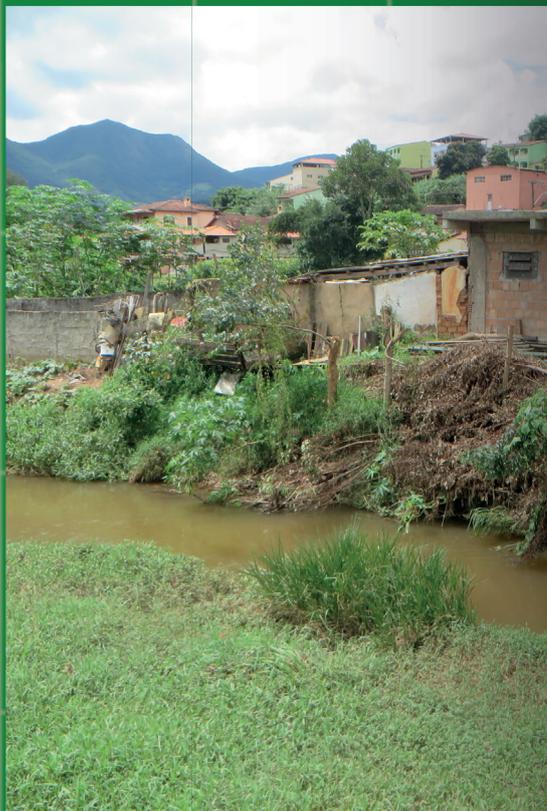




**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**



Resultados Preliminares do Atlas de Riscos Geológico e Hidrológico do Estado do Espírito Santo

**VOLUME 3: ENCHENTE, INUNDAÇÃO
E ENXURRADA**

Realização

Divisão de Geologia Aplicada - DIGEAP
Departamento de Gestão Territorial - DEGET

2021

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Angélica Barreto Ramos

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patricia Durringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Washington José Ferreira Santos

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Valter Alvarenga Barradas

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Resultados Preliminares do Atlas de Riscos Geológico e Hidrológico do Estado do Espírito Santo

Volume 3: Enchente, Inundação
e Enxurrada

AUTOR

Rafael Silva Ribeiro

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

EQUIPE TÉCNICA

Elaboração

Rafael Silva Ribeiro

Diagramação (SUREG/SP)

Marina das Graças Perin

Foto da capa: Moradia na margem direita de curso d'água no município de Alagoa (MG) em 2016.

Créditos: Rafael Silva Ribeiro/ CPRM.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br

seus@cprm.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

RIBEIRO, Rafael Silva
R484r Resultados Preliminares do Atlas de Riscos Geológico e Hidrológico do Estado do Espírito Santo. volume 3: enchente, inundação e enxurrada / Rafael Silva Ribeiro. – São Paulo : CPRM, 2021.
1 E-book : PDF
ISBN
1. Risco geológico – Espírito Santo. 2. Risco hidrológico – Espírito Santo. I. Título.
CDD 624.151098152

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Cláudia Lopes – CRB8 - SP010391/0

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

RESUMO

O volume três dos Resultados Preliminares do Atlas de Risco do Estado do Espírito Santo traz o panorama atualizado do risco a eventos de caráter hidrológico na referida unidade da federação na última década. No documento constam informações sobre três processos: enchentes, inundações e enxurradas. Para isso foram lidos, validados, organizados e incluídos dados dos mapeamentos de risco da CPRM e dos PMRRs que se iniciaram em 2011. Essas informações foram geoestatisticamente tratadas, o que possibilitou a produção das cartas. As cartas confeccionadas foram baseadas em três parâmetros: número de construções, população percentual municipal em risco e população percentual estadual em risco para cada processo nos municípios. Os resultados demonstram que a inundação é o processo que gera o maior número de construções em situação de risco hidrológico alto e muito alto no Espírito Santo. Embora não foi possível incluir neste momento os dados de Serra, o terceiro volume dos Resultados Preliminares do Atlas de Riscos Geológico e Hidrológico do Estado do Espírito Santo é uma importante ferramenta na prevenção de desastres, no planejamento territorial e na adoção de medidas mitigadoras relacionados aos eventos considerados nesta pesquisa.

Palavras-chave: Atlas. Espírito Santo. Enchente. Inundação. Enxurrada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3. RESULTADOS PRELIMINARES	20
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX a comunidade científica e grande parte dos organismos e governos mundiais têm dado especial atenção às mudanças climáticas que afetam o planeta. Conforme o Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), entre 1951 e 2010 ocorreram variações significativas de precipitação em determinadas regiões da Terra (Figura 1). Estudo do IPCC (2012) alerta que é provável que a frequência de fortes precipitações ou a proporção de chuvas fortes irá aumentar no século XXI. As simulações climáticas projetam que, neste século, é muito provável que ocorra aumento da precipitação em altas latitudes e parte dos trópicos e provavelmente uma diminuição em algumas regiões subtropicais e de baixa e média latitude (BATES *et al.*, 2008). Precipitações intensas e/ou volumosas podem provocar inundações e enxurradas e, quando combinadas com fatores físicos e antrópicos da bacia hidrográfica, podem causar impactos em diferentes escalas e proporções (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Uma das consequências do futuro cenário apontado pelo IPCC é que estes fenômenos ocorram com maior frequência, o que acarretará maior número de desastres naturais associados a processos hidrológicos.

Aliada ao panorama exposto anteriormente, a contínua migração da população rural nas últimas décadas para as cidades agravou a situação dos desastres naturais em muitos países, principalmente os subdesenvolvidos. Muitas cidades e áreas urbanas estão localizadas em planícies de inundação porque a área é fértil e plana, o que é adequado para a agricultura e o desenvolvimento urbano (TINGSANCHALI, 2012).

Price e Vojinovic (2008) afirmam que os países desenvolvidos estão muito melhor preparados para gerenciar as consequências de desastres, de tal forma que 95% das mortes provocadas por desastres naturais ocorrem em países em desenvolvimento. Os autores apontam que certos setores da sociedade são especialmente vulneráveis, especialmente os pobres, que têm que recorrer a viver em áreas com alto risco a desastres naturais, como movimentos gravitacionais de massa, enchentes, inundações e enxurradas.

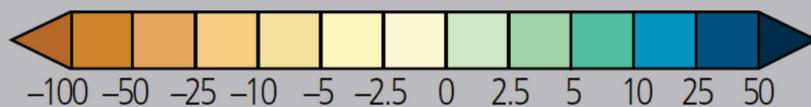
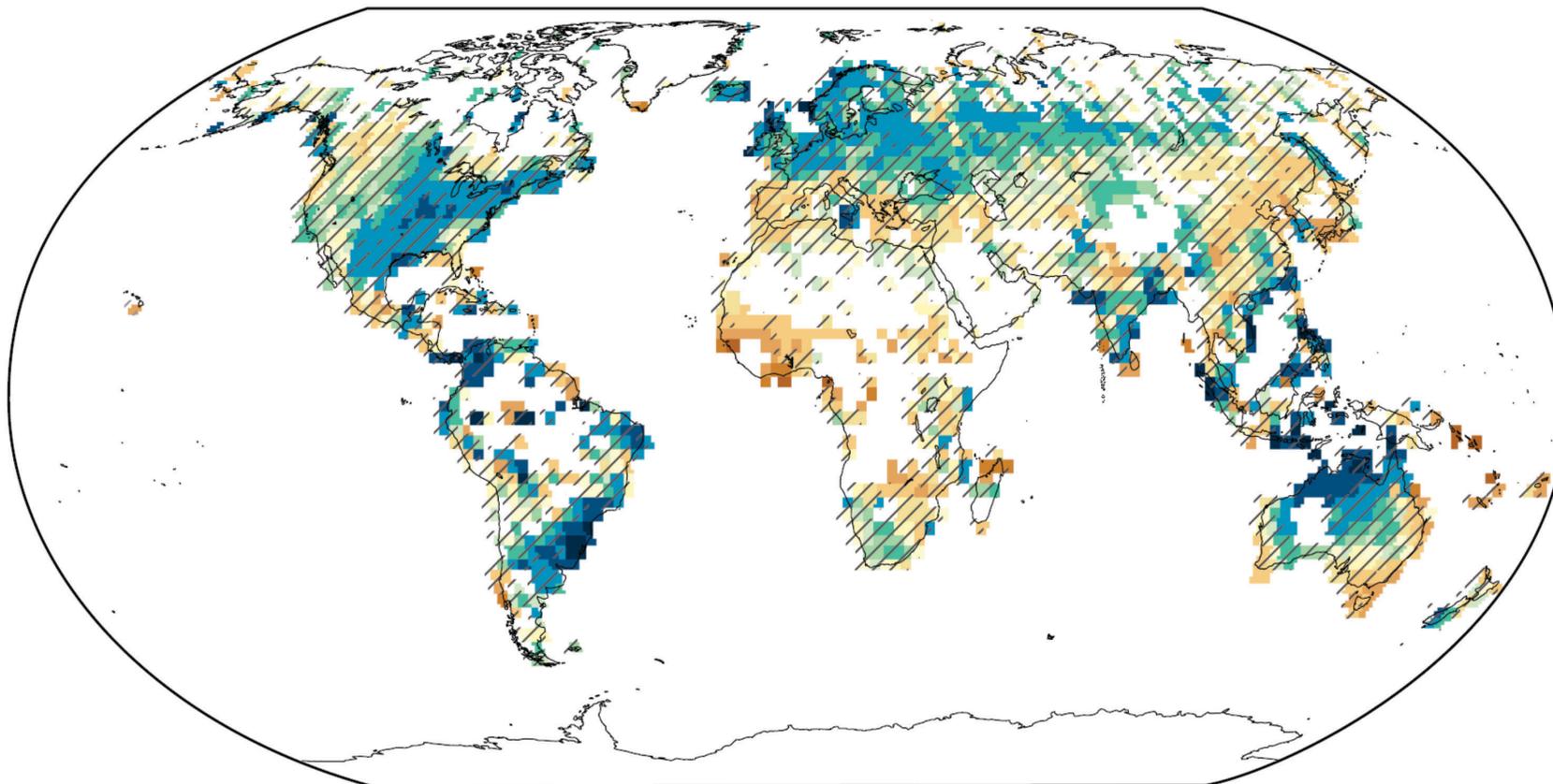
Enchentes, inundações e enxurradas causam cerca de um terço de todas as mortes, um terço de todos os feridos e um terço de todos os danos provocados por desastres naturais no planeta (ASKEW, 1997). No cenário mundial o Brasil é um dos países com maior número de desastres naturais associados a enchentes, inundações e enxurradas. Conforme o banco de dados do *Emergency Disasters Data Base – EM-DAT* (UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN, 2021), o país é juntamente com os Estados Unidos as duas nações mais afetadas por desastres oriundos de tais processos no continente americano nos últimos cinquenta anos (Figura 2).

De todos os desastres naturais as enchentes, inundações e enxurradas são os mais perigosos e causam consequências imediatas e de longo prazo (BENEPE *et al.*, 2018).

Em uma bacia hidrográfica a transformação do meio físico rural em cidade afeta diretamente a forma como as vazões dos cursos d'água se comportam. A tendência é que esta mudança faça com que, em períodos de chuva, ocorram vazões mais altas e que se constituam em um intervalo menor de tempo (Figura 3). Conforme Tucci (2008), o avanço da urbanização em determinada região geralmente provoca os seguintes impactos:

- Aumento das vazões máximas em várias vezes e da sua frequência;
- Aumento da produção de sedimentos pela falta de proteção das superfícies e pela produção de resíduos sólidos;
- A deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea; e
- Implantação de infraestrutura que agrava as inundações, tais como: pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral; deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos e projetos e obras de drenagem inadequadas.

Mudança de precipitação observada de 1951 a 2010



(mm/ano por década)

Colorido Tendência significativa

Branco Dados insuficientes

Figura 01 - Mapa de mudanças da precipitação observadas no mundo de 1951 a 2010. As áreas em branco não foram avaliadas devido à ausência de dados suficientes. Fonte: Modificado de IPCC (2014).

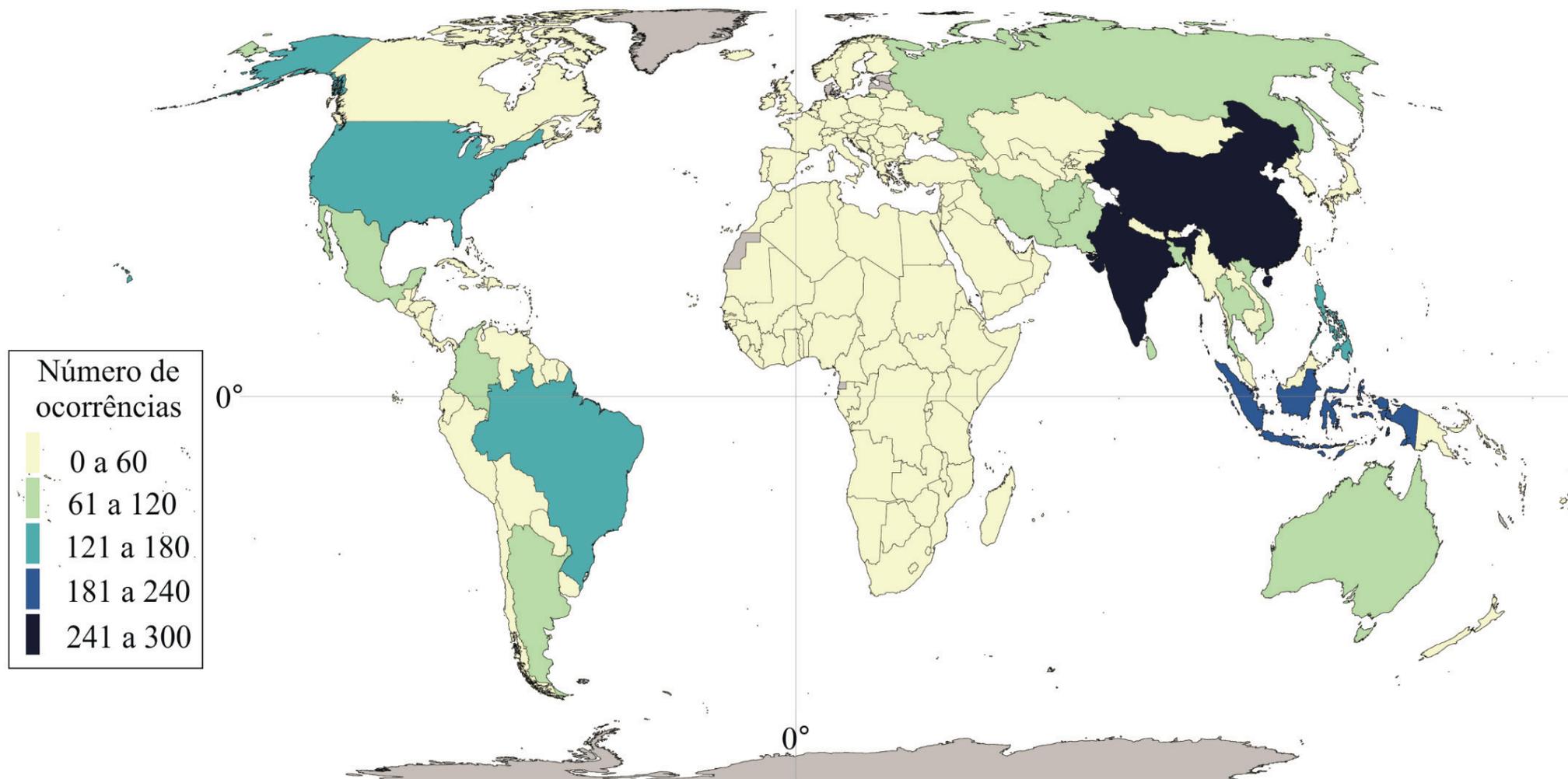


Figura 02 - Ocorrências de desastres naturais relacionados a enchentes, inundações e enxurradas no mundo de 1970 a 2020. Fonte: Modificado de EM-DAT (2021).

