



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SIG APLICADO AOS PONTOS DE BARRAGENS NO ESTADO DO PARÁ

Leonardo Sousa dos Santos ^(a), Gláucia Rodrigues Nascimento Medeiros ^(b), Cleison Basto dos Santos ^(c), Orleno Marques da Silva Junior ^(d).

^(a) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Técnico em Defesa Civil do Estado do Pará, leonardodrgeo@gmail.com.

^(b) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Pará (UFPA), glaurn@uol.com.br.

^(c) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPA, Docente de Geografia da rede pública de ensino do Pará, cleisongeo@gmail.com.

^(d) Doutor em Planejamento Ambiental – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ. orleno@ppe.ufrj.br

Eixo: Risco e desastre naturais

Resumo

No Estado do Pará se localiza a maior província de mineralógica do planeta. A Serra dos Carajás é o segundo maior estado minerador do Brasil, atrás apenas de Minas Gerais. Neste cenário, o Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens – SNISB oferece dados importantes sobre as barragens no Brasil. Realizou-se uma análise do cadastro consolidado do SNISB. O objetivo construir um panorama da distribuição e concentração das barragens no Pará. As análises foram realizadas levando em consideração as Regiões Hidrográficas (RH) do Estado do Pará. RH do Tocantins-Araguaia, RH do Xingu e RH da Costa Atlântico - Norte que juntas possuem 80% das barragens cadastradas no SNISB. Os resultados poderão ajudar na seleção dos pontos de prevenção, vigilância dos órgãos ambientais e de fiscalização de barragens, assim como, na tomada de decisão sobre as medidas de proteção cabíveis destas áreas prioritárias, que hipotética podem ser atingidas por ruptura de barragem.

Palavras-chave: Desastres, Riscos, Comunidades, Meio Ambiente.

1. Introdução

Em todo o Brasil milhões de pessoas vivem em municípios onde estão localizadas barragens, onde muitas destas, são classificadas como de alto risco e dano



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

potencial, significando que caso haja um rompimento, a exemplo da barragem de Mariana e Brumadinho (Minas Gerais), acarretará em novos danos socioeconômicos e ambientais catastróficos, provocando mortes, destruições sociais e ambientais irreparáveis e conseqüentemente prejuízos econômicos.

O levantamento da Agência Nacional de Águas (ANA) possui um relatório nacional com cadastro das barragens em todo território brasileiro, contendo dados sobre os usos principais, categorias de risco, dano potencial associado, responsável pelo empreendimento, órgão fiscalizador, dentre outros. Neste sentido, o Sistema Nacional de Informações sobre a Segurança de Barragens – SNISB, criado pela Lei no 12.334/2010, representa um importantíssimo mecanismo de monitoramento e controle sobre as barragens do Brasil, podendo auxiliar em estudo sobre distribuição espacial, concentração, dentre outros, principalmente sobre as barragens de rejeitos onde no Estado do Pará.

Segundo Sucursal p.6, 2019), mais de um quinto da população paraense vive sobre área de risco. Neste contexto, as geotecnologias tornam-se mais uma vez uma importante tecnologia com potencial para estudo sobre questões fundamentais, como as questões sobre as barragens, principalmente porque os dados do SNISB apresentam o componente espacial, pois, envolve interações em múltiplas escalas, afirma Fuschita (2017, p.10). Ainda segundo o autor, a utilização das geotecnologias, em especial do Sistema de Informações Geográficas (SIG) deve facilitar o processo de planejamento e gerenciamento, coordenação e execução de tarefas que envolvem análise dos dados espaciais.

Dentro deste enfoque, torna-se necessário o conhecimento da série de dados do SNISB para construção de uma série de informações mais completas possíveis, sobre áreas de risco, distribuições espaciais, zonas de concentração que possibilitem subsidiar Grupos de Trabalhos (GT) para posterior Tomada de Decisão. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise do cadastro consolidado de informações sobre barragens no



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Estado do Pará e reconhecer os pontos de concentrações adotando as Regiões Hidrográficas (RH) como unidade de análise.

