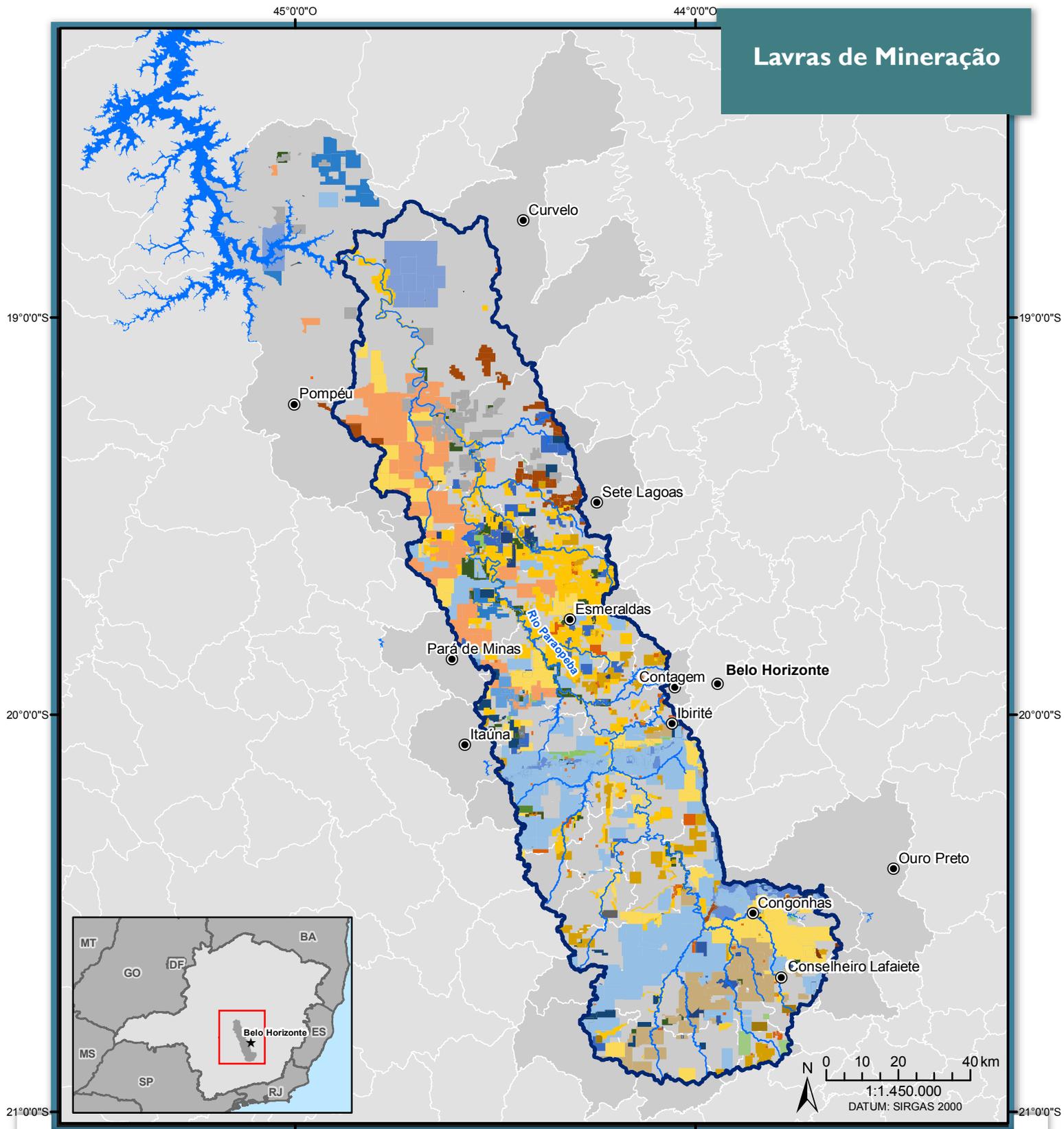


Lavras de Mineração



Legenda

Lavra por tipo de Substância

AGALMATOLITO	COBRE	MIGMATITO
ÁGUA MINERAL	DADO NÃO CADASTRADO	MINÉRIO DE FERRO
ARDÓSIA	DIAMANTE	MINÉRIO DE MANGANÊS
AREIA/SÍLICA	DOLOMITO	MINÉRIO DE NÍQUEL
ARGILA	ESTEATITO	MINÉRIO DE OURO
BASALTO	FERRO	MINÉRIO DE ZINCO
BAUXITA	FOSFATO	OUTROS MINÉRIOS
CALCÁRIO	GNAISSE	QUARTZO/ QUARTZITO
CASCALHO	GRAFITA	SERPENTINITO
CASSITERITA	GRANITO/ MÁRMORE	TALCO
CAULIM	MANGANÊS	TANTALITA
CIANITA		VANÁDIO

Convenções Cartográficas

- Principais Sedes Municipais
- Limite Municipal
- Hidrografia Principal
- Limite SF3: Rio Paraopeba
- Reservatório
- Municípios SF3: Rio Paraopeba

FONTE: Departamento Nacional de Produção Mineral (2016).

Conforme mostra o Quadro 6.1, a maior parte da área da bacia é ocupada por pastagem (38,8%) e agricultura/pastagem (28,4%) e, de forma menos predominante, formações naturais não florestais (0,01%), e áreas não vegetadas (0,2%). As áreas urbanas representam o total de 2,9% da cobertura do solo.