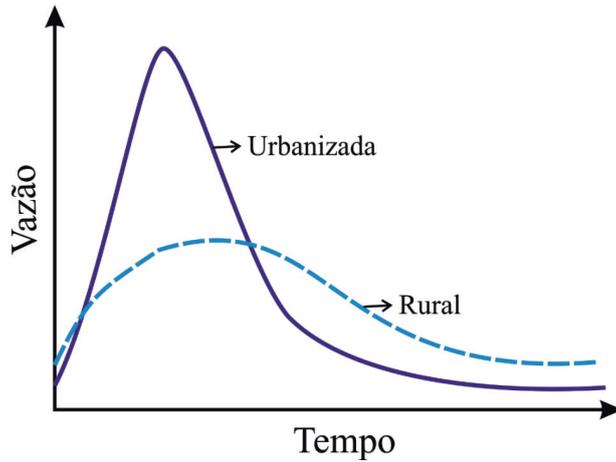


Figura 03 - Alteração de hidrograma com a transformação de bacia rural em predominantemente urbanizada. Fonte: Modificado de Tucci (2008).

O Brasil passou por um acelerado processo de urbanização a partir da década de 1960 que não foi acompanhada de planejamento adequado. A expansão urbana e as intervenções mínimas necessárias para garantir acessibilidade às novas áreas alteraram drasticamente os padrões de drenagem natural (COSTA; TEUBE, 2001). A impermeabilização gerada pela urbanização altera as condições de escoamento natural nos terrenos, diminuindo o tempo de concentração nas bacias de drenagem, aumentando progressivamente as vazões e os danos ocasionados pelas inundações (CAMPOS *et al.*, 2015). Essa realidade gerou, ao longo das décadas, aumento no número e na nas dimensões de áreas sujeitas a processos hidrológicos no país. Conforme Hora e Gomes (2009), as inundações têm causado grandes desastres à população brasileira principalmente em razão da ocupação desordenada no leito maior dos rios e impermeabilização do solo das bacias urbanas.

Apesar dos municípios brasileiros terem sido pressionados a estabelecerem um Plano Diretor Urbano, a grande maioria não contempla os aspectos de prevenção contra a ocupação dos espaços com risco à enchente (BARBOSA, 2006). A SUDERHSA (2002) afirma que poucas cidades no país se preocupam em desenvolver um planejamento efetivo do controle de enchentes. Muitas vezes há intervenções estruturais que agravam o problema e que levam a um ciclo permanente e vicioso de inundações (Figura 4).

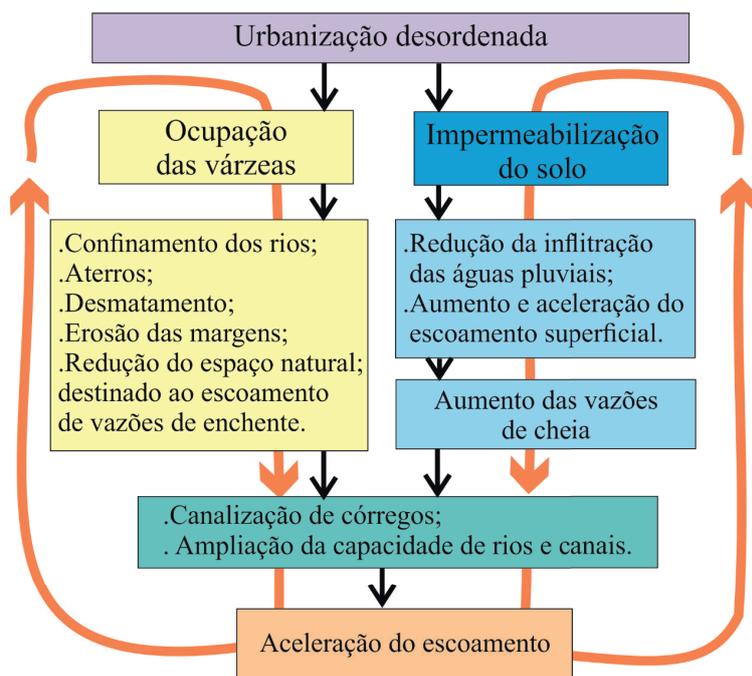


Figura 04 - Ciclo vicioso das inundações. Fonte: Modificado de SUDERHSA (2002).

As regiões do Brasil possuem seus próprios regimes pluviométricos e a concentração das chuvas em um período específico do ano. Esta configuração faz com que haja maior número de enchentes, inundações e enxurradas em determinados meses. A Agência Nacional de Águas – ANA, distingue cinco regiões do país em função dos períodos críticos a inundações no ano, cujos meses de início e término são apresentados na figura 5 (ANA, 2014).



Figura 05 - Períodos críticos para acompanhamento de inundações nas regiões brasileiras. Fonte: Modificado de ANA (2014).

No Brasil a maioria dos desastres hidrológicos estão organizados e descritos na Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE (BRASIL, 2012). Entretanto a enchente não é citada na COBRADE. Por isso, neste estudo, foi adicionado o referido processo e adotados os termos e siglas mostrados nas duas últimas colunas do quadro 1. Em amarelo estão selecionados os processos analisados neste volume.

Ainda hoje há confusão e utilização equivocada de termos referentes a diferentes processos hidrológicos: alagamento, cheia, enchente, inundações e enxurrada. Campenhout *et al.* (2015), por exemplo, afirmam que

Quadro 01 - COBRADE com os processos analisados neste volume destacados em amarelo.

COBRADE				Atlas de riscos geológico e hidrológico do ES		
Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Termo adotado	Sigla	
Geológico	Movimentos de massa	Quedas, tombamentos e rolamentos	Blocos	Queda de blocos	QB	
			Lascas			
			Matacões			
			Lajes			
	Corridas de massa	Deslizamentos	Deslizamentos de solo e/ou rocha		Deslizamento planar	DP
			Solo/Lama	Corrida de massa		CM
	Subsidências e colapsos		Subsidência e colapso		SC	
	Erosão	Erosão Costeira/Marinha		Erosão marinha		EM
		Erosão de Margem Fluvial		Erosão de margem fluvial		EF
Erosão Continental		Laminar		Erosão continental	EC	
		Ravina				
	Boçorocas					
Hidrológico	Inundações			Inundação	ID	
	Enxurradas			Enxurrada	EX	
Processos não contemplados na COBRADE				Rastejo	RT	
				Enchente	ET	
				Deslizamento rotacional	DR	

Fonte: Modificado de Brasil (2012).

a definição de enxurrada é bastante ambígua na literatura. Portanto faz-se necessária a conceituação destas nomenclaturas.

Alagamento é o “acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem” (BRASIL; IPT, 2007). A COBRADE define o processo como:

Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (BRASIL, 2012).

Portanto as definições são unânimes em afirmar que o alagamento está relacionado com sistema de drenagem urbana inadequado ou inexistente. Por isso o processo não é mapeado pela CPRM e não é tratado neste volume.

Cheia é sinônimo de enchente. De acordo com Goerl e Kobiyama (2005) estes termos têm origem no verbo encher, que por sua vez vem do latim *implere*, que significa ocupar o vazio, a capacidade ou a superfície de; tornar cheio ou repleto. A COBRADE não contempla este processo e também não foi encontrado termo específico para o processo na língua inglesa.

Maia e Pitton (2009) esclarecem que enchente é o processo de extravasamento das águas de curso d'água no seu leito menor. Brasil e IPT (2007) definem enchente como “elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga.” Há enchente quando as águas do rio se elevam

até suas margens, mas sem transbordar nas áreas adjacentes (GOERL; KOBAYAMA, 2005). As enchentes ocorrem devido a chuvas intensas que incidem sobre uma área e podem ser potencializadas nos locais onde a rede de drenagem pluvial é precária ou inexistente (FONSECA, 2017).

A COBRADE define inundação como:

Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície (Brasil, 2012).

Para Brasil e IPT (2007), inundação é:

Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio.

Inundação é referida na língua inglesa como *flood*.

Geralmente os cursos d'água têm dois leitos: o menor e o maior. Alguns pesquisadores acrescentam um terceiro: o leito de vazante, que corresponde à região sempre ocupada pelas águas de um rio, mesmo em períodos de seca e estiagem. A distinção entre enchente e inundação reside no fato de que, com a elevação do nível d'água, as águas do primeiro processo ficam restritas ao leito menor do curso d'água, enquanto no segundo há o extravasamento para as planícies de inundação que ocupam o leito maior do curso d'água. As planícies de inundação são unidades geomorfológicas formadas por deposições sedimentares desenvolvidas pela ação da água e ocorrem em áreas de gradiente topográfico baixo (BORGES; FERREIRA, 2019). Quando a inundação se estabelece, as águas do curso d'água ocupam as áreas da planície fluvial que é composta pela planície de inundação, leito maior e leito menor do rio (KOENE, 2013). Em grandes bacias hidrográficas, a inundação é caracterizada pela subida lenta e progressiva das águas com extravasamento do canal principal (KUREK, 2012).

Segundo Brasil e IPT (2007) enxurrada é o “escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte.” A COBRADE define enxurrada como:

Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco de calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo (Brasil, 2012).

Na língua inglesa o processo é denominado *flash flood*.

A principal distinção entre enxurradas e os outros processos hidrológicos está na velocidade do fluxo, que é maior nas enxurradas. De acordo com Oliveira (2010) as enxurradas diferenciam-se das inundações pela força da correnteza das águas, capaz de transportar grande quantidade de sedimentos, fragmentos vegetais e equipamentos de uso antrópico.

As enxurradas estão relacionadas a chuvas curtas, com alta taxa de intensidade e excedem as taxas de escoamento registrados nas bacias hidrográficas quando comparadas com outros processos hidrológicos (BORGES *et al.*, 2010). Conforme Reis *et al.* (2012), as enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam de forma rápida e intensa.

As figuras 6, 7, 8 e 9 ilustram os processos tratados neste documento. A primeira representa uma área parcialmente ocupada às margens do rio. A segunda e a terceira mostram, respectivamente, enchente e inundação. A última concebe o processo de enxurrada atuando nesta região.

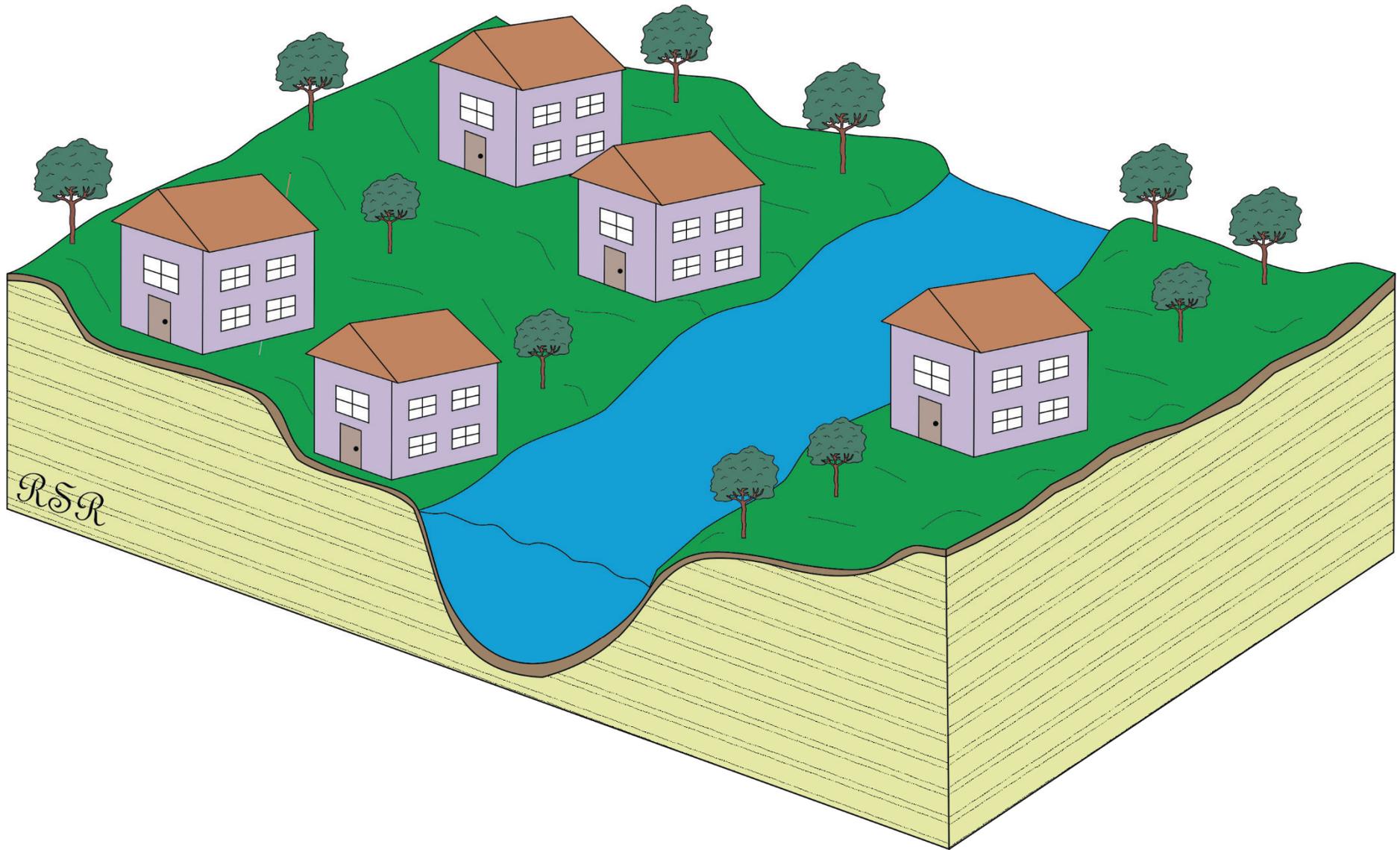


Figura 06 - Área parcialmente ocupada próxima à curso d'água. Fonte: Elaborada pelo autor.