2. Materiais e métodos

Realizou-se uma análise do cadastro consolidado de informações do Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens - SNISB, criado através da Lei no 12.334/2010, que disponibiliza dados sobre barragens em construção, em operação e as desativadas em todo território Nacional. Na segunda fase, realizou-se uma análise dos cadastros do SNISB no Estado do Pará. As análises foram realizadas levando em consideração as Regiões Hidrográficas (RH) do Estado do Pará, visando definir de forma mais direcionada um panorama da distribuição e concentração das barragens no Pará. Construiu-se um Banco de Dados Geográficos (BDG) através do Sistema de Informação Geográfica (SIG), QGis 2.18 licenciado pela General Public License (GNU) e posteriormente elaborou-se tabelas e mapas da concentração de pontos de barragens no Estado do Pará. O BDG facilitou o acesso, a manipulação, a atualização e a sobreposição das informações espaciais do SNISB. Por fim, realizou-se reunião com os Técnicos da Defesa Civil da Divisão de Operações (DivOp) e Divisão de Apoio Comunitário (DAC) para entendimento sobre os riscos associados e medidas preventivas a serem tomadas pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC.

3. Resultados

Segundo os dados do SNISB, o Estado do Pará possuía até 2018 262 barragens, na RH do Tocantins – Araguaia, concentra-se a maior parte dessas construções, possuindo 101 barragens, correspondendo a 38,5% do total, em seguida a RH da Costa Atlântico, possui 57 barragens, correspondendo a 21,8%, em terceiro lugar a RH Xingu, possuindo 52 barragens, correspondendo 19,8%, em quarto encontra-se a RH Calha Norte, possuindo 34 barragens, correspondendo a 13%, em quinto a RH Tapajós,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

possuindo 14 barragens, correspondendo a 5,3%, em sexto a RH Baixo Amazonas, contendo 3 barragens, equivalente a 1,1% e por último a RH Porte – Marajó, correspondendo 0,4% do total de barragens, conforme a Tabela 01.

Tabela 1 – Barragens por Regiões Hidrográficas

Região Hidrográfica (RH)	Quantidade	%
Tocantins – Araguaia	101	38,5
Costa Atlântico	57	21,8
Xingu	52	19,8
Calha Norte	34	13,0
Tapajós	14	5,3
Baixo Amazonas	3	1,1
Porte – Marajó	1	0,4
Total	262	100,0

Fonte: SNISB, 2018.

Ainda de acordo com a Tabela 01, o somatório das RH da Costa Atlântico e RH Xingu chegam a 41% das barragens construídas no Pará. Das barragens existentes, 151 encontram-se em operação, 17 encontram-se inativas, 9 em construção, 5 em fase de projeto e 80 não possuem informações na plataforma do SNISB. No leste do Estado do Pará (RH da Costa Atlântico e RH do Tocantins – Araguaia) existem 140 barragens, sendo os maiores usos as de contenções de rejeito de mineração (62 unidades), 6 para contenção de resíduos industriais, 9 de hidrelétricas, 14 de uso industrial e 24 sendo utilizadas para irrigações.

Na Figura 1 observa-se a distribuição espacial das barragens do Estado do Pará cadastradas no SNISB, com destaque para RH do Tocantins-Araguaia, RH do Xingu e RH da Costa Atlântico - Norte que juntas possuem 80% das barragens cadastradas no SNISB. Os pontos verdes ilustram a distribuição das barragens em operação, sendo 98 unidades (37%) de uso para contenção de rejeitos de mineração.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

