para destinado a recursos hídricos, sob a jurisdição do *Ministry of Water Resources* (MWR) e, para aqueles destinados a geração de energia, sob a jurisdição da *State Power Corporation of China*.

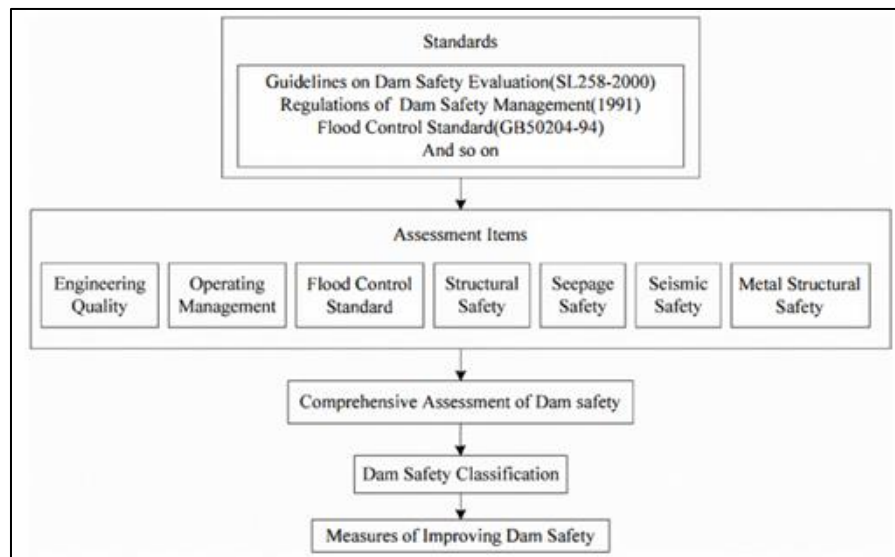
Dessa forma, em decorrência da promulgação do *Regulations of Dam Safety Management* (1991), No. 78, o MWR elaborou o regulamento *Reservoir Dam Safety Verification Methods* (2003), No. 271, com o objetivo de estipular os procedimentos básicos, requisitos e critérios mínimos para a avaliação e classificação de segurança de barragens no território chinês (ZHANG et al, 2018).

No regulamento No. 271 (2003), o governo chinês determina o conteúdo mínimo necessário para a avaliação da classe de segurança de barragens, a periodicidade da avaliação de segurança, das inspeções regulares, atribui responsabilidades e cria os procedimentos básicos para classificação de barragens (*State Council of the People's Republic of China*, 2003).

Segundo Zhang et al. (2018), os critérios técnicos para avaliação e classificação segurança de barragens no território chinês incluem diretrizes nacionais, como o *Flood Control Standard* (GB50204-1994) e o *Guidelines on Dam Safety Evaluation* (SL258-2000), sendo este primeiro citado no regulamento *Regulations of Dam Safety Management* (1991) como padrão técnico utilizado para a determinação da classificação de segurança de barragens.

A Figura 4 apresenta o sistema utilizado na República Popular da China para classificação do grau de segurança de suas barragens.

Figura 4 – Fluxograma de avaliação para classificação de segurança de barragens na China.



Fonte: CHENG et al., 2010.

2.1.1 Classificação de Risco

Diferentemente do PNSB do Brasil, a qual classifica suas barragens de acordo com a sua categoria de risco e dano potencial associado, a República Popular da China classifica suas barragens em suas regulamentações com relação a classificação de segurança de suas estruturas.

Existe na China, segundo Zhou et al (2015), a diretriz *Dam Risk Assessment Guidelines* (2012), a qual adota a classificação de risco de barragens com base em métodos probabilísticos complexos que levam em consideração o modo de falha e a sua probabilidade, perdas de vidas, perdas econômicas e impactos sociais e ambientais.

A nível de regulamentação, segundo Cheng et al. (2010) e Zhang et al. (2018), a fim de adaptar a classificação de suas barragens a fatores sociais, ambientais e econômicos, a China vem gradualmente realizando a transição do conceito de segurança de barragens para a avaliação de risco.

Dessa forma, para classificar suas barragens, segundo Zhang et al. (2018), a China elaborou o *Guidelines on Dam Safety Evaluation* (SL258-2000) no qual especificou e

apresentou as características técnicas a serem analisadas para a classificação de suas barragens em relação ao seu grau de segurança. Este mesmo método de classificação foi proposto na regulamentação *Reservoir Dam Safety Verification Methods* (2003).