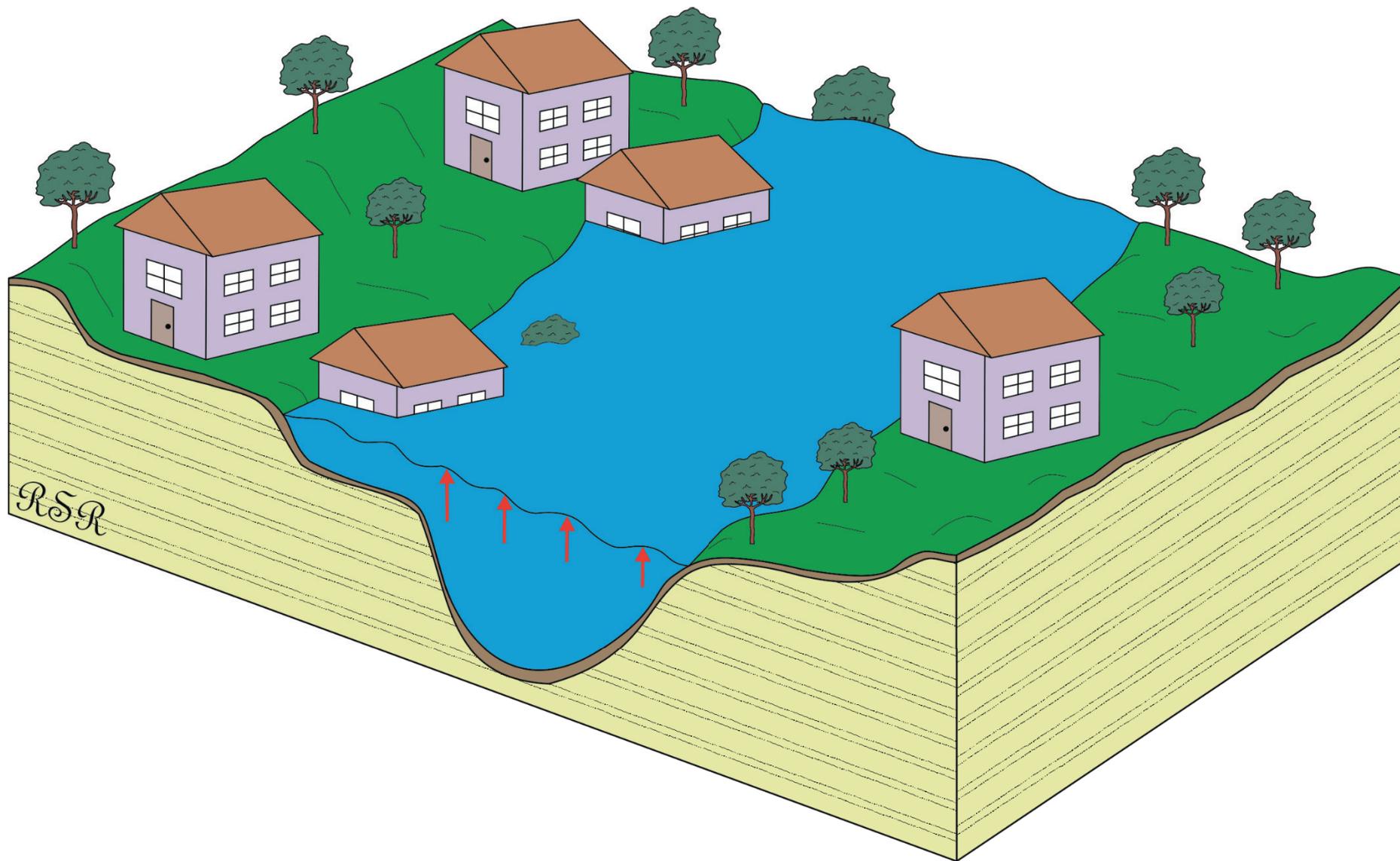


Figura 07 - Representação esquemática de enchente. Fonte: Elaborada pelo autor.

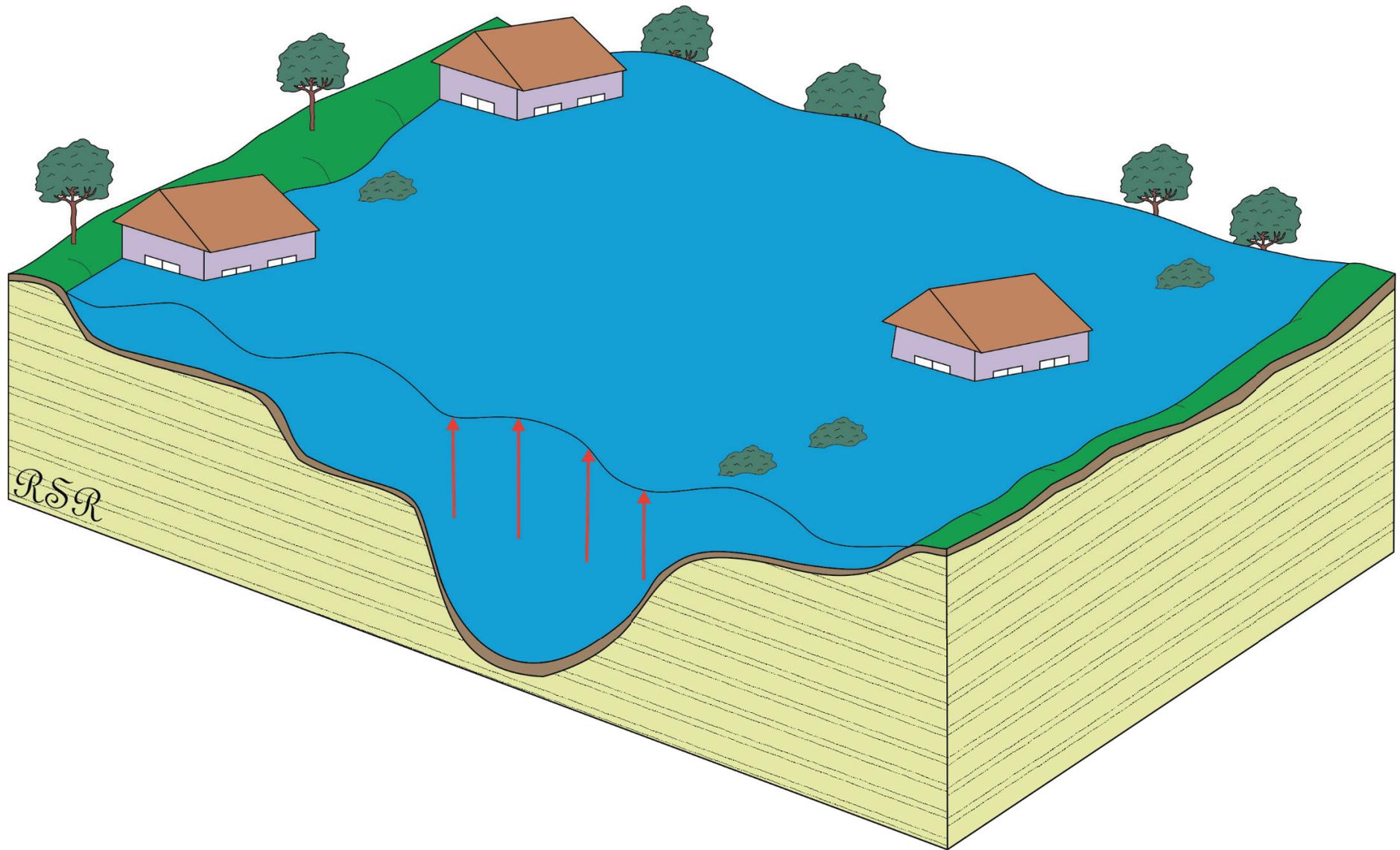


Figura 08 - Representação esquemática de inundação. Fonte: Elaborada pelo autor.

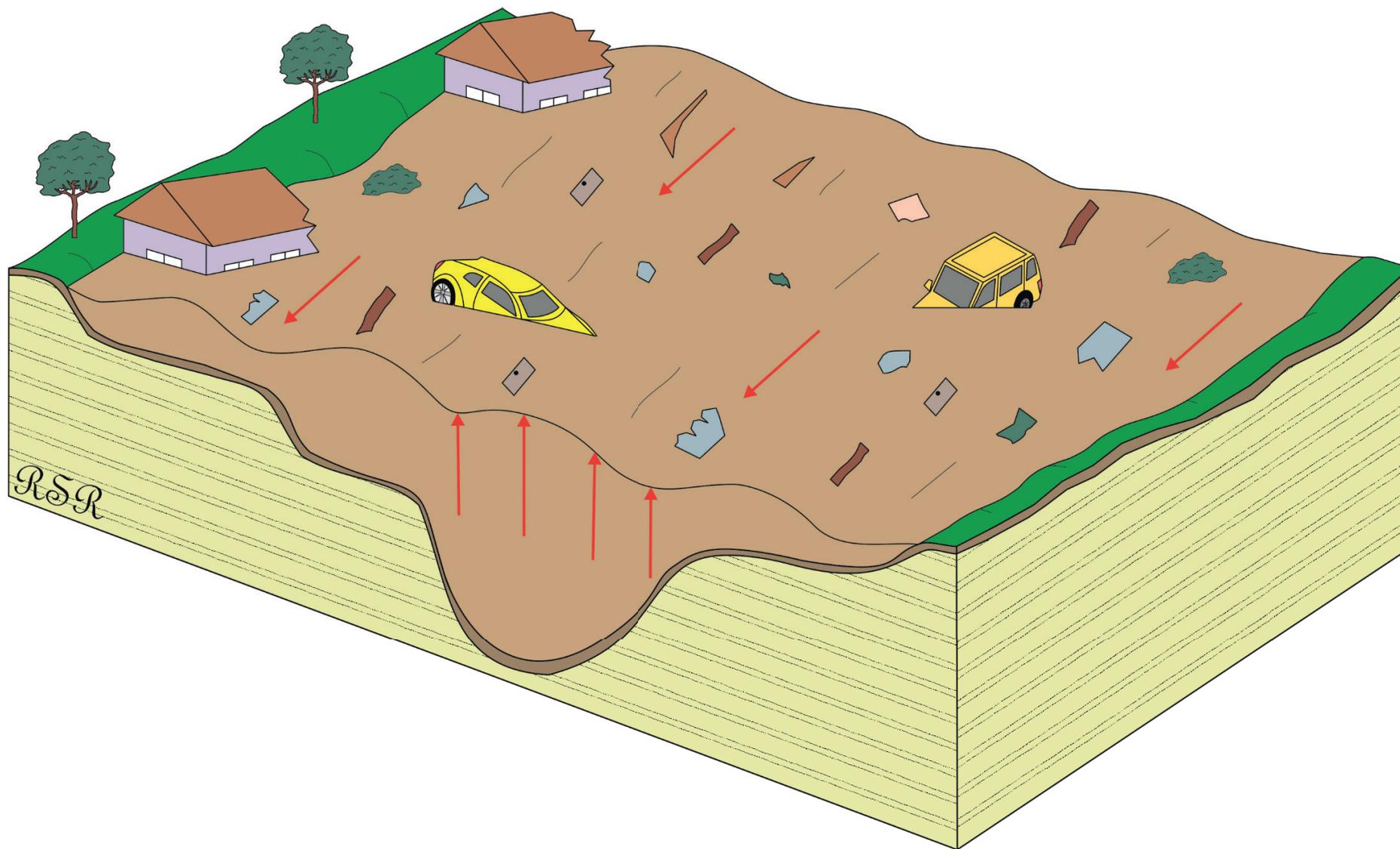


Figura 09 - Representação esquemática de enxurrada. Fonte: Elaborada pelo autor.

Na literatura científica internacional foram encontrados os termos informados no quadro 2 para os processos hidrológicos. Alagamento, enxurrada e diferentes tipos de inundação são descritos nos estudos de McCluskey (2001) e ALNAP (2008).

Quadro 02 - Tipos de processos hidrológicos.

Tipo	Duração	Características e/ou impactos
Inundação regular e previsível	Até 3 meses	Grande área afetada (planície de inundação). Dependendo dos níveis de proteção, os danos provocados e o deslocamento da população são frequentemente baixos.
Maior que a inundação regular	Até 6 meses	Área afetada maior que aquela registrada na inundação regular (planície de inundação). Maior potencial para danificar a infraestrutura, deslocar grande parte da população e impactar os meios de subsistência.
Enxurrada	Poucos dias a semanas	Tende a afetar pequena área no entorno do curso d'água. Avanço rápido de fluxo com pouco ou nenhum aviso. Inundação de alta velocidade que pode destruir a infraestrutura. O deslocamento da população é geralmente localizado.
Alagamento	Poucos dias a semanas	Pode ter início rápido provocado por enxurradas em cursos d'água de cidades e/ou da deficiência ou bloqueio dos sistemas de drenagens urbanas. Há potencial para provocar danos à infraestrutura, o que afeta grande área de serviços. O deslocamento da população é geralmente localizado.
Inundação costeira	Poucos dias	Geralmente provocado pela ação dos ventos de tempestades. A extensão dos danos e deslocamentos dependem do tamanho da tempestade.
Subida lenta e contínua do nível d'água originada por chuva constante	De 3 a 6 meses	Bloqueio de acesso (s). Dependendo da época em que ocorre, os danos às plantações podem ser significativos. O deslocamento da população é limitado e pode alterar sua segurança alimentar.

Fonte: Adaptado de McCluskey (2001) e ALNAP (2008).