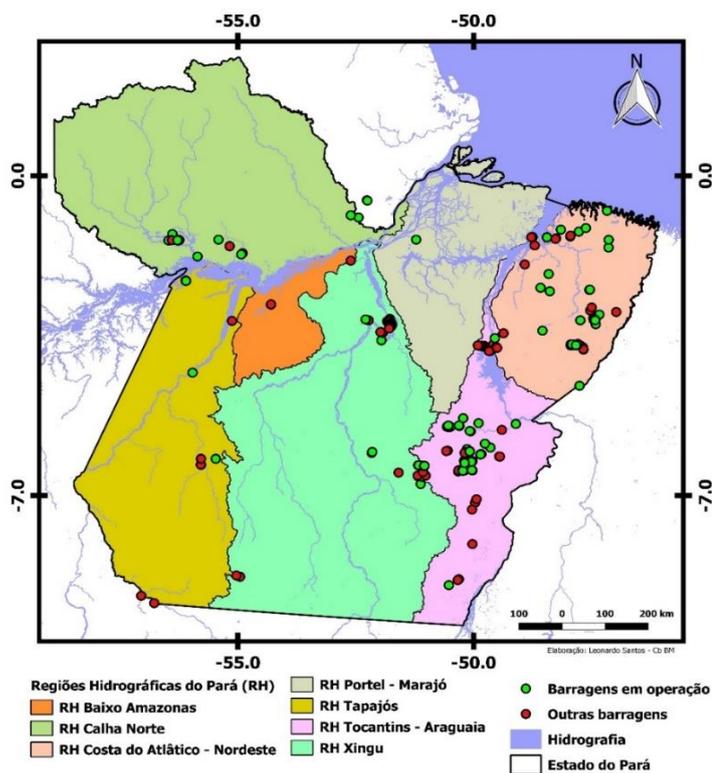


Figura 1 – Distribuição das barragens por Região Hidrográfica.
Fonte: Autores, 2019.

No Pará as barragens para Contenção de rejeitos de mineração representam 41,2% (123) do total cadastrado no SNISB, seguido das hidrelétricas com 54 unidades construídas, correspondendo a 20% do total. Na Tabela 2 identifica-se os principais tipos de barragens que foram cadastradas de acordo com seu uso no Pará. As barragens constituídas por solo (Terra) totalizam 71 construções. Das barragens construídas através de um maciço formado por fragmentos de rocha compactados em camadas somam 54 unidades (20,6%). 20% das hidrelétricas no Pará são do tipo Barragem de enrocamento. De acordo com SNISB, 49,2% (129) das barragens do Pará estão sem informação sobre material de construção.

Tabela 2 - Principais usos das barragens no Estado do Pará



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Uso Principal	Quantidade	%
Abastecimento de água	4	1,5
Combate às secas	1	0,4
Contenção de rejeitos de mineração	108	41,2
Contenção de resíduos industriais	15	5,7
Dessedentação animal	3	1,1
Hidrelétrica	54	20,6
Industrial	20	7,6
Irrigação	31	11,8
Proteção do meio ambiente	1	0,4
Recreação	8	3,1
Regularização de vazões	15	5,7
Sem Informação	2	0,8
Total	262	100,0

Fonte: SNISB, 2018.

Conforme o SNISB, na Tabela 03, é possível analisar que a barragem tipo “terra” foi a mais utilizada em diferentes usos, em especial, na contenção de resíduos industriais e na irrigação. Em segundo lugar, encontra-se a contenção de rejeitos da mineração, onde de acordo com a Tabela 03, não foi observado o tipo de material utilizado em suas construções.

No Pará, segundo os dados do SNISB, 127 estruturas, cerca de 48% das barragens, que impedem o fluxo de água ou de materiais sólidos, não possuem Planos de Ação de Emergência (PAE), e 86 estruturas, cerca de 32% delas, detalharam os procedimentos e ações que buscam melhorar a comunicação interna e externa por meio de respostas eficazes às situações de emergência, definidos no PAE. A empresa VALE, por exemplo, é proprietária de 60 barragens, o que corresponde a 22% do total das estruturas que impedem o fluxo de água ou de materiais sólidos. A empresa Norte Energia S.A. possui 33 barragens cadastradas, a Mineração Rio do Norte S/A possui 25 barragens, a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A, PAGRISA Para Pastoril, Agrícola S e Imerys, Rio Capim Caulim possuem em média 10 barragens cada uma no Pará. Na Tabela abaixo observa-se os usos das barragens e tipo de materiais utilizados em suas construções.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Tabela 3 – Uso principal e tipo de material de construção das barragens no Pará.