De acordo com Zhou et al. (2015) e com o *Reservoir Dam Safety Verification Methods* (2003), para a classificação do grau de segurança das barragens são utilizadas três classes: Classe I (segura e confiável), Classe II (segura) e Classe III (insegura), sendo a última categoria utilizada para classificar estruturas que necessitam de medidas corretivas para operar dentro do padrão de segurança da diretriz nacional *Flood Control Standard* (GB50204-94).

Segundo Cheng et al. (2010), a avaliação global do grau de segurança de barragem no território chinês inclui quatro elementos principais, sendo estes os de segurança estrutural, segurança de monitoramento, segurança de operação e plano de emergência.

Dessa forma, a classificação do nível de segurança de barragens ocorre através da avaliação dos critérios técnicos de: qualidade da engenharia, operação e gestão da barragem), padrão de controle de cheias, segurança da estrutura, segurança quanto a infiltração, segurança sísmica e segurança das estruturas metálicas (CHENG et al., 2010).

A Tabela 1 apresenta o sistema de classificação de barragens quanto a sua classe de segurança previstas no *Guidelines on Dam Safety Evaluation* (SL258-2000) e *Reservoir Dam Safety Verification Methods* (2003).

Tabela 1 – Sistema de avaliação e classificação de segurança de barragens na China.

Critérios avaliados	Classe	Classificação
Qualidade da engenharia, operação e gestão da barragem, padrão de controle de cheias, segurança da estrutura, segurança quanto a infiltração, segurança sísmica, segurança das estruturas metálicas e avaliação global do estado de segurança de barragens considerando todos os critérios interiores.	I	Seguras e Confiáveis
	II	Seguras
	II	Inseguras

Fonte: Adaptado de State Council of the People's Republic of China, 2003.

Após avaliação individual de cada critério técnico, é previsto no regulamento No. 271 (2003) a avaliação abrangente dos estudos realizados para a determinação da classe de segurança de uma barragem, isto é, uma análise global dos itens analisados individualmente para a determinação de sua classificação de segurança.

O método de avaliação leva ainda em consideração a verificação do cálculo de estabilidade da barragem de acordo com o seu projeto, observação dos dados de instrumentação, inspeções de segurança e verificação da qualidade estrutural da barragem (*State Council of the People's Republic of China*, 2003).

2.3 Breve histórico e principais aspectos da Lei norte-americana (*National Dam Safety Program Act - Public Law 92-367*)

A legislação norte-americana, promulgada para o Programa Nacional de Segurança de Barragens, em junho de 1979, teve seu trâmite iniciado no congresso americano em 1972 através da emenda *Implementation of the National Dam Inspection Act of 1972 (P.L. 92-367)*.

O texto deste documento ressalta ao congresso americano a necessidade de uma política de inspeção e avaliação da segurança de barragens após uma sequência de acidentes ocorridos com barragens naquele momento como, por exemplo, os casos do rompimento da barragem de Buffalo Creek, Virgínia do Oeste, em 26 de fevereiro de 1972, resultando em 125 mortes, 4.000 pessoas desabrigadas e 50 milhões de dólares em prejuízos, bem como o rompimento da Canyon Lake Dam, Dakota do Sul, em junho de 1972, resultando em 230 mortes e prejuízos superiores a 100 milhões de dólares. (*U.S. GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE, 1977*).

O projeto de lei e tratativas para implementação do Programa Nacional de Segurança de Barragens seguiu em discussão no Congresso norte americano até 1977. Em Junho de 1979 foi sancionado o National Dam Safety Program Act (NDSPA).

Em 1984 o *National Dam Safety Program Act* (NDSPA) foi revisado e posteriormente incorporado ao *Water Resources Development Act* em 1996, que é o órgão Federal americano responsável pela gestão dos recursos hídricos. A partir desta revisão foi criado

o Comitê de Segurança de Barragens e sua interação junto ao Departamento de Agricultura, Defesa, Energia e Interior. O Comitê de Segurança de Barragens então criado ficou subordinado à FEMA - *Federal Emergency Management Agency*, que por sua vez, é responsável pela publicação da *Federal Guidelines for Safety Dam* (BRADLOW, et al, 2002).

Além dos órgãos federais citados acima como responsáveis pela organização e regulamentação para Segurança em Barragens é transmitido ainda a cada Estado da Federação a responsabilidade de estabelecer mecanismos e legislações próprias para o cumprimento do *National Dam Safety Program Act* (NDSPA).