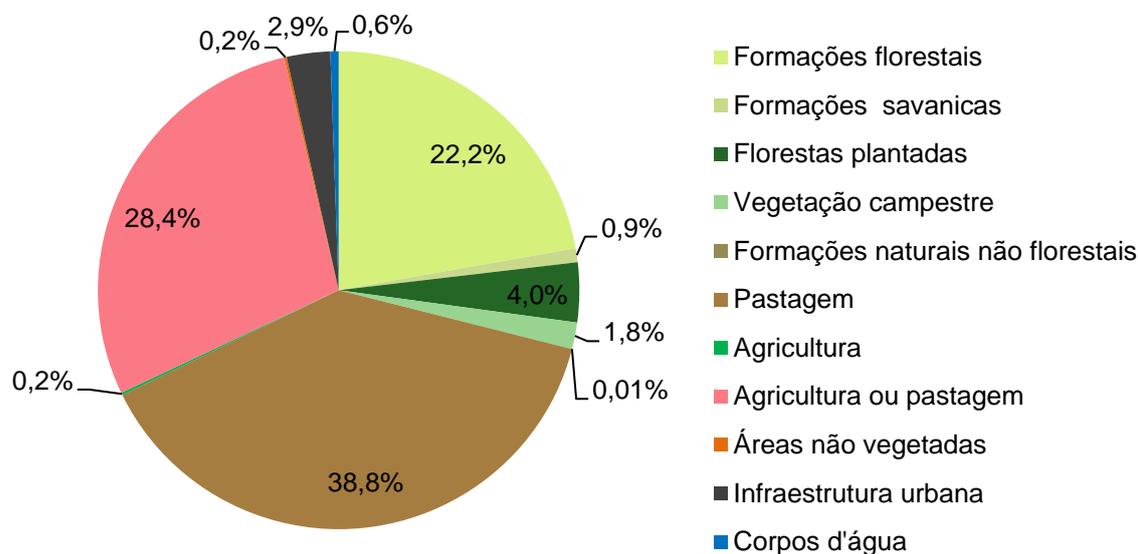
Quadro 6.1. Distribuição das classes do Uso e Ocupação do Solo

Uso	Área (km²)	Área (%)
Formações florestais	2.669,21	22,2%
Formações savanicas	113,18	0,9%
Florestas plantadas	485,84	4,0%
Vegetação campestre	215,15	1,8%
Formações naturais não florestais	0,76	0,01%
Pastagem	4.668,77	38,8%
Agricultura	19,81	0,2%
Agricultura ou pastagem	3.419,91	28,4%
Áreas não vegetadas	19,66	0,2%
Infraestrutura urbana	351,20	2,9%
Corpos d'água	66,64	0,6%
TOTAL	12.030,15	100%

FONTE: Elaborado pela COBRAPE, com base no MapBiomias, 2016.

Para uma melhor visualização dos usos, na Figura 6.3 abaixo é apresentado um gráfico com a porcentagem de cada uso na bacia.

Figura 6.3. Uso e Cobertura do Solo (%)



FONTE: COBRAPE, 2018.

7. EVENTOS CRÍTICOS

Por definição, são chamados de desastres naturais os danos e prejuízos causados a uma determinada sociedade, excedendo a sua capacidade de resiliência e convívio com tais impactos, ocasionados por fenômenos naturais (INPE, 2008).

Em outras palavras, os desastres naturais acarretam impactos significativos sobre a sociedade e sua infraestrutura instalada, gerando prejuízos sociais, relativos às vidas perdidas ou afetadas, e prejuízos econômicos, quando a infraestrutura local é danificada pela ação do evento natural.

O impacto socioeconômico, efetivo ou potencial, que um evento natural pode causar em determinada localidade ou região é relativo à resiliência do sistema social afetado, ou seja, a capacidade da população a resistir ao desastre. Em suma, os desastres ocorrem quando os perigos se encontram com a vulnerabilidade.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), os desastres naturais podem ser classificados quanto às suas diferentes naturezas, podendo ser:

- Biológicos: epidemias, infestações por insetos, ataques animais;
- Geofísicos: terremotos, vulcões, movimento de massa sem água;
- Climatológicos: secas, temperaturas extremas, incêndios;
- Hidrológicos: inundações, movimento de massa com água; e
- Meteorológicos: tempestades.

Do ponto de vista da segurança hídrica, este estudo tem por objetivo caracterizar e avaliar os eventos naturais de cunho climatológico, hidrológico e meteorológico, mais especificadamente as inundações, enxurradas, alagamentos, secas e movimentos de massa ocorrentes na Bacia do rio Paraopeba no estado de Minas Gerais. Tais eventos têm se destacado no cenário nacional ao longo dos últimos anos, sendo dada grande ênfase na região Sudeste, onde podem ser percebidos severos impactos socioeconômicos, como por exemplo, o número de pessoas desabrigadas por alagamentos, enxurradas, inundações ou ainda por movimentação de massas de terra, ou ainda perdas nas produções agropecuárias devido a eventos de seca.

Ainda sobre esta questão paira o advento das mudanças climáticas, cuja hipótese de ocorrência já é amplamente aceita no meio científico e tende a intensificar eventos críticos em todo o mundo, alterar temperaturas, precipitações e ciclos hidrológicos locais ou regionais, tornar algumas regiões mais secas e outras mais chuvosas, elevar

o nível médio do mar, entre outras alterações climáticas com potenciais impactos ainda desconhecidos.

Portanto, a fim de dar um primeiro passo rumo à preparação e adaptação da Bacia do rio Paraopeba aos diversos cenários que abrangem as questões hídricas, o Plano Diretor de Recursos Hídricos do rio Paraopeba (PDRH Paraopeba) busca em primeiro momento a caracterização e avaliação dos processos atualmente ocorrentes em seu território, para posteriormente projetar sobre essa avaliação algumas hipóteses que permeiam a segurança hídrica da bacia.

As análises realizadas neste capítulo tangem os 48 municípios que integram a Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) SF3, pertencentes ao PDRH Paraopeba.

7.1. Inundações, alagamentos e enxurradas

Muitas vezes confundidas com fenômenos semelhantes, as inundações possuem uma definição diferenciada de cheias, enchentes ou alagamentos. Segundo a 5ª edição do Glossário de Defesa Civil: Estudos de Riscos e Medicina de Desastres, as corretas definições para tais eventos são:

- **Alagamentos:** água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes;
- **Cheias:** elevação temporária e móvel do nível das águas de um rio ou lago;
- **Enchentes:** elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal;
- **Enxurradas:** Volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas; e
- **Inundações:** transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas (DEFESA CIVIL, 2008).

As inundações, portanto, são os eventos onde a malha hidrográfica recebe uma vazão superior àquela que pode comportar em sua calha, extravasando água para suas áreas marginais, comumente conhecidas por planícies de inundação ou áreas de várzea.