Uso Principal	Tipo de Construção					Total
	Terra	Enroscamento	Concreto	Sem informação	Outros	
Abastecimento de água	03	01				04
Combate às secas			01			01
Contenção de rejeitos de mineração				08		08
Contenção de resíduos industriais	04			01		05
Dessedentação animal				03		03
Hidrelétrica		03	01			04
Industrial	03			06	01	0
Irrigação	07			04		01
Proteção do meio ambiente	01					01
Recreação	06		02			08
Regularização de vazões	07		02	06		05
Sem Informação			01	01		02
Total	31	04	07	29	01	42

Fonte: SNISB, 2018.

Analisando a concentração dos pontos de barragens no Estado identificou-se quatro Zonas de Concentração de Barragens (ZCB). A primeira Zona de Concentração de Barragens (ZCB-1) fica localizada no extremo leste do Pará, sobre a RH do Tocantins - Araguaia com 86 barragens em uma área total de 71.992,85 km² sobre os municípios de Água Azul do Norte, Bom Jesus do Tocantins, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Eldorado do Carajás, Itupiranga, Marabá, Nova Ipixuna, Parauapebas, Piçarra, Rio Maria, São Domingos do Araguaia, São Geraldo do Araguaia, São João do Araguaia, Sapucaia e Xinguara.

A ZCB-2 e ZCB-3 possuem 36 barragens cada, tendo a primeira uma área de 35.077,82 km² e a segunda 33.315,21km². Por fim, a ZCB-4 com 31 barragens em uma área de 25.873,31km². Sobre a ZCB-2 estão os municípios de Altamira, Anapú, Brasil Novo, Pacajá, Portel, Porto de Moz, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu. Os municípios sobre a ZCB-3 são Ananindeua, Barcarena, Belém, Benevides, Inhangapi,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Ipixuna do Pará, Marituba, Paragominas, Santa Bárbara do Pará, Santa Izabel do Pará e Ulianópolis. Já na ZCB-4 toca os municípios de Alenquer, Curuá, Faro, Juruti, Óbidos Oriximiná e Terra Santa. Vitória do Xingu é o município que possui a maior quantidade de barragens cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, sendo todas Hidrelétricas. Em Parauapebas das 29 cadastradas, 13 são usadas para contenção de rejeitos de mineração. Em Oriximiná, 25 barragens são de contenção de rejeitos de mineração e 1 barragem industrial. Em Canaã dos Carajás, 23 são também para contenção de rejeitos de mineração, conforme Figura 2.

Na Tabela 4, identifica-se os municípios com os maiores números de barragens cadastradas no SNISB. A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), possui como competência a fiscalização de 99 barragens no Estado do Pará. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) fiscaliza 54 barragens. Por fim a Agência Nacional de Mineração (ANM) deve fiscalizar 108 barragens.

Tabela 4 – Municípios com os maiores números de Barragens.

Municípios	Barragens	Municípios	Barragens
Vitória do Xingu	30	Tucuruí	12
Oriximiná	26	São Félix do Xingu	12
Canaã dos Carajás	26	Ulianópolis	10
Parauapebas	19	Itaituba	8
Paragominas	10	Altamira	7
Marabá	14	Ponta de Pedras	5

Fonte: SNISB, 2018.

Ainda de acordo com a Figura 2, estão disponibilizadas geograficamente a disposição das quatro Zonas de Concentração de Barragens (ZCB) no Estado do Pará. De acordo com a Figura, destaca-se a ZCB-1 sobre mais de 15 municípios da RH do Tocantins-Araguaia. Nesta zona já ocorreu rompimento de barragens devido às fortes chuvas que provocou o aumento súbito do volume de rios e igarapés da região em especial do Rio Uraim e Igarapé de Paragominas, que cruza o município no sentido sudoeste – nordeste.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