2.3.1 Classificação de Risco

Sendo responsabilizada como órgão fiscalizador federal pelo NDSPA - *National Dam Safety Program Act*, a FEMA - *Federal Emergency Management Agency* define como risco a “*Perda potencial de vidas ou danos materiais a jusante de uma barragem devido às águas de inundação sobre a barragem ou a liberação de água por ruptura parcial ou total da barragem, e a montante da barragem devido aos efeitos dos deslizamentos da margem. Um risco é considerado significativo se houver a probabilidade de causar perda de vidas ou grandes danos a estruturas permanentes, serviços públicos ou instalações de transporte.*”

A NDSPA estabelece ainda, em sua seção 8, a assistência e fomento à implantação dos Programas de Segurança de Barragens nos seus Estados, onde cada Estado fica responsável em implementar seu próprio programa de segurança de barragens alicerçado nas diretrizes regulamentadas pela FEMA conforme a publicação do *Federal Guidelines for Safety Dam*.

A FEMA orienta adotar três níveis de classificação de risco quanto ao dano potencial esperado conforme a Tabela 02.

Tabela 02 - Sistema de classificação de risco para barragens.

Classificação de risco	Perda de vidas humanas	Perdas econômicas, Meio Ambiente e propriedades
Baixa	Nenhuma expectativa	Baixa e geralmente limitada ao

		proprietário. (da Barragem)
Significante	Nenhuma expectativa	sim
Alta	Provável. Uma ou mais	Sim (mas não necessariamente para esta classificação).

Fonte: *Federal Guidelines for Dam Safety*.

Portanto, considerando-se a classificação de risco adotada por cada Estado norte americano estes seguem as recomendações mínimas da FEMA, porém, diferem entre si quanto ao dano potencial associado a cada classe de risco conforme se pode observar no *Summary of State Laws and Regulations on Dam Safety*, publicado em 2020 pela ASDSO - *Association of State Dam Safety Officials*.

As tabelas abaixo exemplificam a classificação de risco adotada por alguns Estados norte-americanos.

Tabela 03 - Sistema de classificação de risco do Estado da Dakota do Norte.

Classificação de risco	Perda de vidas humanas	Perda econômica
Categoria 3 Risco Baixo	Improvável	Perda mínima, dano limitado a terras agrícolas ou estradas municipais e federais.
Categoria 2 Risco Significante	Improvável	Danos a edifícios, rodovias, ferrovias, pontes ou utilidades públicas; perda de um (ou único) abastecimento de água reservatório para sistema de distribuição de água; ou outra grande perda econômica.
Categoria 1 Risco Alto	Pode causar perda de vida	N/A

Tabela 04 - Sistema de classificação de risco do Estado do Texas.

Classificação de risco	Perda de vidas humanas	Perda econômica
Risco Baixo	Não esperava. Sem estruturas	Mínimo. Localizado principalmente em áreas

	permanente habitáveis na área de inundação a jusante da barragem.	rurais onde a falha pode ocasionalmente danificar fazendas com suas edificações, limitado a benfeitorias agrícolas e rodovias secundárias.
Risco Significante	Possível. Uma a seis vidas ou uma ou duas estruturas habitáveis em a área de inundação a jusante da barragem.	Apreciável. Localizado principalmente em áreas rurais onde a falha pode danificar casas isoladas, rodovias secundárias, ferrovias secundárias ou interrupção dos serviços públicos.
Risco Alto	Esperado. Sete ou mais vidas ou três ou mais estruturas habitáveis na área de inundação à jusante da barragem.	Excessivo. Localizado principalmente em áreas urbanas ou próximas a áreas onde se espera que a falha cause extensos danos a instalações públicas; instalações agrícolas, industriais ou comerciais; utilidades públicas; principais rodovias; ou ferrovias usadas como um sistema importante de transporte.

Tabela 05 - Sistema de classificação de risco do Estado da Virgínia do Oeste.

Classificação de risco	Perda de vidas humanas	Perda econômica
Risco Baixo	Não esperado	Mínima
Risco Significante	Pode causar perda de vida	Apreciável. Danos a edifícios, industriais ou comerciais instalações, serviços públicos, estradas secundárias, ferrovias, bens pessoais e áreas agrícolas.
Risco Alto	Provável	Sério. Danos a edifícios, industriais ou comerciais instalações, serviços públicos, estradas principais, ferrovias, propriedade particular e interesses agrícolas.