Já os alagamentos não dependem de cursos de água para sua ocorrência, visto que significam um acúmulo de água em determinado ponto, geralmente urbano, onde a

drenagem não consegue disseminar a água ali acumulada, e são usualmente ocasionados por precipitações intensas.

As enxurradas, por sua vez, são eventos de maior intensidade e pouca duração decorrentes de precipitações em pequenas bacias, que aliadas a uma significativa velocidade de escoamento causada pela declividade, podem acarretar em impactos marginais e até inundações com capacidade de arraste.

As cheias ou enchentes representam um aumento da vazão no rio, elevando o nível da água dentro da sua calha, contudo sem o transbordamento efetivo de água a partir de suas margens.

Assim, os eventos críticos que representam risco efetivo à população são as inundações, alagamentos e enxurradas. Enquanto as inundações e enxurradas são processos naturais que podem ser agravados por ações antrópicas e possuem maior extensão e duração, os alagamentos são ocasionados por deficiência da infraestrutura urbana, além de apresentarem menores áreas atingidas e tempo de duração. Para estudar o comportamento destes fenômenos no território nacional, o governo Federal desenvolve algumas frentes de estudos e obtenção de dados em parceria com a Defesa Civil Federal e dos níveis estaduais, além de envolver outros órgãos voltados ao planejamento, infraestrutura, meio ambiente, entre outros. As principais ações são descritas a seguir.

7.1.1. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais

O Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em parceria com o Ministério da Integração Nacional (MI) e a Secretaria Nacional de Defesa Civil, elaborou o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, que compilou as informações sobre eventos críticos em todo o território brasileiro para o período que compreende os anos entre 1991 e 2012, em sua primeira versão, e posteriormente (2013) expandiu sua base de informações expandindo o período analisado. O Atlas também foi subdividido por estados, sendo possível assim analisar o histórico dos municípios do Estado de Minas Gerais individualmente.

Segundo o Atlas, foram levantados para os municípios da bacia do rio Paraopeba 60 registros oficiais de inundações excepcionais caracterizadas como desastre. Estes registros abrangeram 30 dos 48 municípios pertencentes ao PDRH. Os municípios que apresentaram maior número de episódios foram os de Ibirité e Congonhas, o primeiro com 7 e o segundo com 5 eventos, seguidos pelos municípios de Igarapé e Jeceaba, cada um com 4 registros. Juntos, estes municípios contabilizaram 33,3% do total de

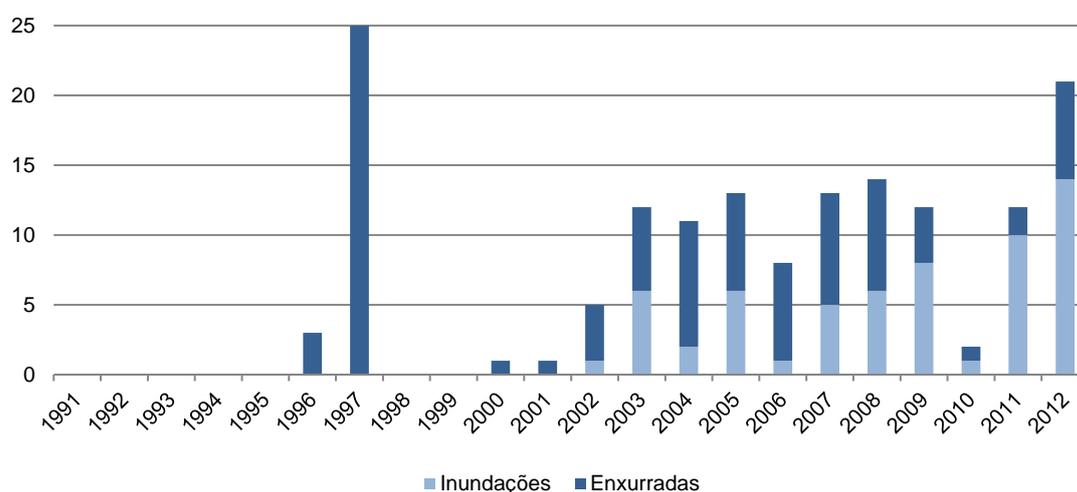
eventos críticos ocorridos. Entre os anos de 1991 e 2001 não houve registros de inundações para os municípios analisados. Os anos de 2003, 2005, 2008, 2009, 2011 e 2012 foram os que apresentaram maior número de eventos de inundações, contabilizando 83,3% do total de eventos ocorridos no período.

No que diz respeito aos alagamentos, através da análise dos dados disponíveis no Atlas, no período de 1991 a 2012 foram verificados apenas dois registros, um para o município de Contagem e um para Ibitité.

Por fim, as enxurradas representam o maior número de ocorrências registradas no período levantado, totalizando 93 eventos, principalmente em Ibitité (13), Contagem (11) e Congonhas (9). Neste caso, torna-se oportuno destacar o caso de Ibitité devido à influência que o Ribeirão Sarzedo e o Córrego Pintado podem exercer sobre a região central da cidade, provocando impactos decorrentes da enxurrada. Também merece destaque a possível influência do Rio Betim e o Riacho das Pedras sobre áreas urbanas do município de Contagem e a influência do Rio Maranhão em Congonhas, também provocando impactos negativos decorrentes da enxurrada. Segundo o Atlas, 35 dos 48 municípios avaliados por este estudo foram atingidos por pelo menos um evento de enxurrada.

A distribuição do total de ocorrências por município pode ser observada na Figura 7.1 a seguir.

Figura 7.1. Frequência anual de registros de desastres por Inundações e Enxurradas



FONTE: UFSC, 2013.

A distribuição dos eventos catalogados ao longo dos anos demonstra uma baixa frequência de ocorrências de enxurradas até o ano de 2002, exceto por um salto ocorrido no ano de 1997. Segundo a publicação o início deste ano foi marcado pela influência de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), responsável por

provocar precipitações chuvosas acima das médias históricas do período precedente, apresentando valores pluviométricos até 200 mm acima da média. Pode-se observar o aumento da frequência de desastres relacionados às enxurradas a partir do ano de 2002 merecendo destaque o ano de 2012, com maior número de registros.