Segundo Amaral e Ribeiro (2009), a probabilidade e a ocorrência de inundação, enchente e de alagamento dependem da combinação de condicionantes naturais e antrópicos, destacando-se aqueles citados no quadro 3.

Quadro 03 - Condicionantes naturais e antrópicos que afetam a probabilidade e a ocorrência de processos hidrológicos.

Condicionantes Naturais	Condicionantes Antrópicos
Formas do relevo	Uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água
Características da rede de drenagem da bacia hidrográfica	Disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água
Intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas	Alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outras)
Características do solo e o teor de umidade	Intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d'água
Presença ou ausência da cobertura vegetal	

Fonte: Modificado de Amaral e Ribeiro (2009).

A UNDRR (2004) define risco como:

A probabilidade de consequências prejudiciais, ou perdas esperadas (mortes, feridos, propriedades, meios de subsistência, atividade econômica interrompida ou ambiente danificado) resultante das interações entre perigos naturais ou induzidos pelo homem e condições vulneráveis. Convencionalmente, o risco é expresso pela notação Risco = Perigo x Vulnerabilidade. Alguns também incluem o conceito de exposição para se referir particularmente aos aspectos físicos da vulnerabilidade.

O IPCC (2014) afirma que o risco de impactos relacionados ao clima resulta da interação de perigos devido ao clima com a vulnerabilidade e exposição dos sistemas humanos e naturais. A figura 10 mostra resumidamente como as alterações climáticas em andamento no planeta afetam diretamente o risco a desastres naturais. Mudanças tanto no sistema climático quanto nos processos socioeconômicos, incluindo adaptação e mitigação são motivadores de perigos, exposição e vulnerabilidade (IPCC, 2014).

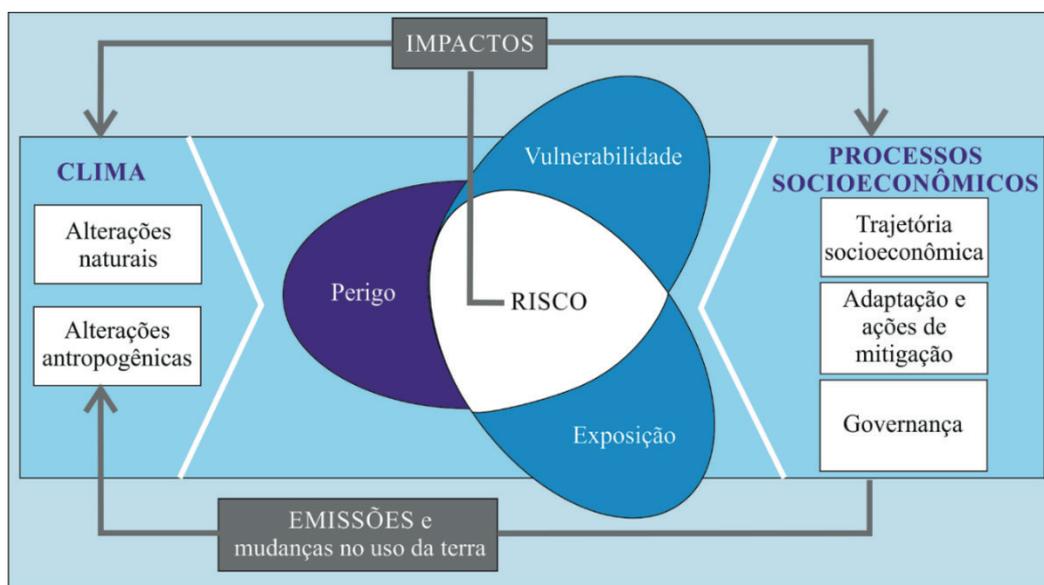


Figura 10 - Impacto das mudanças climáticas no gerenciamento do risco. Fonte: Adaptado de IPCC (2014).

O perigo é “um evento físico, fenômeno ou atividade humana potencialmente prejudicial que pode causar a perda de vidas ou feridos, danos materiais ou sociais, perturbação econômica ou degradação ambiental.” (UNDRR, 2004).

Conforme Tingsanchali (2012), o perigo à enchentes e inundações depende da magnitude do evento, que está relacionada com a profundidade, velocidade e duração do processo hidrológico. O autor destaca que quando o evento atinge construções, infraestrutura e indivíduos que residem no local afetado, suas vulnerabilidades influenciam decisivamente nos danos.

Penning-Rowse *et al.* (1992 *apud* GREEN; PARKER; TUNSTALL, 2000) estabeleceram três faixas relacionadas a profundidade e velocidade em função do comportamento de edificações de alvenaria frente a processo hidrológico (Quadro 4). Em seu estudo, Cançado *et al.* (2008) definiram três faixas de perigo de acordo com profundidade e velocidade do evento hidrológico que afeta determinada região (Quadro 5). Já Price e Vojinovic (2008), baseados em valores de velocidade e profundidade de inundações, classificaram o perigo referente ao evento em cinco níveis: baixo, médio, alto, muito alto e extremo (Figura 11).

Quadro 04 - Velocidades e profundidades de inundações que afetam edifícios de alvenaria.

Velocidade	Profundidade x velocidade	Resultado
< 2 m/s	< 3 m ² /s	Danos sem afetar a estrutura da edificação
> 2m/s	> 3m ² /s e < 7m ² /s	Falha parcial
> 2m/s	> 7m ² /s	Colapso estrutural

Fonte: Adaptado de Penning-Rowse *et al.* (1992 *apud* GREEN; PARKER; TUNSTALL, 2000).

Quadro 05 - Definição do perigo em função de velocidade e profundidade do evento hidrológico.

Perigo	Profundidade (P) e velocidade (V)
Baixo	$0,1 \text{ m} < P < 0,5 \text{ m}$ e $0,1 \text{ m/s} < V < 0,5 \text{ m/s}$
Médio	$0,5 \text{ m} < P < 1,5 \text{ m}$ ou $0,5 \text{ m/s} < V < 1,5 \text{ m/s}$
Alto	$P > 1,5 \text{ m}$ ou $V > 1,5 \text{ m/s}$

Fonte: Adaptado de Cançado *et al.* (2008)..

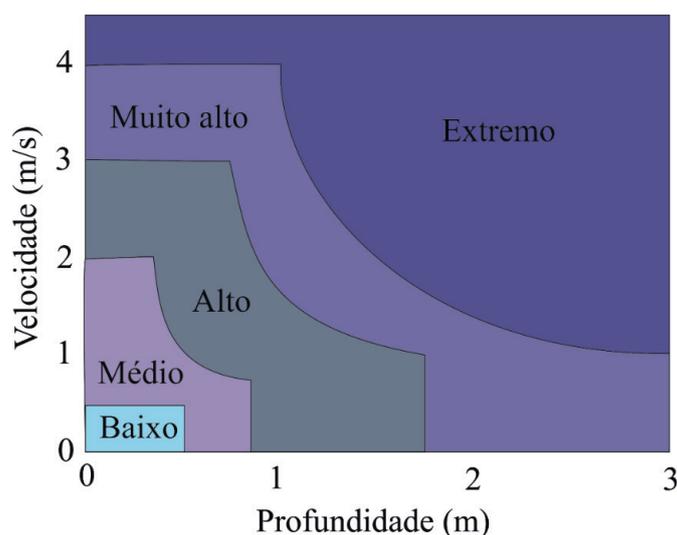


Figura 11 - Classificação do perigo a processos hidrológicos com base nas velocidade e profundidade do evento. Fonte: Modificado de Price e Vojinovic (2008).

A vulnerabilidade refere-se às “condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de perigos.” (UNDRR, 2004). No tocante à vulnerabilidade, a ANA estudou e classificou 13.948 trechos de 2.780 cursos d’água sujeitos à inundação no Brasil. O trecho é o segmento entre uma foz e sua confluência, ou o segmento entre confluências, ou segmento entre uma confluência e nascente (ANA, 2014). Os trechos foram classificados em três categorias de vulnerabilidade conforme as descrições mostradas no quadro 6.

Quadro 06 - Classificação de vulnerabilidade de trechos de cursos d’água.

Vulnerabilidade	Recorrência	Impacto
Baixa	Há mais de dez anos não são observados eventos de inundação.	Danos localizados.
Média	Eventos de inundações graduais observados no intervalo de cinco a dez anos.	Danos razoáveis a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e residências.
Alta	Eventos de inundações graduais observados em um período inferior a cinco anos.	Alto risco de dano à vida humana e danos significativos a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e residenciais.

Fonte: Modificado de ANA (2004).

Os resultados apontam que no território brasileiro 30% dos trechos de cursos d’água possuem alta vulnerabilidade à inundação, 43% média e 27% baixa. De acordo com a ANA (2014) proporcionalmente as Regiões Centro-Oeste e Sul possuem mais trechos de alta vulnerabilidade à inundação – 43%. Contudo nas Regiões Sul e Sudeste estão os maiores números de trechos de alta vulnerabilidade à inundação (Figura 12).

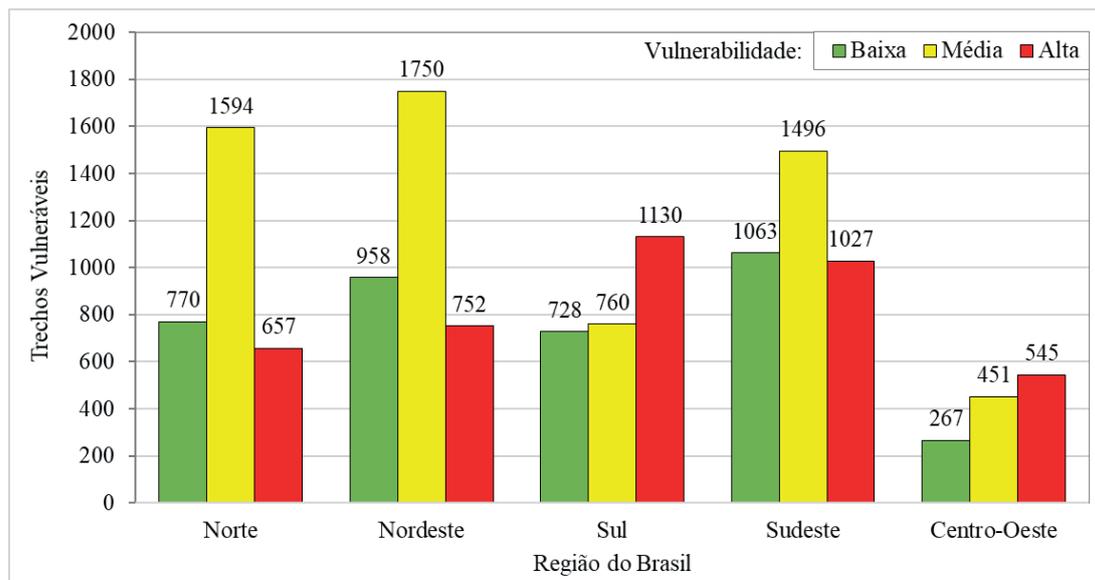


Figura 12 - Quantidade de trechos vulneráveis a inundações nas regiões brasileiras. Fonte: Modificado de ANA (2004).

Os danos provocados por processos hidrológicos têm diferentes naturezas e podem afetar um ou mais setores das cidades (Quadro 7). Machado *et al.* (2005) assumem que os danos causados por inundações podem ser classificados em um primeiro nível como tangíveis e intangíveis e em um segundo nível como diretos e indiretos. Danos tangíveis são aqueles em que há possibilidade de mensuração monetária. Nos danos intangíveis não há esta possibilidade, como o estresse provocado em uma pessoa pelo evento. Os danos diretos são originados pela exposição e contato direto do indivíduo ou bem com o fluido da inundação. Caso não seja direto o dano é classificado como indireto.

Quadro 07 - Danos decorrentes de inundações em áreas urbanas.

Setor	Danos Tangíveis		Danos Intangíveis	
	Diretos	Indiretos	Diretos	Indiretos
Habitacional	Danos físicos à construção, estrutura e seu conteúdo.	Custos de limpeza, alojamento e medicamentos.	Perdas de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade. Danos de longo prazo à saúde.
Comércio e serviços	Danos físicos à construção, estrutura e a seu conteúdo. Perdas ou danos a estoques.	Custos de limpeza. Lucros cessantes. Desemprego. Perda de bases de dados.	Perdas de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse, ansiedade e falta de motivação. Danos de longo prazo à saúde.
Industrial	Danos físicos à construção, estrutura e a seu conteúdo. Perdas ou danos a estoques de matéria-prima e produtos acabados.	Custos de limpeza. Lucros cessantes. Desemprego. Perda de bases de dados.	Perdas de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse, ansiedade e falta de motivação. Danos de longo prazo à saúde.
Equipamentos públicos e serviços	Danos físicos à construção, estrutura e a seu conteúdo.	Custos de limpeza e de interrupção de serviços. Custos dos serviços de emergência.	Perdas de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse, ansiedade e falta de motivação. Danos de longo prazo à saúde. Inconvenientes de interrupção de serviços.
Infraestrutura	Danos físicos ao patrimônio.	Custos de limpeza e de interrupção de serviços.	Perdas de vidas humanas.	Inconvenientes de interrupção de serviços.
Patrimônio histórico e cultural	Danos físicos ao patrimônio.	Custos de limpeza e de interrupção de serviços.	Perdas de vidas humanas.	Inconvenientes de interrupção de serviços.

Fonte: Adaptado de Hubert e Ledoux (1999); Dutta et al. (2003); Penning-Roswell e Chatterton (1977); apud Machado et al. (2005).

A setorização de risco a processos hidrológicos da CPRM consiste no levantamento das construções que foram ou podem ser atingidas e afetadas por enchentes, inundações ou enxurradas. Estas são agrupadas em setores qualificados em quatro graus de risco: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto (Quadro 8). No mapeamento são considerados apenas os setores de risco alto (R3) e muito alto (R4). É então feita estimativa do número de moradores nos setores demarcados.

Quadro 08 - Graus de risco para enchente e inundação.

Grau de risco	Descrição
R1 Baixo	<ul style="list-style-type: none"> Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com baixo potencial de causar danos; Baixa frequência de ocorrência (sem registros de ocorrências nos últimos cinco anos).
R2 Médio	<ul style="list-style-type: none"> Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos; Média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência nos últimos cinco anos).
R3 Alto	<ul style="list-style-type: none"> Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos; Média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência nos últimos cinco anos) e envolvendo construção (ões) de alta vulnerabilidade.
R4 Muito Alto	<ul style="list-style-type: none"> Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos; Alta frequência de ocorrência (pelo menos três eventos em cinco anos) e envolvendo construção (ões) de alta vulnerabilidade.