Tabela 06 - Sistema de classificação de risco do Estado da Califórnia.

Classificação de risco	Perda de vidas humanas	Perda econômica
Risco Baixo	Improvável perda de vida humana.	Baixas perdas econômicas e ambientais. As perdas são esperadas e limitadas principalmente ao proprietário (da barragem).
Risco Significante	Improvável perda de vida humana.	Pode causar perdas econômicas, danos ambientais, impactos a instalações importantes ou outros impactos significativos.
Risco Alto	Espera-se a perda de pelo menos uma vida humana.	N/A
Risco Extremamente Alto	Espera-se a perda de pelo menos uma vida humana.	Pode resultar em uma área de inundação onde haja uma população de 1.000 pessoas ou mais, ou na inundação de instalações ou infraestrutura, cuja inundação representa uma ameaça significativa à segurança pública.

2.4 Legislação Indiana Segurança de Barragens

2.4.1 Breve histórico e principais aspectos da Lei Indiana (*The Dam Safety Bill*, nº 190)

O histórico de desempenho da grande maioria das barragens construídas na Índia é satisfatório no quesito segurança, porém, algumas desenvolveram falhas grandes ou parciais. Um incidente bastante conhecido que tirou a vida de quase 2.000 (duas mil) pessoas, ocorreu em 1979, na barragem de Machchu II, localizada a oeste do estado de Gujarat (ZUFFO, 2005).

Nas cheias de 1983 e 1984, também em Gujarat, quatro barragens sofreram avarias, causando grandes perdas (CWC, 2021).

Segundo Zuffo (2005) os registros de falhas em barragens encontrados na Índia indicam que a maioria das falhas aconteceram na seguinte ordem: barragens de terra, de enrocamento, arcos múltiplos e simples. Estes incidentes determinaram um potencial de risco associado às barragens e trouxeram à tona duas questões, como prevenir, reduzir ou

evitar as falhas observadas em barragens existentes e avaliação da segurança das barragens existentes com base nos critérios atuais.

Ainda em 1979, após os incidentes, teve início na Índia a Organização de Segurança de Barragens, sendo suplementada por uma organização de âmbito estadual para efetiva vigilância de todas as barragens. A responsabilidade pela segurança, conservação e proteção de barragens é principalmente dos proprietários de barragens, que são os governadores estaduais, empresas dos setores públicos e alguns participantes privados (CWC, 2021).

Em agosto de 1982, o Governo da Índia constituiu o NCDS - *National Committee on Dam Safety*, para revisar as práticas existentes de inspeção e manutenção de barragens e estruturas associadas, desenvolvendo diretrizes padronizadas, variando de estado para estado. O NCDS é um órgão consultivo que sugere maneiras de alinhar as atividades de segurança de barragens com os últimos avanços no campo, devidamente modificado para as condições indianas e atua como um fórum para troca de opiniões sobre as técnicas adotadas para medidas corretivas, visando aliviar os problemas em barragens antigas.

Em 29 de Julho 2019, foi apresentado no Parlamento da Índia, o Projeto de Lei nº 190, intitulado '*THE DAM SAFETY BILL, 2019*', que corresponde a Segurança de barragens de todo território nacional, sendo aprovado em 02 de agosto de 2019.

A Lei prevê a vigilância, inspeção, operação e manutenção de todas as barragens do país com altura superior a 15 metros, ou altura entre 10 e 15 metros e satisfazendo certas condições adicionais de projeto, tais como, capacidade de reservatório de pelo menos um milhão de metros cúbicos e comprimento de topo da barragem superior a 500 metros.

2.4.2 Classificação de Risco

Segundo DRIP - Dam Rehabilitation & Improvement Project, a classificação de risco agrega a avaliação das consequências em quatro categorias principais:

A primeira delas, é o valor do projeto, essa categoria inclui o valor capital dos elementos do projeto que seriam destruídos ou danificados, a perda de benefícios, serviços e receitas provenientes do projeto da barragem.

O potencial de perda de vidas, sendo estimado indiretamente por meio da população total em risco, à jusante. Essa categoria também considera a gravidade da inundação e o tempo aproximado da chegada da onda de inundação, sendo uma medida de tempo de aviso disponível.

O potencial de dano na propriedade, inclui a quantidade de danos a propriedades residenciais e comerciais, terras agrícolas, meios de transporte como estradas e pontes.