Em termos totais, o maior número de registros sobre inundações ocorreu em Ibitaré somando sete eventos ao todo, sendo que um evento foi registrado nos anos de 2003, 2005 e 2006, dois no ano de 2007 e dois no ano de 2011. Para Congonhas foram registrados cinco eventos, sendo que os eventos ocorreram isoladamente em 2003, 2005, 2007, 2008 e 2012. Na sequência aparecem Igarapé e Jeceaba, cada um com 4 eventos.

Com relação aos danos humanos provocados pelas inundações, o município de Congonhas ficou entre os municípios mais severamente atingidos por este evento. No ano de 2008, apesar de não terem sido registradas mortes, as inundações fizeram 209 desabrigados e 34.400 pessoas afetadas.

No que tange as informações sobre enxurradas, os municípios de Ibitaré, Contagem e Congonhas são aqueles que mais registraram casos entre 1991 e 2012, sendo que o primeiro somou 11 ocorrências distribuídas no período entre 2003 e 2012, com exceção dos anos de 2007 e 2011. Contagem registrou 10 eventos entre 2002 e 2009, com exceção de 2007. Congonhas registrou 8 eventos de enxurradas, entre 2003 e 2008, com exceção do ano de 2007. O ano de 1997 foi o que contabilizou o maior número de registros, totalizando 25.

Cabe destacar, também, os danos humanos relacionados aos eventos extremos de enxurradas. Em 2012 o município de Betim registrou um total de 334 desabrigados, 891 desalojados e 76.000 afetados. Segundo o Atlas, os eventos de enxurradas podem estar intimamente associados com a redução da capacidade de infiltração associada à urbanização descontrolada, frequentes em muitos centros urbanos. Apesar da elevada frequência de eventos de enxurradas em várias regiões do Estado poucos estudos têm sido desenvolvidos.

A Figura 7.2 e a Figura 7.3 apresentam o número de inundações e enxurradas ocorridos nos municípios do PDRH Paraopeba entre 1991 e 2012.

45°0'0"O

44°0'0"O

Inundações entre 1991 e 2012

19°0'0"S

19°0'0"S

20°0'0"S

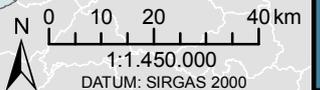
20°0'0"S

21°0'0"S

21°0'0"S

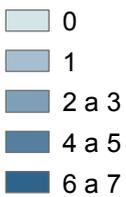
45°0'0"O

44°0'0"O



Legenda

Número de Inundações



FONTE: UFSC, 2013.

Convenções Cartográficas

- Principais Sedes Municipais
- Limite Municipal
- Hidrografia Principal
- Limite SF3: Rio Paraopeba
- Reservatório
- Municípios SF3: Rio Paraopeba

45°0'0"O

44°0'0"O

Enxurradas entre 1991 e 2012

19°0'0"S

19°0'0"S

20°0'0"S

20°0'0"S

21°0'0"S

21°0'0"S

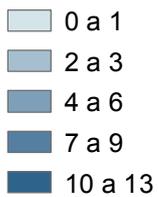
45°0'0"O

44°0'0"O



Legenda

Número de Enxurradas



FONTE: UFSC, 2013.

Convenções Cartográficas

- Principais Sedes Municipais
- Limite Municipal
- Hidrografia Principal
- Limite SF3: Rio Paraopeba
- Reservatório
- Municípios SF3: Rio Paraopeba

O Atlas indica que os registros de ocorrência de desastres aumentaram na última década em relação à década passada. Contudo, os seus autores ressaltam que não se pode afirmar se houve um aumento de ocorrências de fenômenos naturais, a partir de 2001, na mesma proporção que houve um aumento do registro de desastres, indicando que o aumento destes registros pode estar relacionado com aperfeiçoamento na coleta de dados ao longo dos anos.

Os autores do Atlas afirmam ser importante registrar que, durante a análise dos dados coletados, foram identificadas algumas limitações da pesquisa e que estas não comprometeram o trabalho, mas contribuem muito para ampliar o “olhar” dos gestores públicos com relação às lacunas presentes no registro e no cuidado da informação sobre desastres. Destacam entre as limitações a clara observação de variações e de inconsistências no preenchimento de danos humanos, materiais e econômicos.

Ainda é afirmado pelos autores que as inconsistências encontradas retratam certa fragilidade histórica do sistema nacional de defesa civil, principalmente pela ausência de profissionais especializados em âmbito municipal e pela falta de unidade e de padronização das informações declaradas pelos documentos de registros de desastres.

Apesar de não poder assegurar a relação direta entre registros e ocorrências, o Atlas permite uma série de importantes análises, ao oferecer informações – nunca antes sistematizadas – que ampliam as discussões sobre as causas das ocorrências e intensidade dos desastres.

7.1.2. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID)

A partir de 2013, para continuar o processo de catalogação e agilizar o processo de comunicação de eventos extremos, o Ministério da Integração Nacional (MI) organizou um portal eletrônico *on-line* denominado Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), que visa informatizar o processo de transferência de recursos a grupos impactados por desastres naturais, dinamizando o processo de relato e organizando uma base de dados nacional sobre o tema.

Portanto, o processo de relato de ocorrência de eventos críticos e seus impactos passou a ser *on-line* a partir de 2013, possibilitando assim o complemento das informações dispostas no Atlas até o momento presente.