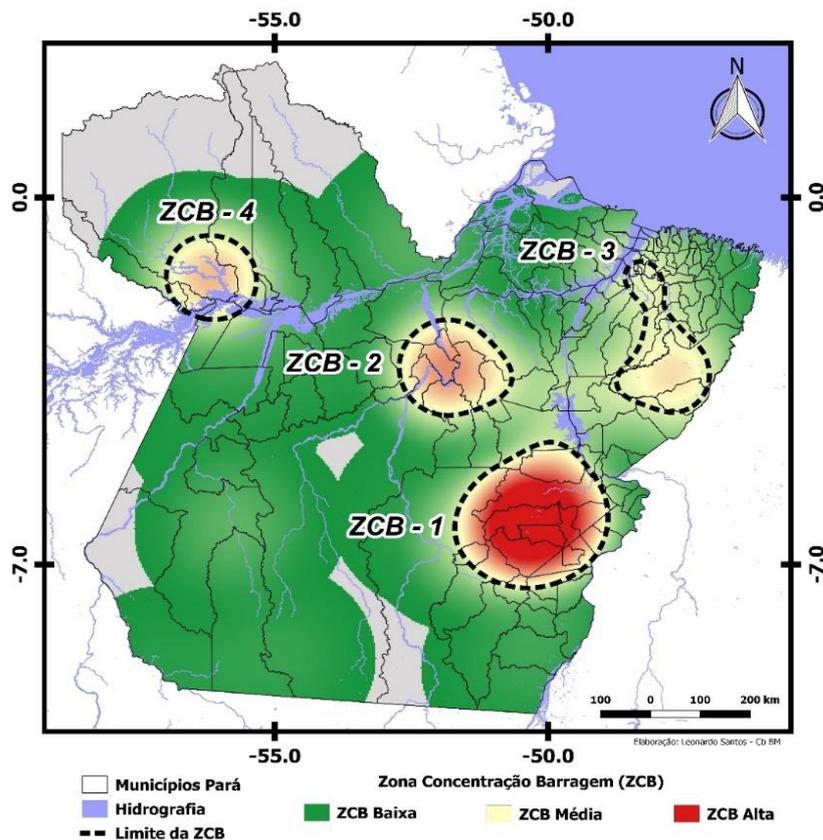


Figura 2 – Zonas de Concentrações de Barragens no Estado do Pará.
Fonte: Autores, 2019.

Segundo relatório da defesa civil estadual, o rompimento das barragens provocou o fenômeno de enxurrada que danificou mais de 105 moradias, destruindo completamente 35. Com aumento da rede de drenagem, 20 bairros do município foram tomados pelas águas, atingindo 2.296 pessoas diretamente, 8.457 indiretamente e dois óbitos, segundo a Defesa Civil Estadual (Figura 3). A CEDEC contabilizou-se que a área tomada pela enxurrada chegou a mais de 3,41 km². Outro problema advindo das intensas chuvas na região foram as interrupções parcial ou total do tráfego em estradas e vicinais na área urbana e/ou rural, onde veículos de pequeno a grande porte que ficam impedidos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

trafegar, além do entupimento de bueiros, além de provocar a abertura de crateras e valões nas ruas e vicinais (Figura 3), ocasionado o isolamento de alguns bairros.



Figura 3: Situação de Emergência de enxurrada no município de Paragominas.
Fonte: CEDEC, 2018.

Tais problemáticas ocorridas em abril de 2018, ocasionaram danos socioeconômicos e ambientais advindos do rompimento de barragens em Paragominas, além de ter deixado comunidades isoladas, levou pessoas a morte, forçando o município de Paragominas a decretar situação de calamidade pública, conforme informações da própria Prefeitura. Além desse desastre, um pouco antes, em fevereiro de 2018, o estado do Pará, testemunhou o vazamento de barragens de rejeito em Barcarena, impactando negativamente, moradores do entorno da planta industrial.

Em novembro de 2015, Minas Gerais foi surpreendida com o rompimento da barragem de rejeito da empresa Samarco em Mariana, Minas Gerais, ceifando a vida de pessoas e causando um desastre ambiental sem precedentes no Rio Doce, comprometendo a subsistências de pescadores que utilizavam o rio, como fontes de seu sustento (Almeida et al., 2016; ANA, 2016; Gomes et al., 2017; Almeida et al., 2018; Queiroz et al., 2018; Rudorff et al., 2018). Por último a barragem de rejeito de Brumadinho, também em Minas Gerais, desvelando a vulnerabilidade das estruturas de barragens utilizadas no Brasil, em especial, na Amazônia Paraense, por possuir as maiores plantas industriais de mineração do mundo.