Fonte: Modificado de Brasil e IPT (2004).

O Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) é um documento detalhado que, entre outras informações, define e qualifica áreas de risco e norteia as intervenções estruturais e não-estruturais mais adequadas de serem implementadas para a eliminação ou redução do risco. A qualificação das áreas de risco segue a classificação apresentadas no quadro 8 e, assim como nos setores de risco produzidos pela CPRM, há descrição, registros fotográficos e indicação do limite do polígono.

Este volume do Atlas de Riscos Geológico e Hidrológico do Estado do Espírito Santo tem por objetivo apresentar resultados dos municípios capixabas em relação aos riscos alto e muito alto oriundos de enchentes, inundações se enxurradas no período de 2011 a 2020. Foram concluídos os estudos em 77 municípios capixabas. O PMRR de Serra será lido e os dados verificados e adicionados posteriormente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas metodológicas deste volume do atlas seguem o fluxograma da figura 13.

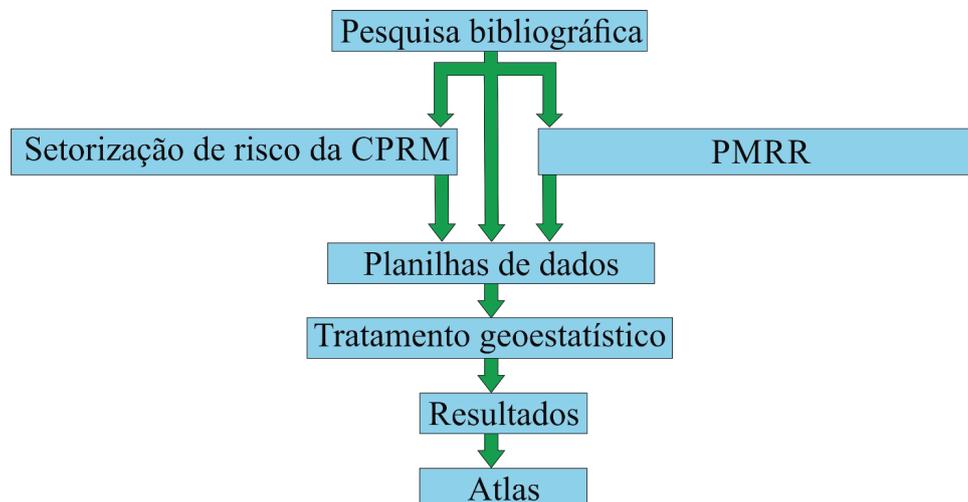


Figura 13 - Fluxograma com as etapas metodológicas do atlas. Fonte: Elaborada pelo autor.

Inicialmente foi feita pesquisa bibliográfica sobre os processos abordados em teses, periódicos, livros e outras publicações que pudessem subsidiar a elaboração do relatório.

Com exceção do município de Serra, foram inseridas e organizadas as informações dos Planos Municipais de Redução de Riscos dos municípios mais populosos e das setorizações de risco do Serviço Geológico do Brasil realizadas entre 2011 e 2020. Em casos específicos foram consultados os PMRRs de municípios cujos mapeamentos são mais recentes que as setorizações da CPRM. Nestes documentos foram analisados, setor por setor, os polígonos de risco, descrições, graus de risco, fotografias, logradouros, números de construções e população em risco.

Com as fotografias dos documentos, os polígonos que delimitam os setores de risco e o *Google StreetView* foi possível a validação das informações. Rodovias, ruas, avenidas, becos e travessas foram virtualmente acedadas no *Google StreetView*. Foram minuciosamente conferidos o número de construções, o grau de risco das construções e a estimativa da população residente em cada setor. Durante este processo algumas modificações foram consumadas e os dados inseridos na planilha Dados de Risco, cujas colunas são apresentadas no quadro 9.

Quadro 09 - Colunas da planilha Dados de Risco.

Título	Descrição
Município	Nome do município.
Ano	Ano do mapeamento de risco.
Setor	Número do setor de risco.
Processos	Indicação de um ou mais processos que ocorreram ou podem ocorrer no setor.
Grau	Grau de risco: Alto ou Muito alto.
Construções	Número de construções em risco no setor.
População	Estimativa da população em risco no setor.
OBS	Observações sobre o mapeamento de risco: se é PMRR, se houve alterações, em que coluna ocorreram e o motivo das alterações.

Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante ressaltar que a avaliação da situação em campo é indispensável. É neste momento que o pesquisador identifica feições, estabelece o grau de risco, avalia a vulnerabilidade das construções, dialoga com moradores e a Defesa Civil, determina características geológicas-geotécnicas do terreno e decide com precisão os limites dos setores de risco.

Os dados foram tratados na planilha Geoestatística. Neste volume foram analisadas as informações contidas nas colunas da referida planilha apresentadas no quadro 10.

Quadro 10 - Colunas da planilha Geoestatística analisadas neste volume.

Título	Descrição
Município	Nome do município.
N	Número do município conforme a sua posição em ordem alfabética.
Popu_2010	Número de habitantes no município de acordo com o Censo Demográfico de 2010.
ET_Cons	Construções em risco alto e muito alto do município para enchente.
ET_Popu	População municipal em risco alto e muito alto para enchente..
ET_Pct_ES	Porcentagem da população estadual que se encontra em risco alto e muito no município para enchente.
ET_Pct_Mn	Porcentagem da população municipal que se encontra em risco alto e muito no município para enchente.
ID_Cons	Construções em risco alto e muito alto do município para inundação.
ID_Popu	População municipal em risco alto e muito alto para inundação.
ID_Pct_ES	Porcentagem da população estadual que se encontra em risco alto e muito no município para inundação.
ID_Pct_Mn	Porcentagem da população municipal que se encontra em risco alto e muito no município para inundação.
EX_Cons	Construções em risco alto e muito alto do município para enxurrada.
EX_Popu	População municipal em risco alto e muito alto para enxurrada.
EX_Pct_ES	Porcentagem da população estadual que se encontra em risco alto e muito no município para enxurrada.
EX_Pct_Mn	Porcentagem da população municipal que se encontra em risco alto e muito no município para enxurrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O percentual da população estadual em risco alto e muito alto para cada município foi determinado com a aplicação da equação 1. O percentual da população municipal em risco alto e muito alto para cada processo foi calculado com base no último Censo Demográfico do Brasil, concluído em 2010 (IBGE, 2010) (Equação 2).

$$PP_L^{UF} = \left(\frac{Popu_L^{R3 e R4}}{\sum Popu_L^{R3 e R4}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

- PP_L^{UF} é o percentual da população da unidade da federação UF em risco alto e muito alto no município para o processo L ;
- $Popu_L^{R3 e R4}$ é a população do município em risco alto ($R3$) e muito alto ($R4$) devido ao processo L ; e
- $\sum Popu_L^{R3 e R4}$ é a população da unidade da federação em risco alto ($R3$) e muito alto ($R4$) para o processo L .

$$PP_L^{Mn} = \left(\frac{Popu_L^{R3 e R4}}{Popu_{2010}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

- PP_L^{Mn} é o percentual da população municipal em risco alto e muito alto no município Mn para o processo L ;
- $Popu_L^{R3 e R4}$ é a população do município em risco alto ($R3$) e muito alto ($R4$) devido ao processo L ; e
- $Popu_{2010}$ é a população do município no Censo Demográfico de 2010.

Os resultados obtidos na planilha Geoestatística foram inseridos no QGis 3.16® em coordenadas geográficas e tendo como sistema de referência geodésico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 – SIRGAS 2000. As cartas montadas no programa contêm os limites municipais do estado e os municípios são preenchidos por cores próprias estabelecidas de acordo com as classes dos valores do parâmetro estudado. Para a definição da quantidade de classes foi aplicada a Regra de Sturges:

$$k = 1 + 3,3 \cdot \log(n) \quad (3)$$

Onde: k é a quantidade de classes; e
 n é o número de dados.

Como o número de dados nas cartas é igual a 78, $k=7,2$. Logo são sete classes para a representação nas legendas das cartas. Entretanto os municípios com valor nulo para o parâmetro estudado e Serra, que nesta pesquisa não foi analisado, são indicados em classe própria e na cor branca. Dessa forma adotou-se oito classes para as cartas.

Após a conclusão das cartas, estas foram exportadas para comporem este relatório técnico-científico.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Dos três processos hidrológicos analisados, as inundações são dominantes no estado do Espírito Santo. De cada quatro construções capixabas com risco hidrológico alto e muito alto, três estão em áreas sujeitas a inundações (Figura 14).

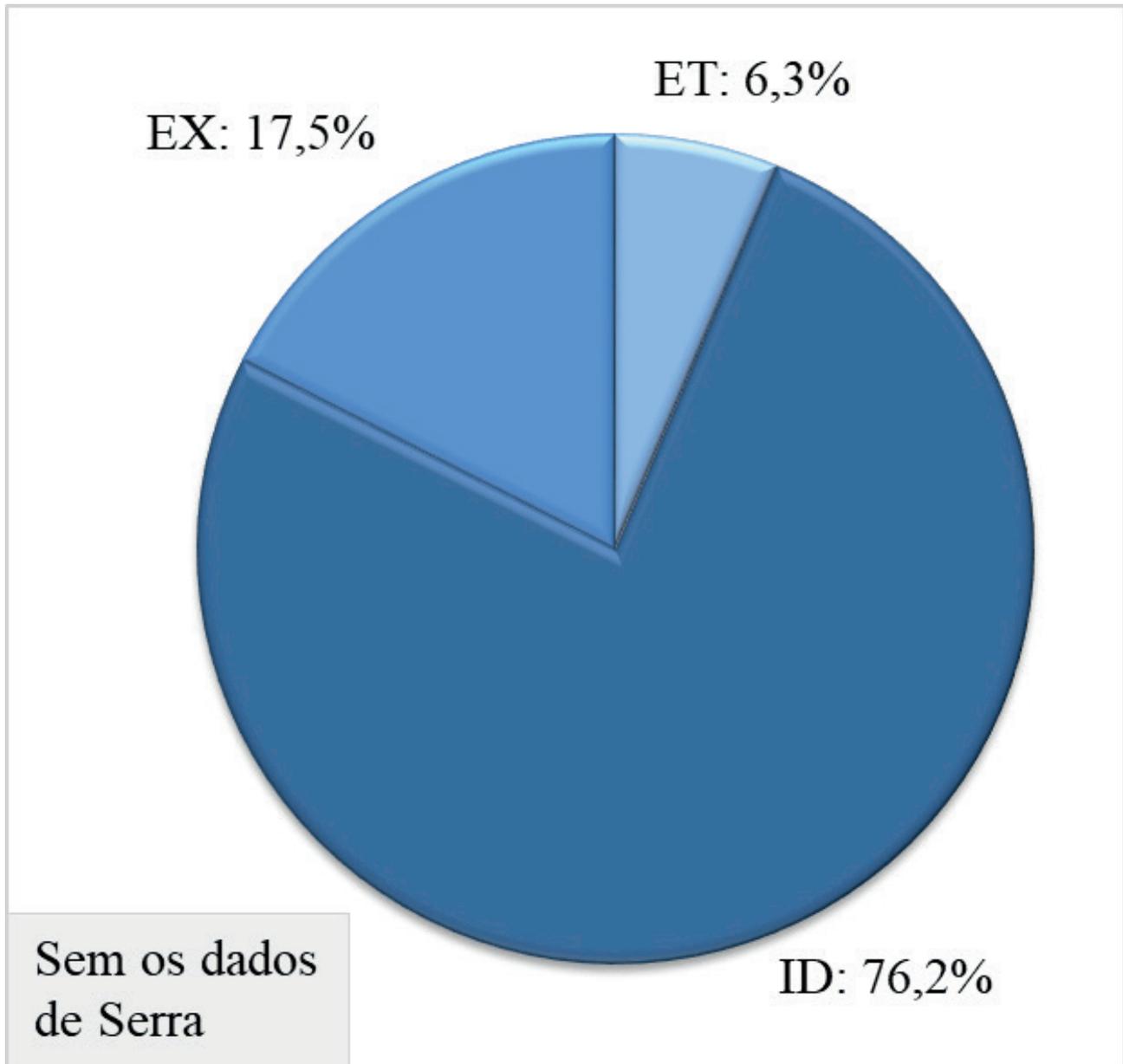


Figura 14 - Percentual de construções em risco alto ou muito alto a enchente (ET), inundação (ID) e enxurrada (EX) em relação ao total sujeito a processos hidrológicos no Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

A enchente está presente em 1,7% dos setores de risco geológico e hidrológico do Espírito Santo. No estado há 1.390 construções que foram ou podem ser afetadas pela ocorrência do fenômeno distribuídas em nove municípios: Cachoeiro de Itapemirim, Cariacica, Nova Venécia, São Domingos do Norte, Dolores do Rio Preto, Santa Leopoldina, São Mateus, Domingos Martins e Fundão (Figura 15).