Segundo as informações dispostas no sistema, em 2013, dos municípios presentes no Plano Diretor de Recursos Hídricos do rio Paraopeba, nenhum deles apresentou

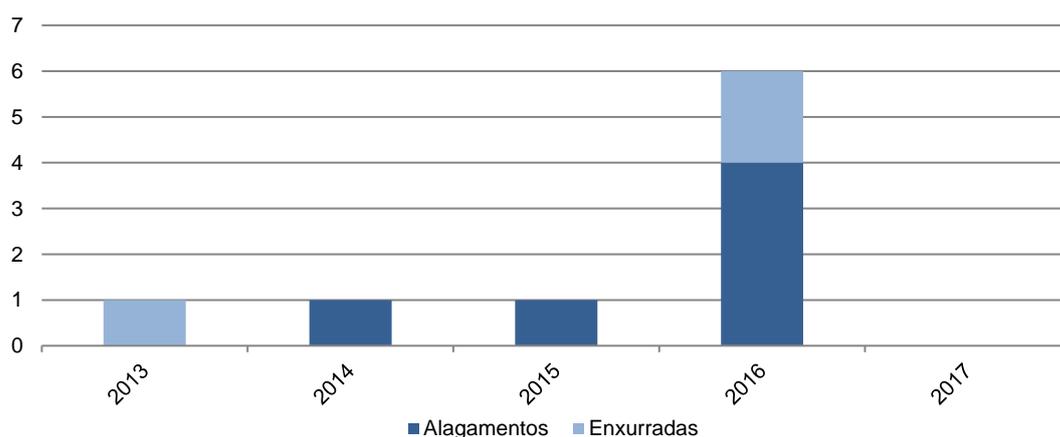
algum tipo de informação referente ao número de pessoas afetadas por inundações e tampouco eventos de inundação foram registrados.

Para o período avaliado, houve seis registros de eventos de alagamentos, sendo um registro para os anos de 2014 e 2015, destacando-se o ano de 2016, com quatro registros. Merece destaque o fato de todos os eventos de alagamentos terem sido registrados para o município de Conselheiro Lafaiete. Foram contabilizadas 5 pessoas afetadas em 2014 e nenhum registro de pessoas afetadas para os demais anos.

Com relação às enxurradas foram apresentados três registros durante o período, um em 2013 e dois em 2016, sendo que o evento registrado em 2013 ocorreu na cidade de Mateus Leme, totalizando 46 pessoas afetadas. Dos dois eventos ocorridos no ano de 2016, um deles se deu em Conselheiro Lafaiete, sem registros de pessoas afetadas e o outro ocorreu em Juatuba, contabilizando 80 habitantes afetados pela enxurrada.

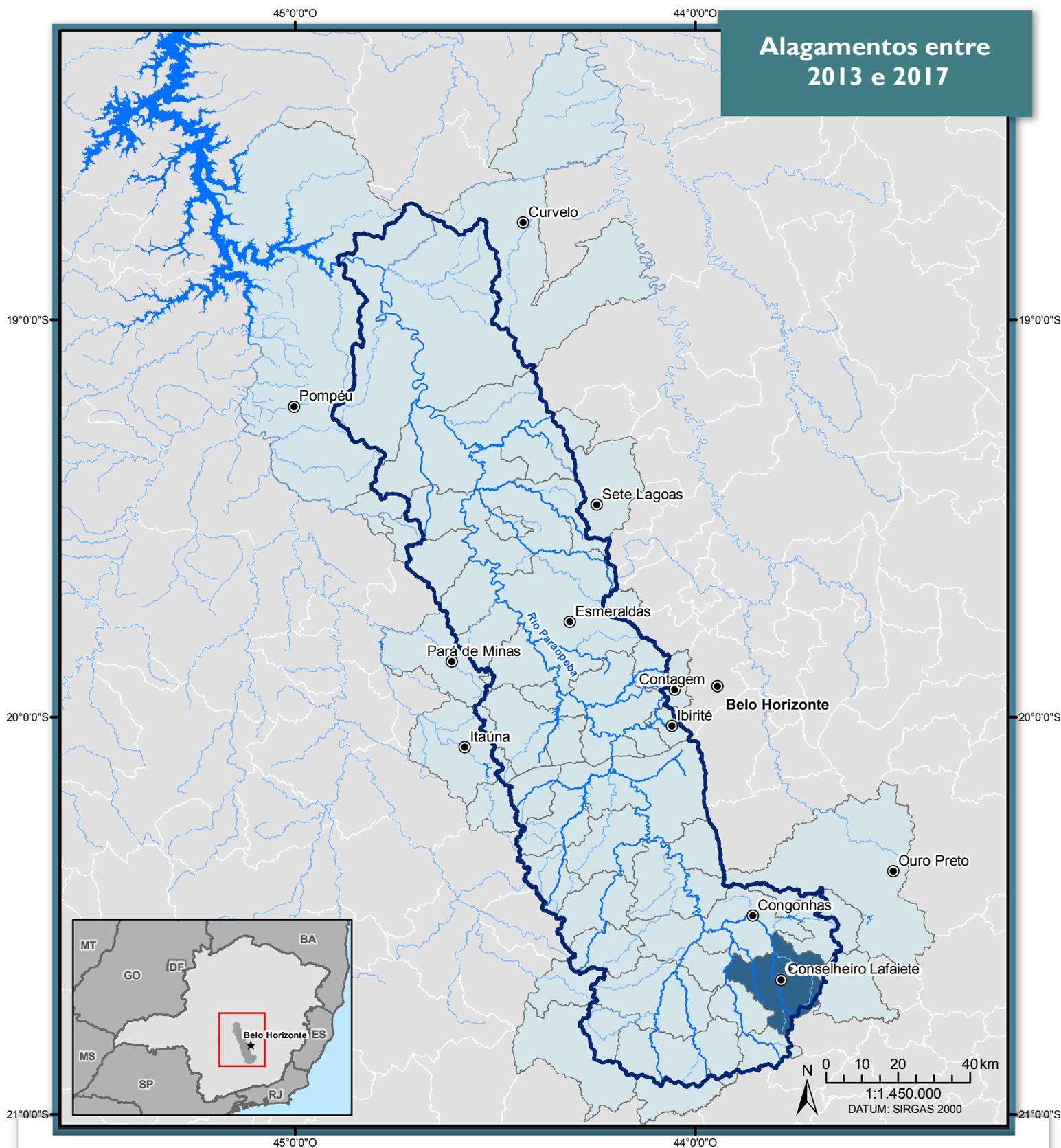
Ressalta-se que, para este levantamento, o número de afetados engloba mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos e outros. Dos 46 habitantes afetados pelas enxurradas de 2013, 10 foram classificados como desabrigados, 6 desalojados e 30 como outras situações. Dos 80 habitantes afetados pela enxurrada de 2016, em Conselheiro Lafaiete, 7 foram classificados como desabrigados, 43 desalojados e 30 como outras situações, conforme demonstrado no gráfico anual apresentado na Figura 7.4 a seguir e nos mapas apresentados na Figura 7.5 e na Figura 7.6.