O potencial de impacto ambiental e cultural, é a categoria que contempla o valor de danos às áreas protegidas no país (vidas selvagens, reservas florestais, entre outros), bem como o impacto potencial para as infraestruturas de patrimônio cultural ou importância nacional.

A descrição detalhada de todas as categorias de cada uma das quatro classes é apresentada na tabela 07, onde a barragem é classificada através de seus critérios apresentados.

Tabela 07 - Classificação de barragem proposta com base no Índice de Potenciais Consequências - IPC.

Classificação de Risco	Índice de Potenciais Consequências (IPC)*	Valor de projeto	Potencial de perda de vidas	Potencial de dano da propriedade	Potencial de impacto ambiental e cultural
Classe I	< 300	Baixo	Nenhum. Sem potencial de perda de vidas. Sem estrutura habitada.	Mínimo. Limite econômico e desenvolvimento agrícola.	Nenhum.

Classe II	< 300	Médio	População em risco mínima ou baixa. Nenhum potencial de perda de vida.	Agricultura notável. Rodovias e ferrovias estaduais.	Dano mínimo. Impacto de curto prazo ou reversível (menos de 2 anos).
Classe III	300 < IPC < 600	Significativo	Considerável. Vários empreendimentos habitados. Potencial de perda de vida altamente dependente das operações de alerta e salvamento.	Desenvolvimentos industriais, comerciais e econômicos significativos. Rodovias e ferrovias nacionais e/ou estaduais.	Limitado. Impacto de duração intermediária (menos de 10 anos). Com alta probabilidade de recuperação total após mitigação de medidas.
Classe IV	> 600	Crítico	Extremo. Povoado com área de alta densidade. Potencial de perda de vidas muito alto, mesmo durante o melhor cenário de gerenciamento de emergência.	Área altamente desenvolvida em indústrias, propriedades, transporte e recursos de linha de vida.	Forte. Impacto de longo prazo nas áreas protegidas ou locais de patrimônio cultural com baixa probabilidade de recuperação.

* Isenção de responsabilidade: Barragens com IPC total próximo de duas classes (+/- 50 pontos) exigem uma avaliação abrangente e julgamento de engenharia para determinar a classificação de perigo real.

2.5 Breve histórico e principais aspectos da Lei Japonesa (*The River Law, No 167, 1964*)

O país conta com o *Japan Commission on Large Dams* (JCOLD), criado em 1931, a *Japan Water Agency* (JWA), reformulada em 2003, os órgãos federais, sendo o Ministério de Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo (MLIT) e o Ministério da Agricultura, Floresta, e Pesca e ainda conta com a Fundação de Barragens do Japão, criada em 1952,

com o objetivo de auxiliar em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias relacionado a barragens.

As barragens no Japão são regulamentadas por três principais leis do governo, a primeira é *The River Law* (1964), sob controle da Assembleia Nacional, a segunda e terceira através das Portarias e Circulares do Ministro e também do Diretor Geral do MLIT.

The River Law, foi promulgada em 1896, sendo considerada uma das primeiras no mundo no quesito. Após as crescentes mudanças no país e após diversos eventos climáticos, levou à promulgação da Lei da Associação de Defesa contra Inundações e da Lei de Combate às Inundações em 1949 no Japão (OMACHI, 1999).

Ainda segundo Omachi (1999), a Lei de Barragens de Multiuso entrou em vigor em 1957, a qual trata sobre a centralização da administração de barragens sob controle dos administradores do rio.

Logo após, em 1959 foram promulgadas as Lei de Medidas de Emergência de Controle de Erosão e Cheias e do Especial de Controle de Cheias da Lei de Contas em 1960. Desta forma foi estabelecido pela primeira vez um plano de controle para enchentes a longo prazo com plano de 10 ou 5 anos. (OMACHI, 1999).

Em 10 de Julho de 1964, *The River Law* (1964) foi atualizada e em 1 de Abril de 1965 entrou em vigor. Sua principal função é o controle de inundações e mitigação de danos, administração e permissão do uso da água e terra. Ainda, atua na preservação ambiental fluvial e desenvolvimento nacional, o qual desde então vem sendo atualizada apenas em artigos isolados.

As barragens sob a jurisdição do MLIT, são avaliadas por inspeções regulares e inspeções abrangentes para avaliar sua integridade. Segundo o MLIT, *The River Law* (1964) foi alterada apenas alguns artigos em 2013 e, para manter a segurança pública, foram estabelecidas normas técnicas de manutenção ou reparo, como a realização de inspeções de instalações.