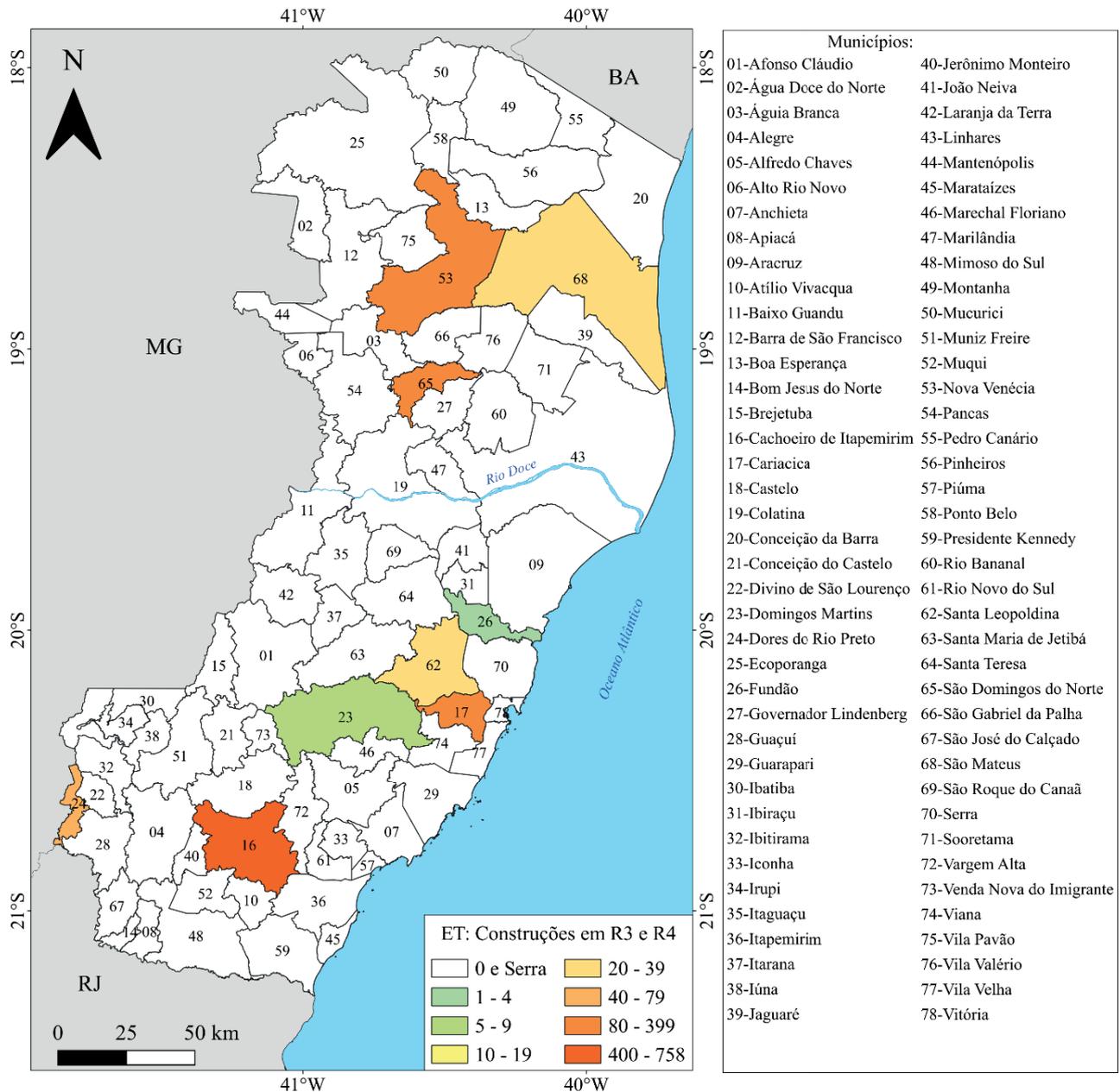


Figura 15 - Número de construções em risco alto (R3) e muito alto (R4) para enchente (ET) nos municípios do Estado do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

Cerca de metade da população capixaba em risco devido a enchentes reside no município de Cachoeiro de Itapemirim. Em Cariacica e Nova Venécia também há considerável percentual de habitantes em risco alto e muito alto sujeitos ao fenômeno hidrológico (Figura 16).

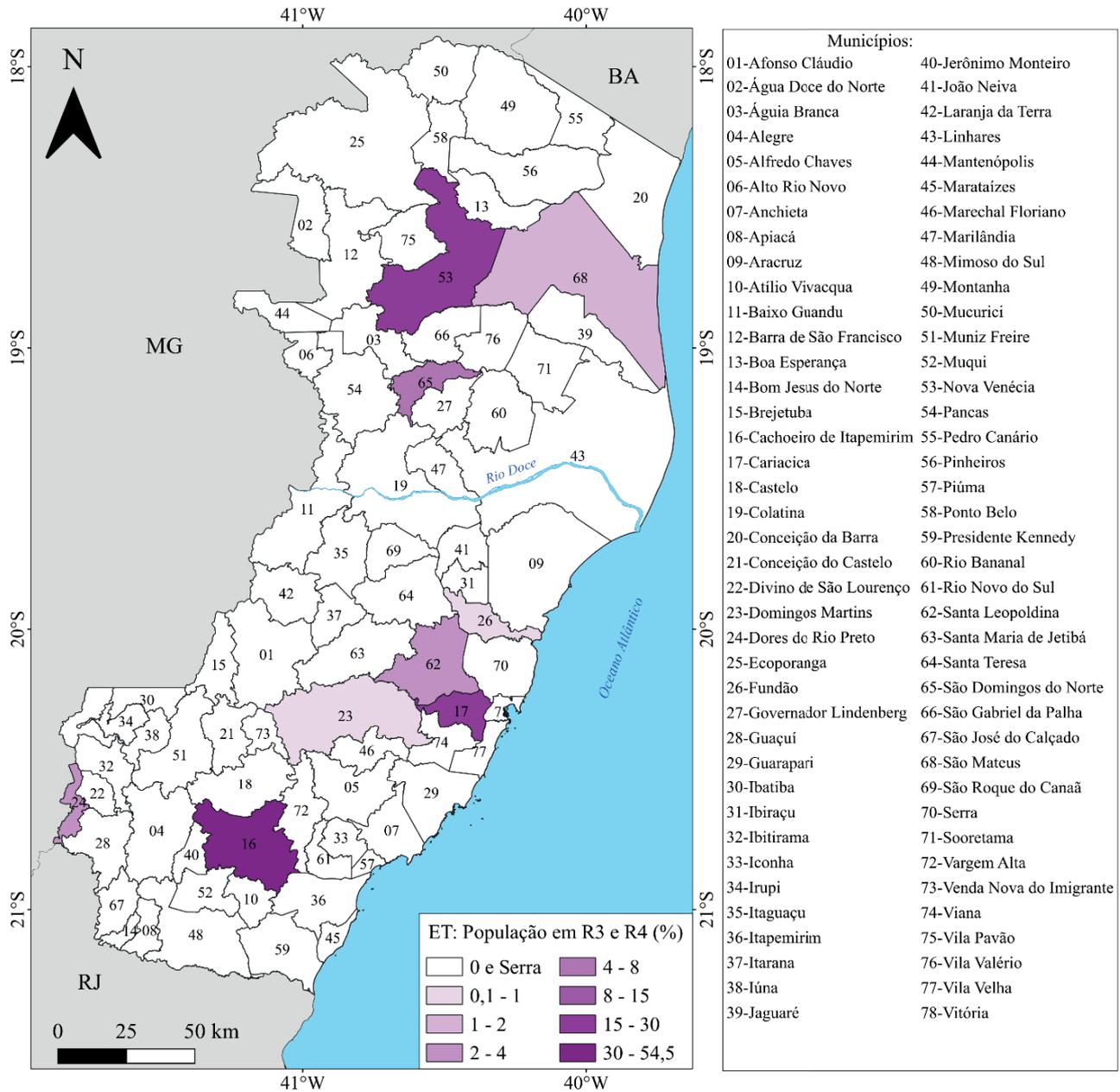


Figura 16 - Percentual da população estadual que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para enchente (ET) nos municípios do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

Aproximadamente 88 % dos municípios capixabas não possuem construções em risco alto e muito alto por enchentes. O percentual da população municipal em risco originado pelo processo é pequeno, destacando-se os municípios de São Domingos do Norte e Dolores do Rio Preto (Figura 17).

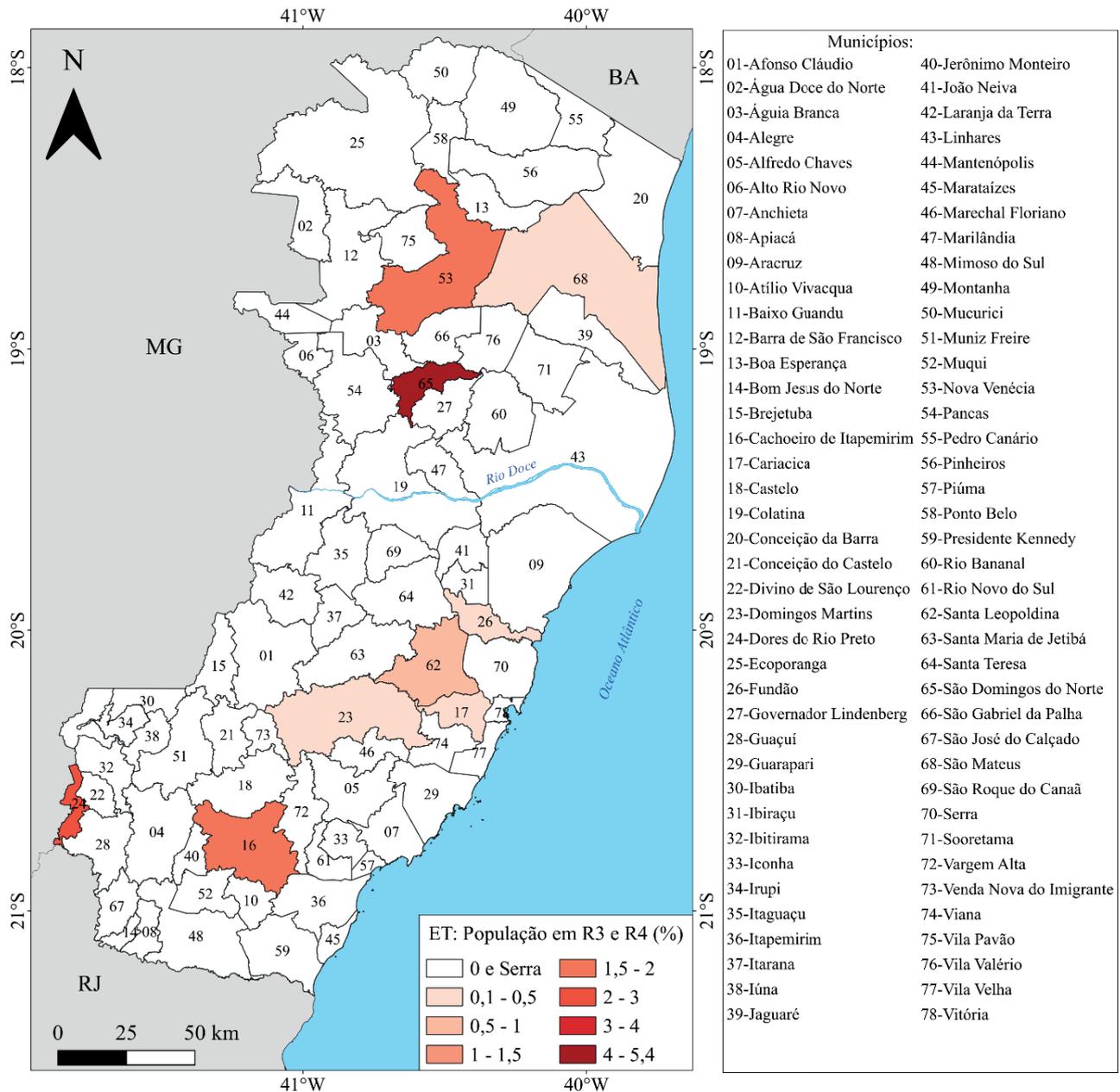


Figura 17 - Percentual da população municipal que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para enchente (ET) nos municípios do Estado do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

A inundação   o processo mais atuante no panorama do risco hidrológico do estado do Espírito Santo: cerca de 20% dos setores de risco alto e muito alto estão sujeitos ao processo. No estado há 16.790 constru es que foram ou podem ser afetadas por inunda es. No estado destacam-se os municípios de Colatina, Castelo e Cachoeiro de Itapemirim com mais de mil constru es em situa o de risco provocada por este fen meno (Figura 18).

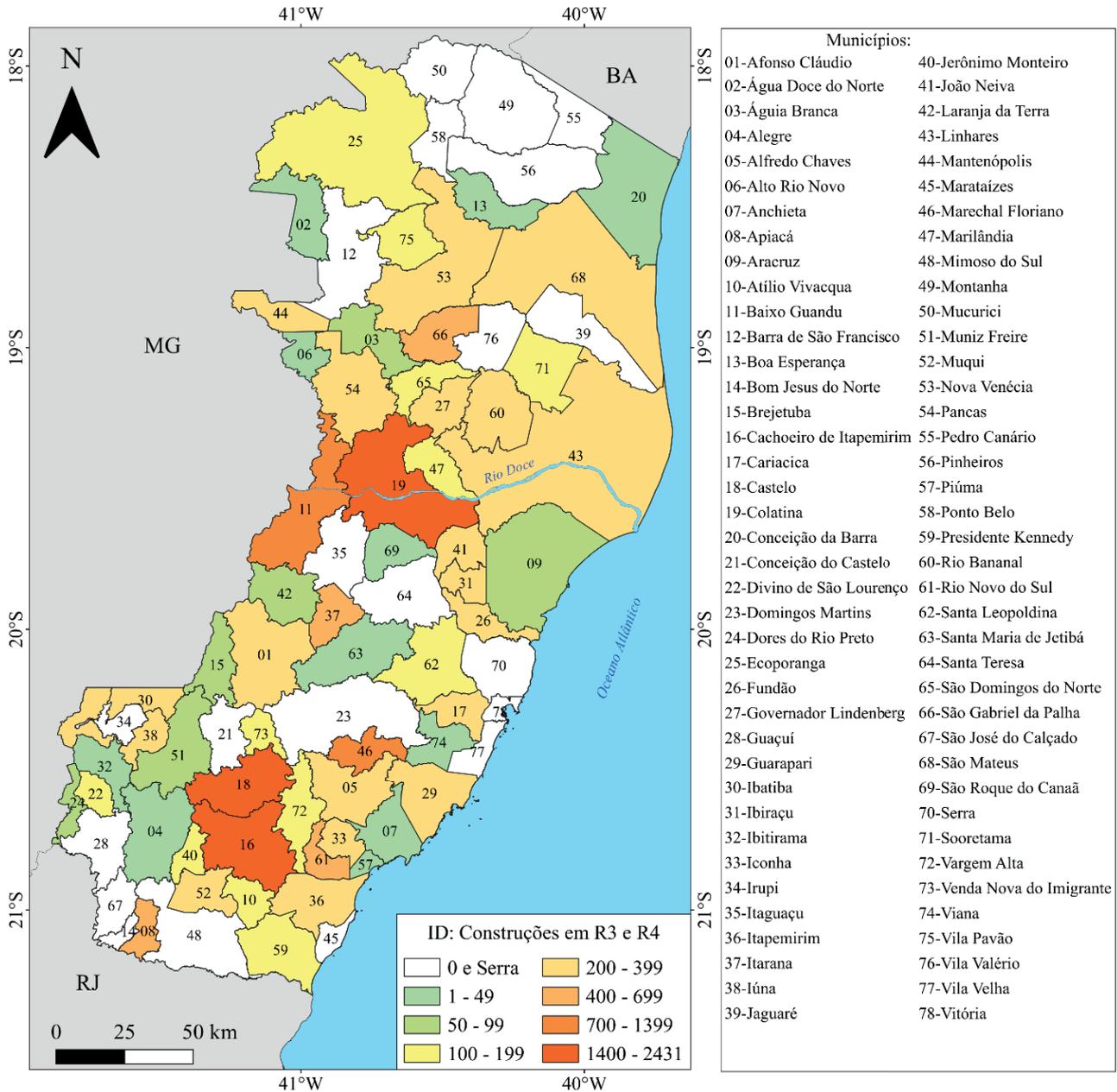


Figura 18 - Número de construções em risco alto (R3) e muito alto (R4) para inundação (ID) nos municípios do Estado do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

Colatina, Castelo e Cachoeiro de Itapemirim são os municípios que concentram acima de 8% da população capixaba que reside em áreas com risco alto e muito alto provocado por inundações (Figura 19).