Figura 7.4. Frequência anual de registros de desastres por Alagamentos e Enxurradas



FONTE: MI, 2018.

Alagamentos entre 2013 e 2017



Legenda

Alagamentos 2013 a 2017

0

6

FONTE: MI, 2017.

Convenções Cartográficas

● Principais Sedes Municipais

— Limite Municipal

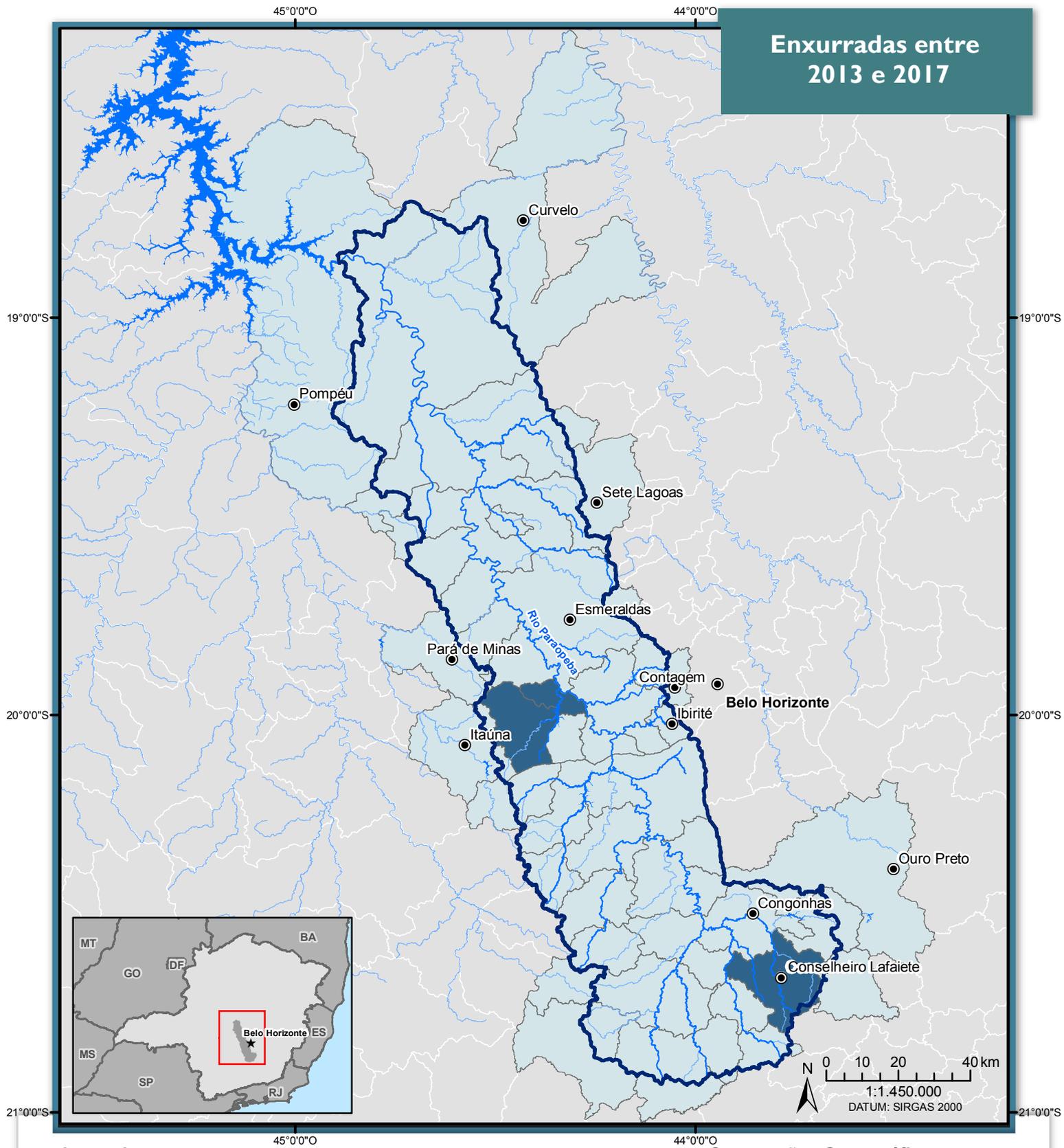
— Hidrografia Principal

— Limite SF3: Rio Paraopeba

Reservatório

Municípios SF3: Rio Paraopeba

Enxurradas entre 2013 e 2017



Legenda

Enxurradas 2013 a 2017

0

1

FONTE: MI, 2017.

Convenções Cartográficas

● Principais Sedes Municipais

— Limite Municipal

— Hidrografia Principal

— Limite SF3: Rio Paraopeba

Reservatório

Municípios SF3: Rio Paraopeba

7.1.3. Atlas de Vulnerabilidade a Inundações

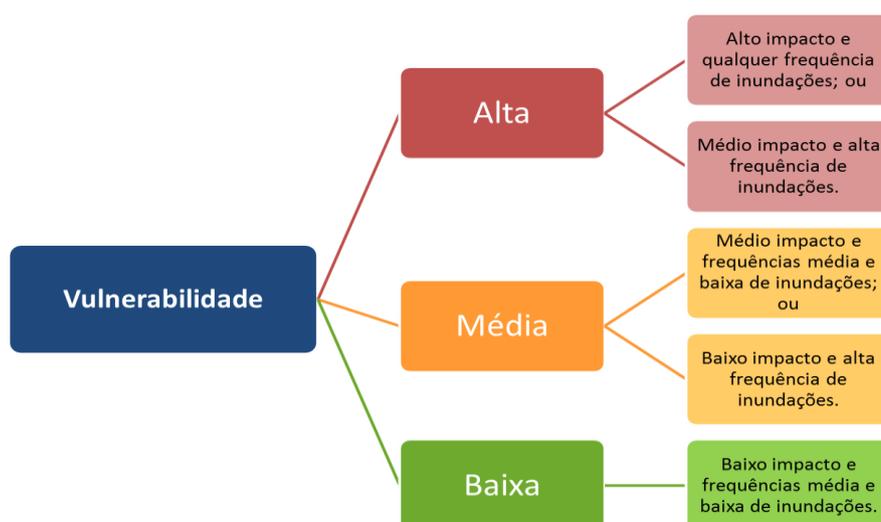
Em outra frente, o governo federal elaborou, através do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e da Agência Nacional de Águas (ANA), o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações no ano de 2014. Este estudo identificou a ocorrência e os impactos das inundações graduais nos principais rios das bacias hidrográficas brasileiras, agrupando e consolidando em um único padrão, informações dos Estados, do Distrito Federal e da União.