2.5.1 Classificação de Risco

Segundo *The River Law* (1964) todas as barragens devem ser verificadas pelos administradores do rio para cumprirem os seguintes itens: Relatório de Conclusão da Barragem; Relatório de Operação e a Inspeção Regular (uma vez entre 3 e 5 anos). Ainda, segundo a Lei, os rios são classificados como Primeira Classe e Segunda Classe.

Ainda, segundo a Lei, para os rios de Primeira Classe compete ao MLIT a gestão do mesmo e os Rios de Segunda Classe compete ao Governador da Província com jurisdição sobre as prefeituras de onde o rio existe, onde ambos os administradores de cada classe tem deveres e obrigações conforme estipulado na Lei.

Segundo o Guia para Inspeção Regular de Barragens (2016), a frequência de inspeções deve ser de pelo menos uma vez a cada três anos, o qual dependendo dos resultados das inspeções, a próxima inspeção e as subseqüentes serão realizadas em um período de um ano. Caso a inspeção periódica apresente resultados positivos continuamente, o ciclo de inspeção a cada três anos poderá ser aplicado.

A classificação de risco é definida através do método de avaliação individual e do método de avaliação geral da barragem que define o nível de risco sendo A, B ou C. Para a classificação de avaliação individual, avaliação geral e classificação de risco, as mesmas são definidas através do preenchimento das fichas e listas de inspeção o qual pode ser visualizada nas tabelas a seguir:

Tabela 08 - Classificação de Avaliação Individual da Barragem e Reservatório.

Classificação de Risco	Status
A	Existem pontos inadequados significativos que precisam de melhorias.
B	Existem questões que precisam ser fortalecidas ou aprimoradas.
C	Ele está sendo implementado corretamente.

Fonte: Adaptado dos Guias para Inspeção Regular de Barragens do Japão, 2016.

Para a avaliação Individual da Barragem, são verificados nas inspeções itens mais específicos e aprofundados como, a deformação, vazamentos, poro-pressões, linhas

freáticas, estado de conservação do concreto e também das estruturas que compõe a barragem, como vertedouro e outras estruturas.

Tabela 09 - Classificação de Avaliação Geral da Barragem e Reservatório.

Classificação de Risco	Status
A	São necessárias medidas de melhoria imediata.
B	Existem alguns problemas, mas não existem problemas gerais.
C	No geral, não há problema.

Fonte: Adaptado dos Guias para Inspeção Regular de Barragens do Japão, 2016.

Tabela 10 - Resultados de Inspeção Periódica.

Classificação de Risco	Status
A	São necessárias medidas de melhoria imediata.
B	Existem alguns problemas, mas não existem problemas gerais.
C	No geral, não há problema.

Fonte: Adaptado dos Guias para Inspeção Regular de Barragens do Japão, 2016.

Para a Inspeção Periódica da estrutura, são verificados itens como o sistema de gestão, o sistema de manutenção das instalações da barragem e do reservatório, e ainda o seu gerenciamento.

Segundo o Guia para Inspeção Regular de Barragens (2016), todas as inspeções são realizadas pelo fiscalizador responsável do rio, a fim de classificar as estruturas conforme o seu estado de conservação. Cada item de verificação demonstra as condições das estruturas civis das barragens e das condições do reservatório.

Após as inspeções, a fiscalização compila os resultados e classifica a estrutura. Em seguida, informa o Administrador do Rio, onde o mesmo adverte o Proprietário da Barragem para as devidas providências que devem ser implementadas. Juntamente com o relatório da Inspeção, é informado as contramedidas e o tempo de implementação que as mesmas devem ser realizadas.

Por fim, segundo o Guia para Inspeção Regular de Barragens (2016), com o resultado das inspeções, o proprietário da Barragem deve enviar um primeiro relatório ao Administrador do Rio com a política de resposta das contramedidas, e, após concluídas as correções, o mesmo deve enviar um segundo relatório com os devidos resultados das correções.

3 Discussão

Com base na pesquisa bibliográfica realizada e análise comparativa da legislação brasileira com as demais legislações dos países elencados, pôde-se notar a diferença de abordagem em suas regulamentações quanto à classificação de risco de suas barragens.

Comparando-se a PNSB (Lei Nº 14.066/2020) com a legislação chinesa, pode-se observar uma significativa diferença na forma de classificação de suas barragens. Diferentemente do Brasil, que classifica suas barragens por risco, na República Popular da China não é prevista este tipo de classificação em suas leis.