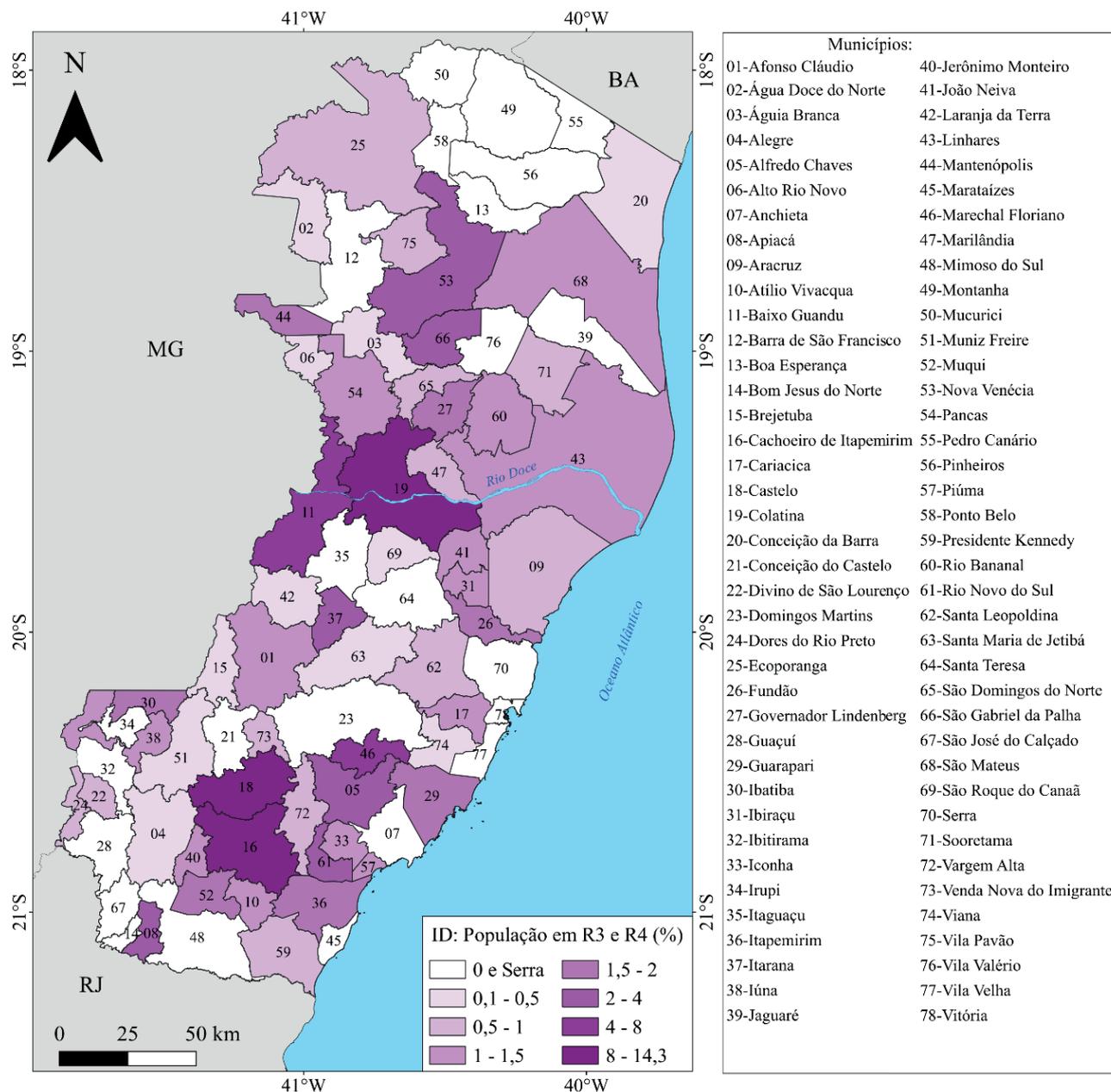


Figura 19 - Percentual da população estadual que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para inundação (ID) nos municípios do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

Em 21 dos 77 municípios estudados não há construções em risco alto e muito alto sujeitas a inundações (Figura 20). De cada cinco cidadãos residentes em Marechal Floriano, Castelo e Apiacá, pelo menos um vive em construções que fazem parte de setor de risco originado por este processo hidrológico.

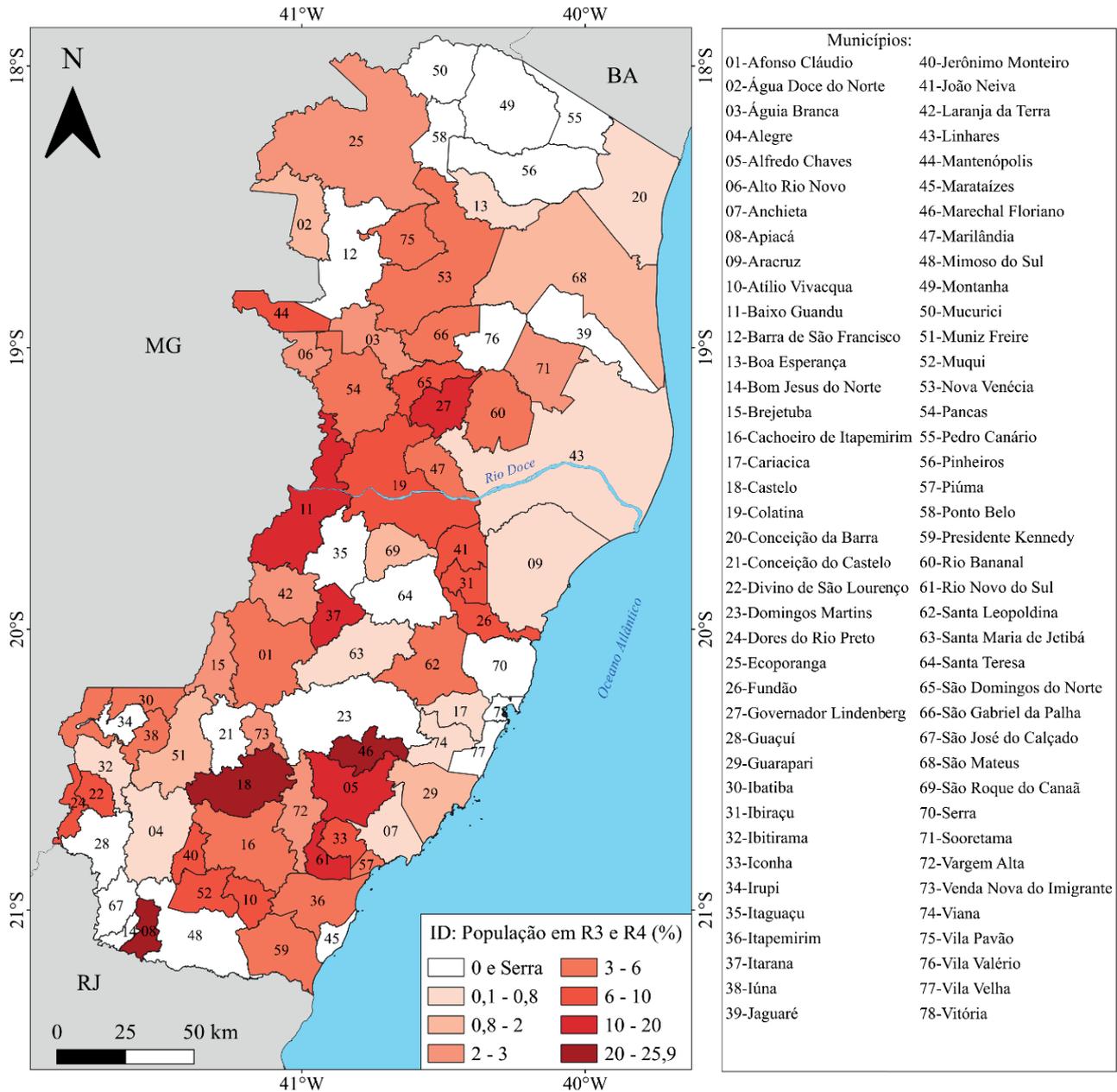


Figura 20 - Percentual da população municipal que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para inundação (ID) nos municípios do Estado do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

Em 4% dos setores de risco alto e muito alto delimitados no Espírito Santo há a possibilidade de ocorrência de enxurradas. O risco associado a enxurrada afeta ou pode afetar 3.849 construções distribuídas em 18 municípios do Estado do Espírito Santo (Figura 21).

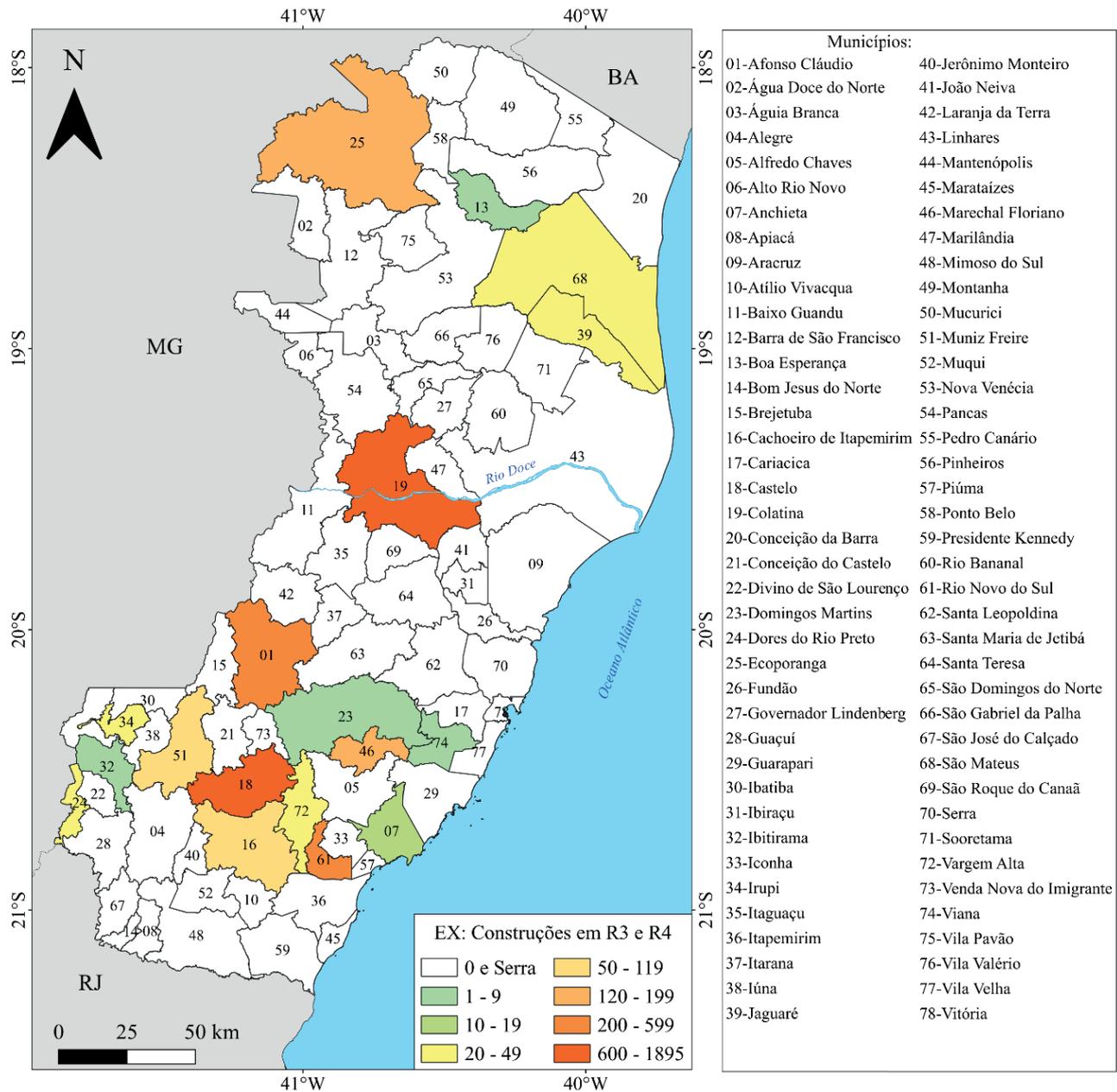


Figura 21 - Número de construções em risco alto (R3) e muito alto (R4) para enchente (EX) nos municípios do Estado do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

Cerca de metade da população estadual com risco alto e muito alto originado por enchentes reside em Castelo. Aproximadamente 3/4 dos capixabas nesta situação estão em Castelo, Colatina e Rio Novo do Sul (Figura 22).