A metodologia definida pelo estudo classifica os trechos de rios a partir de uma análise de vulnerabilidade. Essa, por sua vez, é composta por duas variáveis, impacto e ocorrência. O impacto das inundações foi considerado alto quando havia grande risco de dano à vida humana e danos significativos aos serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura pública e residências; médio quando os danos eram razoáveis aos serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura pública e residências; e baixo quando os prejuízos eram pequenos e pontuais.

Quanto à ocorrência, os critérios foram mais diretos, uma vez que foram classificados como de alto impacto nos trechos de rios onde as inundações ocorriam em intervalos de até 5 anos, médio impacto naqueles que se repetiam pelo menos a cada 10 anos, e baixo naqueles eventos acima desta frequência.

Por fim, a metodologia de categorização classifica cada trecho hidrográfico em alta, média ou baixa vulnerabilidade, segundo as considerações dispostas na Figura 7.7 a seguir:

Figura 7.7. Classificação da Vulnerabilidade a Inundação



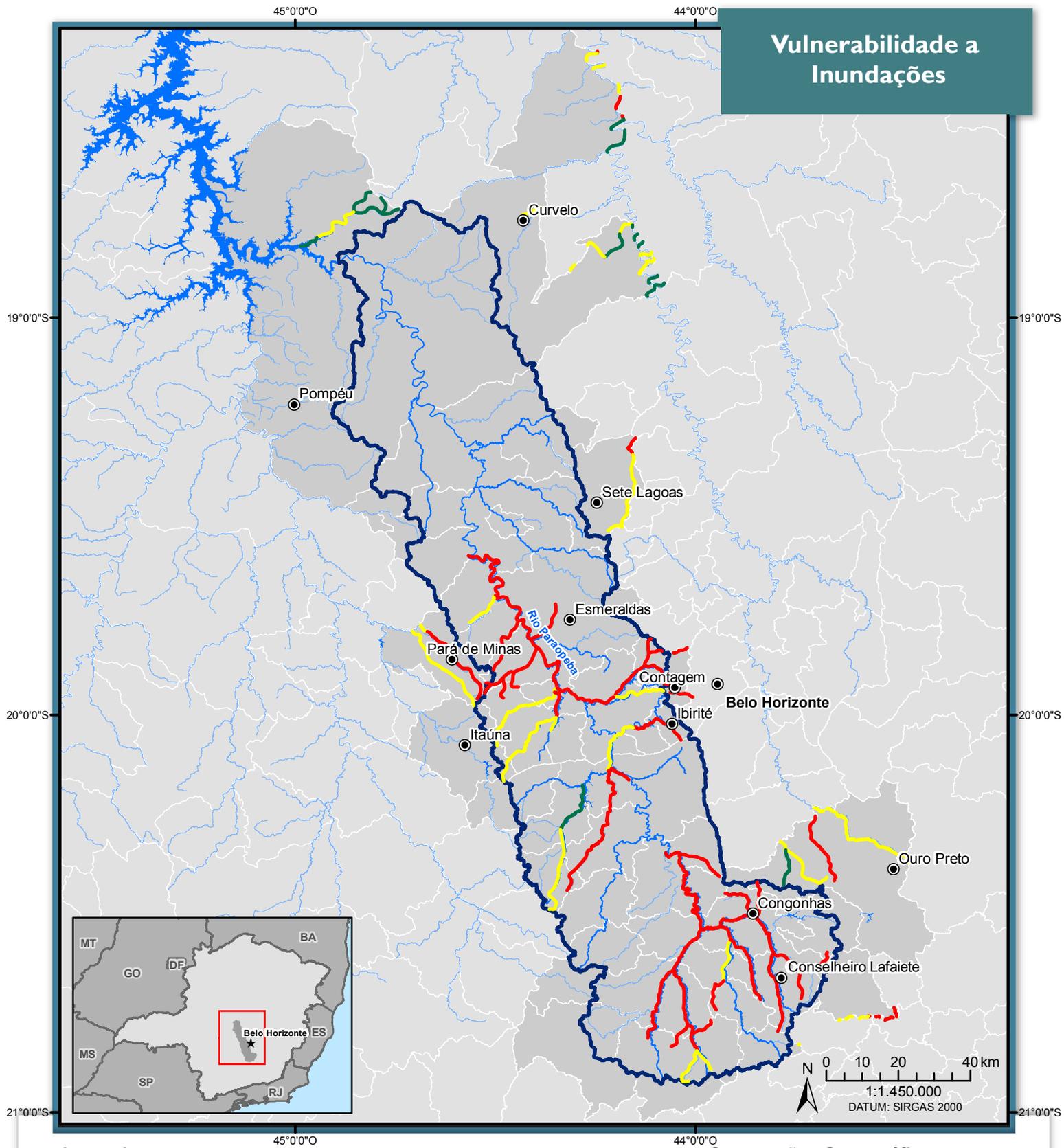
FONTE: ANA, 2014.

O Atlas classificou a vulnerabilidade de 135 trechos de rios na região em estudo, sendo 74 de alta, 39 de média e 22 de baixa. A categoria de alta vulnerabilidade representa 618,4 km de extensão, com trechos variando de 122,1 m a 42,4 km, e uma média de 8,4 km. Pode-se observar que, no geral, a maioria dos trechos classificados como alta vulnerabilidade passam por centros urbanos populosos, locais onde normalmente a ação antrópica já alterou as condições de permeabilidade do solo, aumentando as chances de ocorrência de eventos de inundações e alagamentos.