A República Popular da China adota o critério de classificação por nível de segurança, sendo elas classe I (segura e confiável), classe II (segura) e classe III (insegura). Os critérios utilizados para a classificação são distintos ao do Brasil, incluindo a avaliação de qualidade de projeto, de segurança das estruturas, da segurança a exposição a eventos naturais extremos, segurança de operação e da análise global desses critérios técnicos.

A legislação brasileira demonstrou divergências em relação à legislação Estadunidense quanto à adoção do critério de classificação de risco. A legislação dos Estados Unidos não utiliza parâmetros e características técnicas das barragens para a classificação de risco, conforme é adotado pela legislação Brasileira. Neste caso, a legislação norte americana classifica o risco com base na possibilidade da perda de vidas humanas e perdas econômicas.

Contrapondo a Legislação do Brasil com a da Índia, pôde-se observar a diferença entre o número de classes de risco, onde na legislação indiana são classificadas em quatro, uma a mais que na brasileira. Outra distinção está nos critérios em que a classificação é

realizada, na Índia é levando em consideração o valor do projeto, indiferentemente do Brasil.

A legislação japonesa de segurança de barragens não demonstrou ser específica para este tipo de finalidade. Devido ao país possuir a maior parte de suas represas construídas, as leis atuais focam na prevenção de desastres ocasionados por eventos naturais e também atuam principalmente na fiscalização das estruturas em operação. The River Law (1964) apresenta critérios de avaliação de risco, onde o responsável pela represa atua na fiscalização e observação das condições das estruturas.

O Japão adota critérios divergentes da Legislação Brasileira, onde a classificação de risco é subdividida em três classes, como sendo A, B ou C. Os critérios utilizados para a classificação conforme exposto anteriormente são principalmente quanto a análise individual e geral das estruturas, avaliando a segurança e conservação da mesma.

4 Conclusão

De acordo com as discussões apresentadas, a legislação Brasileira de Segurança de Barragens diverge quanto à classificação de risco adotada pelos demais países em questão. Essas divergências evidenciam os aspectos particulares de cada país na adoção de critérios próprios para a classificação/avaliação de risco no âmbito da segurança de barragens de acordo com suas necessidades.

É notável a diferença de tratamento quanto a terminologia classe de risco entre os países, onde uns levam em consideração aspectos relacionados à perda de vidas, econômicas e ao meio ambiente, enquanto outros limitam a classificação de suas barragens a critérios técnicos e operacionais para a operação segura dessas estruturas.

Recomenda-se como estudo futuro a análise qualitativa dos critérios adotados por cada nação para uma análise comparativa mais detalhada, aprofundando-se nos pesos dos critérios técnicos adotados para a classificação dessas estruturas quanto a sua classificação de risco.

5 Referências Bibliográficas

AGUIAR, Daniel Prenda de Oliveira. **Contribuição ao estudo do índice de segurança de barragens – ISB**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2014.

ANDERÁOS, Alexandre et al. **Classificação de barragens quanto à categoria de risco e ao dano potencial associado - um exercício**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves - RS, 17-22 de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Relatório de resultado de classificação de barragens - ciclo 2019**. Edição 04/2020. Versão 2. Brasília - DF, 2020.

ASDSO - ASSOCIATION OF STATE DAM SAFETY OFFICIALS. **Summary of State Laws and Regulations on Dam Safety**, 2020. Disponível em <https://damsafety.org/resourcecenter/asdso-resources>. Acesso em 12/03/2021 às 21:51 horas.

BALBI, Diego Antonio Fonseca. **Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens. Estudo de caso: barragem de Peti- MG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2008.

BRADLOW, et al., **Regulatory Frameworks for Dam Safety**. The World Bank, 2002.

BRASIL. **Lei nº 12.334**, de 20 de Setembro de 2010.

BRASIL. **Lei nº 14.066**, de 30 de Setembro de 2020.

CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº 143**. Publicada no D.O.U em 04/09/2012. Brasília - DF, 2012.

CHENG, Cuiyun et al. **Analysis of dam Safety management system in China**. IEEE International Conference on Emergency Management and Management Science, ICEMMS, 2010.

CWC - CENTRAL WATER COMMISSION. **Government of India**. Disponível em <http://www.cwc.gov.in/>. Acesso em 03/07/2021 às 18:52 horas.