4. Considerações Finais



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

No Pará é comum encontrar comunidades inteiras vivendo próximas a grande barragens, mas especificamente sobre as inundações das barragens destinadas ao acúmulo de água para quaisquer usos ou disposição final ou temporária de rejeitos ou resíduos industriais. Neste sentido, o cenário apresentado reforça a necessidade sobre a existência de um monitoramento contínuo e eficiente, agregados ao controle e fiscalizações eficazes, bem como, melhorar e explicitar a legislação e os atos normativos para instalação e monitoramento de barragens, abrangendo também a mitigação de desastres socioambientais e econômicos dos territórios impactados advindos de barragens independente de sua natureza. Os resultados encontrados poderão ajudar na seleção dos pontos de prevenção, vigilância dos órgãos ambientais e de fiscalização de barragens, assim como, na tomada de decisão sobre as medidas de proteção cabíveis destas áreas prioritárias, através de visitas em campo ao longo das áreas potencialmente atingidas ou eminentes pela hipotética de ruptura das barragens da região ou com risco potencial de ser atingida.

Por fim, sugere-se refinar esse estudo, confrontando os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens com banco de dados da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS), bem como, com o banco de dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) que permitirá a definição sobre o quantitativo real das barragens existentes no Pará, mensurando de forma objetiva quais barragens possuem um maior grau de risco, visando uma fiscalização contínua, afim de detectar possíveis anomalias, deficiências operacionais dos elementos que compõem a estrutura das barragens e os dados potenciais associados.

4. Referências Bibliográficas

SUCURSAL, T. H. Barragens no Pará, **O Liberal**, Belém, 3 fev. 2019, Caderno Especial, p.6, 03 fev. 2019.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DE CASTRO, E; MOURA, E; MAIA, M. **Industrialização e grandes projetos: desorganização e reorganização do espaço**. Editora Universitária UFPA, 1995.

LEI Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

Fuschita, A. T. **Geotecnologia Aplicada A Conservação da Biodiversidade** / Angela Terumi, José Edurado dos Santos. – São Carlos: EdUFSCar, 2017. 66 p. – (Série Apontamento).

SNISB. 2018. Sistema Nacional de Informações de Segurança de Barragens (SNISB). Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/mapas-tematicos-e-relatorios/tema-1-1>. Acesso em: 25 jan. 2019.

ALMEIDA, C.; OLIVEIRA, A.; PACHECO, A.; LOPES, R.; NEVES, A. QUEIROZ, M. Characterization and evaluation of sorption potential of the iron mine waste after Samarco dam disaster in Doce River basin – Brazil. **Chemosphere** 209: 411-420, 2018.

ALMEIDA, M.; MENDES, R.; AMORIM, F.; CIRANO, M.; DIAS, J. Fundação Dam collapse: Oceanic dispersion of River Doce after the greatest Brazilian environmental accident. **Marine Pollution Bulletin** 112 (1-2): 359-364, 2016.

ANA. Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce. **Conjuntura recursos hídricos no Brasil: Rompimento da barragem em Mariana/MG**. 50 p. Brasília, 2016.

GOMES, E.; CORREA, L.; SÁ, F.; RODRIGUES NETO, R.; BERNARDINO, A. 2017. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin** 120 (1-2): 28-36.

QUEIROZ, H.; NÓBREGA, G.; FERREIRA, T.; ALMEIDA, L.; ROMERO, T.; SANTAELLA, S.; BERNARDINO, A.; OTERO, X. 2018. The Samarco mine tailing disaster: A possible time-bomb for heavy metals contamination? **Science of the Total Environment** 637 -638: 498-506.

RUDORFF, N.; RUDORFF, C.; KAMPEL, M.; ORTIZ, G. Remote sensing monitoring of the impact of a major mining wastewater disaster on the turbidity of the Doce River plume off the eastern Brazilian coast. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 2018.