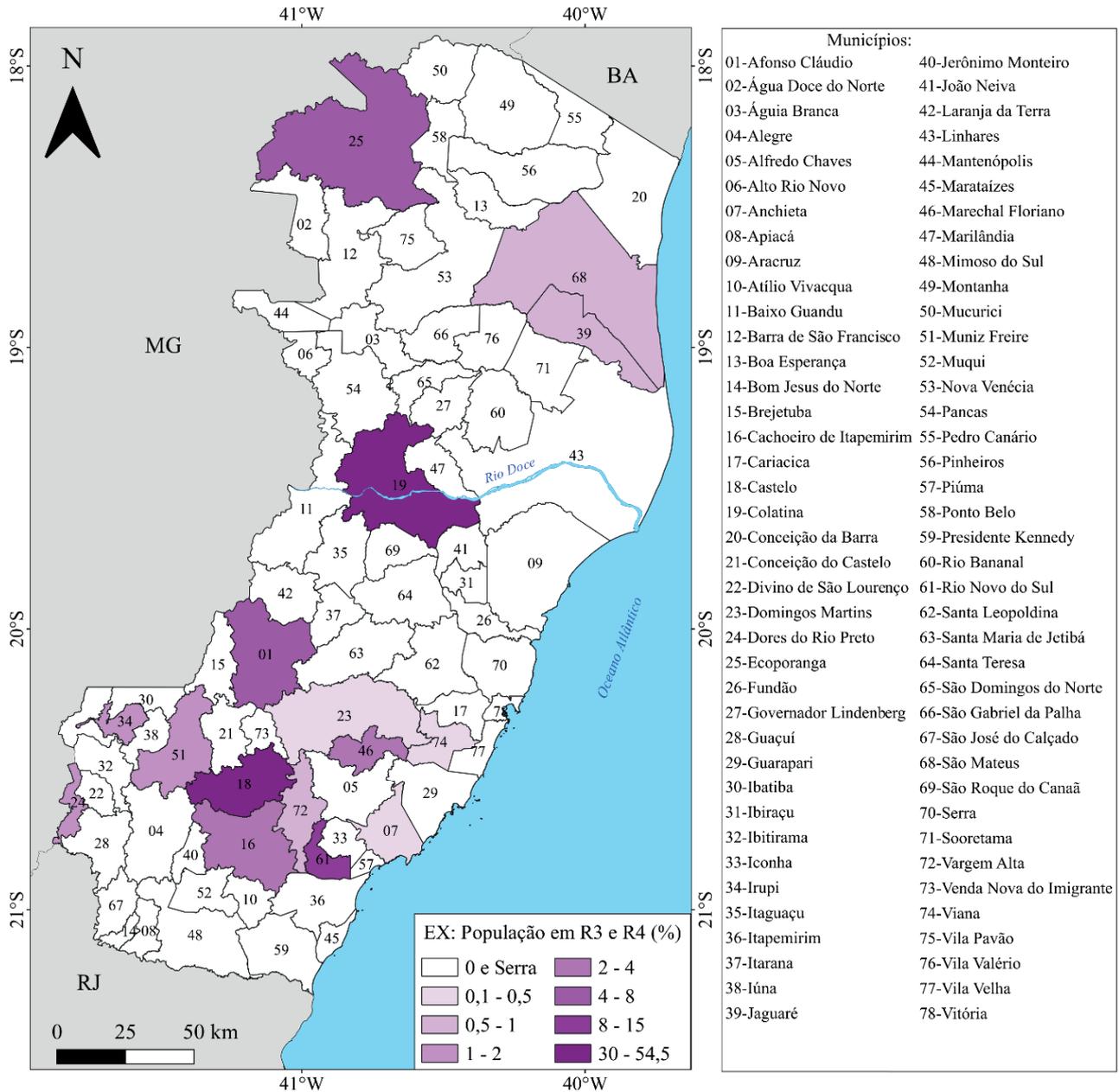


Figura 22 - Percentual da população estadual que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para enxurrada (EX) nos municípios do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme a figura 23, dos municípios contemplados no estudo, Castelo e Rio Novo do Sul são aqueles que apresentam os maiores percentuais da população municipal em risco alto e muito alto provocado por inundações, com respectivamente 22% e 14%.

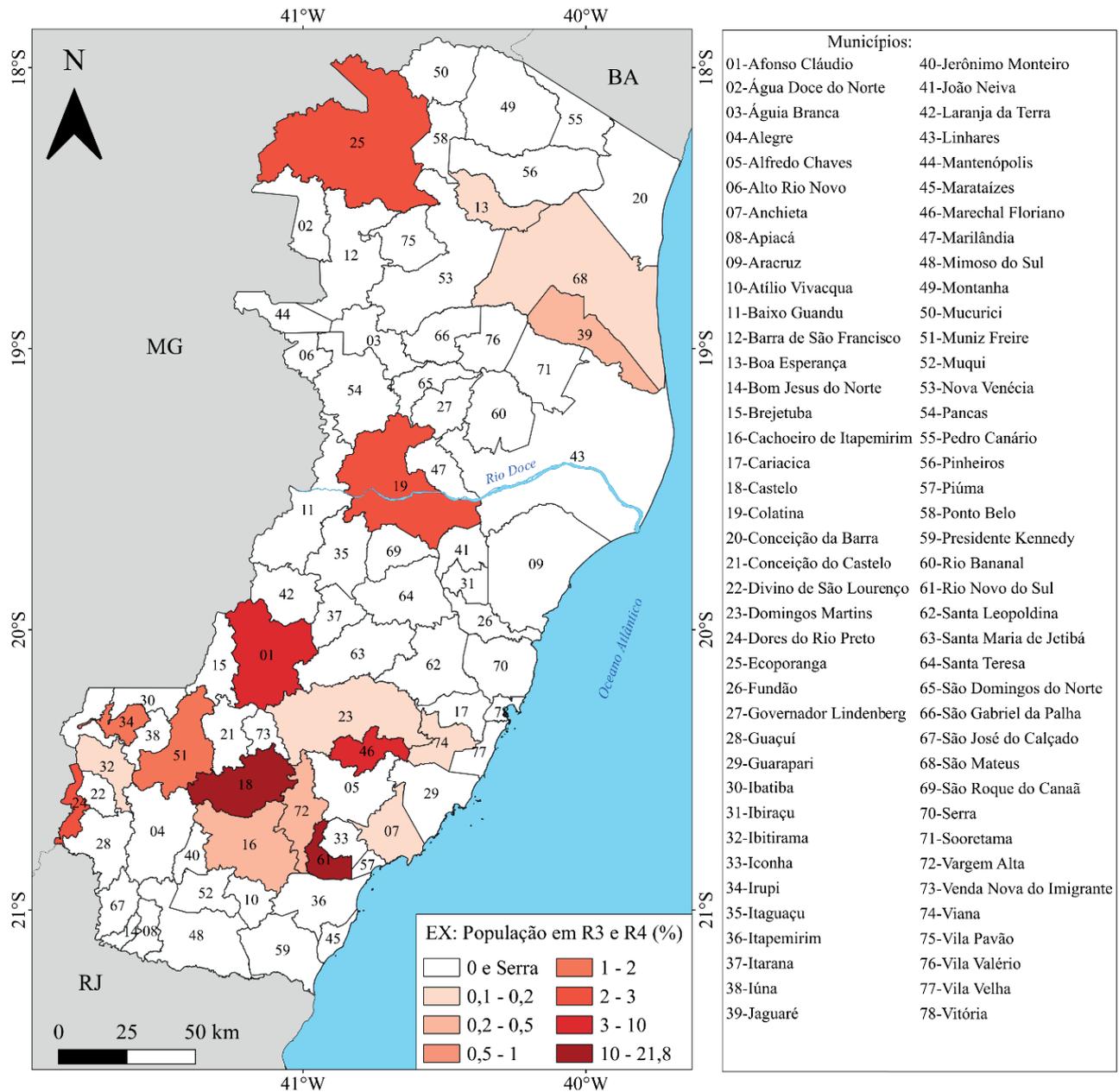


Figura 23 - Percentual da população municipal que se encontra em risco alto (R3) e muito alto (R4) para enxurrada (EX) nos municípios do Estado do Espírito Santo. Fonte: Elaborada pelo autor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O terceiro volume dos Resultados Preliminares do Atlas de Riscos Geológico e Hidrológico do Estado do Espírito Santo atualiza o panorama do risco hidrológico oriundo de enchentes, inundações e enxurradas na última década no estado e é uma importante ferramenta no entendimento das realidades municipais e estadual. Sabendo em quais municípios e qual a proporção que tais processos representam do risco hidrológico alto e muito alto, os gestores públicos podem adotar medidas de planejamento territorial, prevenção e mitigação mais apropriados para a realidade de cada unidade político-administrativa.

A inundação é o fenômeno identificado como dominante no cenário do risco hidrológico da unidade da federação. Dos três processos estudados cerca de 76% das construções com risco alto e muito alto estão sujeitas a inundações, enquanto somente 17,5% e 6,3% encontram-se em risco, respectivamente, por enxurradas e enchentes.

A pesquisa continuará avançando com o desenvolvimento de novos volumes de relatórios técnico-científicos específicos para outros processos estudados. Como trata-se de produto preliminar, haverá pequenas modificações e possivelmente novos resultados serão adicionados do documento final. O Plano Municipal de Riscos do Município de Serra será avaliado, o que ocasionará o término do atlas e a sua publicação final.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALNAP. **Flood disasters**: Learning from previous relief and recovery operations. 2008. Disponível em: <https://www.preventionweb.net/publications/view/2650>. Acesso em :05 jul. 2021.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Org.). **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações**. Brasília: ANA, 2014. 15 p.
- ASKEW, A.J. Water in the International Decade for Natural Disaster Reduction. Destructive Water: Water-Caused Natural Disasters, their Abatement and Control. In: CONFERENCE HELD AT ANAHEIM, 239, 1996, Califórnia. **Proceedings [...]** Califórnia, 1997.
- BARBOSA, F. de A. dos R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.
- BATES, B.C. *et al* (Ed.) **El Cambio Climático y el Agua**. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC. Ginebra: IPCC, 2008. 224 p.
- BENEPE, D. *et al*. Framework for Evaluation of Flash Flood Models in Wildfire-Prone Areas. **SMU Data Science Review**, v.1, n. 4, p.1-17, 2018.
- BORGA, M. *et al*. Flash floods: Observations and analysis of hydro-meteorological controls. **Journal of Hydrology**, v. 394, n. 1-2, p. 1-3, nov. 2010.
- BORGES, F. O.; FERREIRA, V. O. Planícies de inundação e áreas inundáveis: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do ribeirão Bom Jardim e rio das Pedras, Triângulo Mineiro. **Revista Cerrados (Unimontes)**, v. 17, n. 1, p.114-130, 2019.
- BRASIL. Ministério das Cidades; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. Apostila de treinamento. Brasília, 2004. 73 p.
- BRASIL. Ministério das Cidades; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília, 2007. 176 p. Disponível em: <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2021.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE. 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCUCobra2.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2021.
- CAMPENHOUT, J. V. *et al*. Flash floods and muddy floods in Wallonia: recente temporal trends, spatial distribution and reconstruction of the hydrosedimentological fluxes using flood marks and sediment deposits. **Belgeo**: Revue belge de géographie, n. 1, p. 1-26, 2015.
- CAMPOS, S. J. A. M. *et al*. Mapeamento de áreas sujeitas à inundação para planejamento e gestão territorial: cartas de suscetibilidade, perigo e risco. **RBGEA - Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v.5, n.1, p.67-81, 2015.
- CANÇADO, V. *et al*. Flood risk assessment in an urban area: Measuring hazard and Vulnerability. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE, 11., 2008, Edinburgh, Scotland, UK. **Proceedings [...]** p. 1- 10.
- COSTA, H.; TEUBE, Wilfried. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro**: Uma Abordagem Geral. Rio de Janeiro. SEMADS, 2001. 160 p.
- FONSECA, R. G. **Risco hidrológico**: precipitações extremas, enchentes e alagamentos na cidade de Ituiutaba (MG). 2017. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.
- GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais [...]** 2005.
- GREEN, C. H.; PARKER D. J.; TUNSTALL, S. M. **Assessment of Flood Control and Management Options**. Thematic Review IV.4. Cape Town: World Commission on Dams, 2000. 183 p. Relatório de Trabalho. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.467.4860&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 05 jul. 2021.

- HORA, S. B.; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009.
- IBGE. **Censo 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 08 jan. 2020.
- IPCC. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2012. 582 p.
- IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press 2014. 1132 p.
- KOENE, R. A relação entre as inundações e as características geomorfológicas da cidade de Rio Negro/PR. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 17, n. 3, p. 175-190, 2013.
- KUREK, R. K. M. **Avaliação do Tempo de Retorno dos Níveis das Inundações no Vale do Taquari/RS**. 2012. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2012.
- MACHADO, M. L. et. al. Curvas de danos de inundação *versus* profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia. **REGA**, v. 2, n. 1, p. 35-52, jan./jun. 2005.
- MAIA, D. C.; PITTON, S. C. E. Caracterização das enchentes na área urbana de Ribeirão Preto (SP): um enfoque através de notícias de jornal. **Geografia**, Rio Claro, v. 34, n. 2, p. 307-327, nov. 2009.
- MCCLUSKEY, J. Watter Supply, Health and Vulnerability in Floods. **Waterlines**. v. 19, n. 3, p. 14-17, jan. 2001.
- OLIVEIRA, G. G. **Modelos para Previsão, Espacialização e Análise das Áreas Inundáveis na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, RS**. 2010. 148 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.
- OLIVEIRA, G. G. *et al.* Análise da Suscetibilidade a Inundações e Enxurradas na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, RS, Brasil. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 37, n. 2, p. 437-453, 2018.
- PRICE, R. K.; VOJINOVIC, Z. Urban flood disaster management. **Urban Water Journal**, v.5, n.3, p. 259-276, 2008.
- REIS, P. E. *et al.* O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte, MG: estudo de caso da sub-bacia Córrego do Leitão, Bacia do Ribeirão Arrudas. **Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 31-46, 2012.
- SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba: Relatório Final – Políticas e ações não-estruturais. Curitiba, CH2MHILL, 2002. Disponível em : http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files_documento/2020-07/sud0102rp_wr001_fi.pdf. Acesso em: 13 jul. 2021.
- TINGSANCHALI, T. Urban flood disaster management. **Procedia Engineering**, v. 32, p. 25-37, 2012.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.
- UNDRR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Living With Risk: Focus on Disaster Risk Reduction. In: UNDRR - UNITED Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives** Source United Nations Office for Disaster Risk Reduction. V. 1, cap. 1, p. 1-33, 2004.
- UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN. **EM-DAT – Emergency Database**. Brussels, Belgium: OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/ Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de Louvain, ©2009. Disponível em: <https://www.emdat.be/>. Acesso em: jul. 2021.

Sede Brasília
Setor Bancário Norte - SBN
Quadra 02, Asa Norte
Bloco H - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040-904
Tel.: (61) 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro – ERJ
Av. Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – CEP: 22290-255
Tel.: (21) 2295-0032

Diretoria de Hidrologia e Gestão
Territorial
Tel.: (21) 2295-8248
(21) 2546-0214

Departamento de Gestão
Territorial
Tel.: (21) 2295-6147
(21) 2546-0419

Divisão de Geologia Aplicada
Tel.: (31) 3878-0304

Divisão de Gestão Territorial
Tel.: (71) 3878-0304

Ouvidoria
Tel.: 21 2295-4697
ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento
ao Usuário – SEUS
Tel.: 21 2295-5997
seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

2021



SECRETARIA DE
**GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