DRIP - DAM REHABILITATION & IMPROVEMENT PROJECT. **Guidelines for Classifying the Hazard Potential of Dams**, 2020. Disponível em: https://damsafety.in/ecm-includes/PDFs/Guidelines_for_Classifying_the_Hazard_Potential_of_Dams.pdf. Acesso em 16/07/2021 às 22:58 horas.

FEMA - FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Federal Guidelines for Dam Safety**, 2004. Disponível em https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema_dam-safety_P-93.pdf. Acesso em 13/03/2021 às 18:03 horas.

FEMA - FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Hazard Potential Classification System for Dams**, 2004. Disponível em https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema_dam-safety_P-93.pdf. Acesso em 13/03/2021 às 18:13 horas.

ICOLD – INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. **Number of Dams by Country Members**. Disponível em https://www.icold-cigb.org/article/GB/world_register/general_synthesis/number-of-dams-by-country-members. Acesso em 06/03/2021 às 16:58 horas.

JAPAN. **The River Law nº 167**, of 1964.

JCOLD - JAPAN COMMISSION ON LARGE DAMS. **Dams in Japan Overview**. 2015. Disponível em <http://jcold.or.jp/cm/wp-content/uploads/2018/03/Dams-in-Japan-overview-2015.pdf> Acesso em 13/02/2021 às 00:21

JCOLD - JAPAN COMMISSION ON LARGE DAMS. **Dams in Japan Overview**. 2018. Disponível em <https://jcold.or.jp/cm/wp-content/uploads/2020/01/Dams-in-Japan-2018-web%E7%94%A8.pdf> Acesso em 13/02/2021 às 00:23

JWA - **Japan Water Agency Incorporated Administrative Agency**. Disponível em. <https://www.water.go.jp/honsya/honsya/english/index.html>. Acesso em 13/02/2021 às 00:13 horas.

NCDS - NACIONAL COMMITTEE ON DAM SAFETY. **Dam Safety Organisation**. Disponível em <http://cwc.gov.in/damsafety/NCDS>. Acesso em 20/03/2021 às 11:16 horas.

MENESCAL, R. A. **Gestão de Segurança de Barragens no Brasil** - Proposta de um sistema integrado, descentralizado, transparente e participativo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza - CE, 2009.

MLIT - **Ministério de Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo e Prevenção de Desastres do Japão**. Disponível em <https://www.mlit.go.jp/index.html>. Acesso em 13/02/2021 às 00:25 horas.

MLIT - Ministério de Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo e Prevenção de Desastres do Japão. **Guia para Inspeção Regular de Barragens**, 2016.

OMACHI, Toshikatsu. **The River Law with Commentary by Article**. Infrastructure Development Institute - Japan, 1999.

PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. **Water law**. Adopted at the 24th Meeting of the Standing Committee of the Sixth National People's Congress and promulgated by Order No. 61, January 21, 1988.

PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. **Flood control law**. Adopted at the 27th Meeting of the Standing Committee of the Eight National People's Congress and promulgated by Order No. 88, August 29, 1997.

PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. **Reservoir Dam Safety Verification Methods, Nº 271**. Beijing: Ministry of Water Resources, 2003.

PETRY, André et al. **Classificação de barragens quanto ao dano potencial associado: a experiência da Agência Nacional de Águas**. In: International Dam World Conference, 3ª, Foz do Iguaçu, 2018.

PUBLIC LAW 92-367, **National Dam Safety Act**, 1977. Disponível em. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-2975/pdf/COMPS-2975.pdf>. Acesso em 13/03/2021 às 17:05 horas.

STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. **Regulation on the Administration of reservoir dam Safety**. Promulgated by Order No. 77, March 22, 1991.

TDSB - THE DAM SAFETY BILL. **Ministry of Water Resources**. Índia, 2019.

ZHANG, Shi-shen et al. **Comparison on dam Safety and risk assessment modes between China and coreign countries and transfers from each other**. International Committee on Large Dams (ICOLD), Twenty-Sixth Congress on Large Dams. Vienna, Austria, 1-7 july 2018.

ZHENGHUA, Gong et al. **Chinese dam safety: philosophy and practice**. International Water Power and dam construction 14-17, 1999.

ZHOU, Xingbo et al. **Study on dam risk classification in China**. Water Science & Technology: Water Supply. 15.3. 2015.

ZUFFO, Monica S. R. **Metodologia para avaliação da segurança de barragens**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2005.