Já os trechos em classe de média vulnerabilidade somam 346,5 km de extensão, comprimentos que variam de 248,1 metros a 28,7 km, e uma média de 8,9 km. Por fim, os 22 trechos de rios com baixa vulnerabilidade totalizam apenas 99,4 km, com variação de 129,3 metros a 15,9 km, e uma média de 4,5 km.

Como resultado, o trabalho mostra na Figura 7.8 que as regiões sul e central da bacia são as que apresentam o maior número de trechos vulneráveis à inundação.

Vulnerabilidade a Inundações



Legenda

Vulnerabilidade a Inundações

- Alta
- Média
- Baixa

FONTE: ANA, 2014.

Convenções Cartográficas

- Principais Sedes Municipais
- Limite Municipal
- Hidrografia Principal
- Limite SF3: Rio Paraopeba
- Reservatório
- Municípios SF3: Rio Paraopeba

7.1.4. Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchente e Inundação

Apresentada no PPA Federal de 2012 a 2015, esta ação governamental integra o Programa Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, desenvolvido pela parceria dos Ministérios de Minas e Energia (MME), da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e da Integração Nacional (MI), juntamente à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e ao Departamento de Gestão Territorial (DEGET). O projeto de colaboração mútua executou, em 821 municípios brasileiros prioritários, o diagnóstico e mapeamento das áreas com potencial de risco alto a muito alto, denominado “Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchente e Inundação”.

Para a caracterização das potenciais áreas de riscos aos processos de deslizamento, enxurradas, inundações e erosões nos municípios priorizados, foram inicialmente levantadas regiões de destaque por meio de visitas de campo em áreas com histórico ou de risco iminente, além do uso de imagens de satélite para identificar potenciais regiões vulneráveis. Posteriormente, as áreas levantadas foram classificadas conforme os critérios do Ministério das Cidades, e para aquelas com alto (R3) e muito alto (R4) grau de risco, foram confeccionadas pranchas de caracterização.

Quadro 7.1. Classificação dos graus de risco a inundação

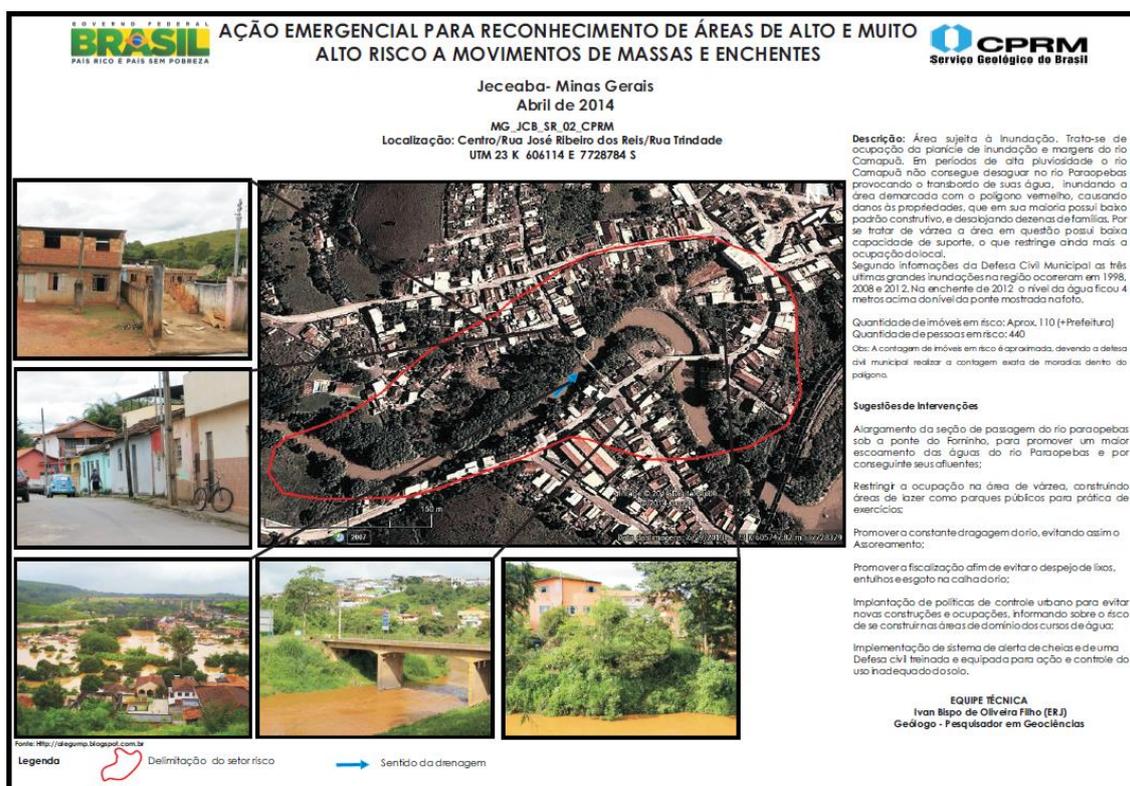
R1 BAIXO	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com baixo potencial de causar danos e baixa frequência de ocorrência (sem registros de ocorrência nos últimos 5 anos).
R2 MÉDIO	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos e média frequência de ocorrência (1 ocorrência significativa nos últimos 5 anos).
R3 ALTO	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos e média frequência de ocorrência (1 ocorrência significativa nos últimos 5 anos), envolvendo moradias de alta vulnerabilidade.
R4 MUITO ALTO	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos e alta frequência de ocorrência (pelo menos 3 ocorrências significativas nos últimos 5 anos), envolvendo moradias de alta vulnerabilidade.

FONTE: MME, 2015.

Assim, as áreas que apresentavam os graus de risco mencionados foram declaradas como “áreas de risco”, com uma delimitação georreferenciada e uma ficha. Essa prancha é identificada por um código, possuindo uma breve descrição do setor, possui coordenadas e delimitação da área de risco sobre imagens de satélite, a tipologia do movimento de massa ou identificação de enchente ou inundação, o número aproximado de moradias e habitantes no interior do polígono delimitado, fotos tiradas

nos locais de destaque, bem como sugestões de intervenções. O modelo da ficha pode ser visualizado a seguir.

Figura 7.9. Exemplo de Prancha de Identificação de Áreas de Risco



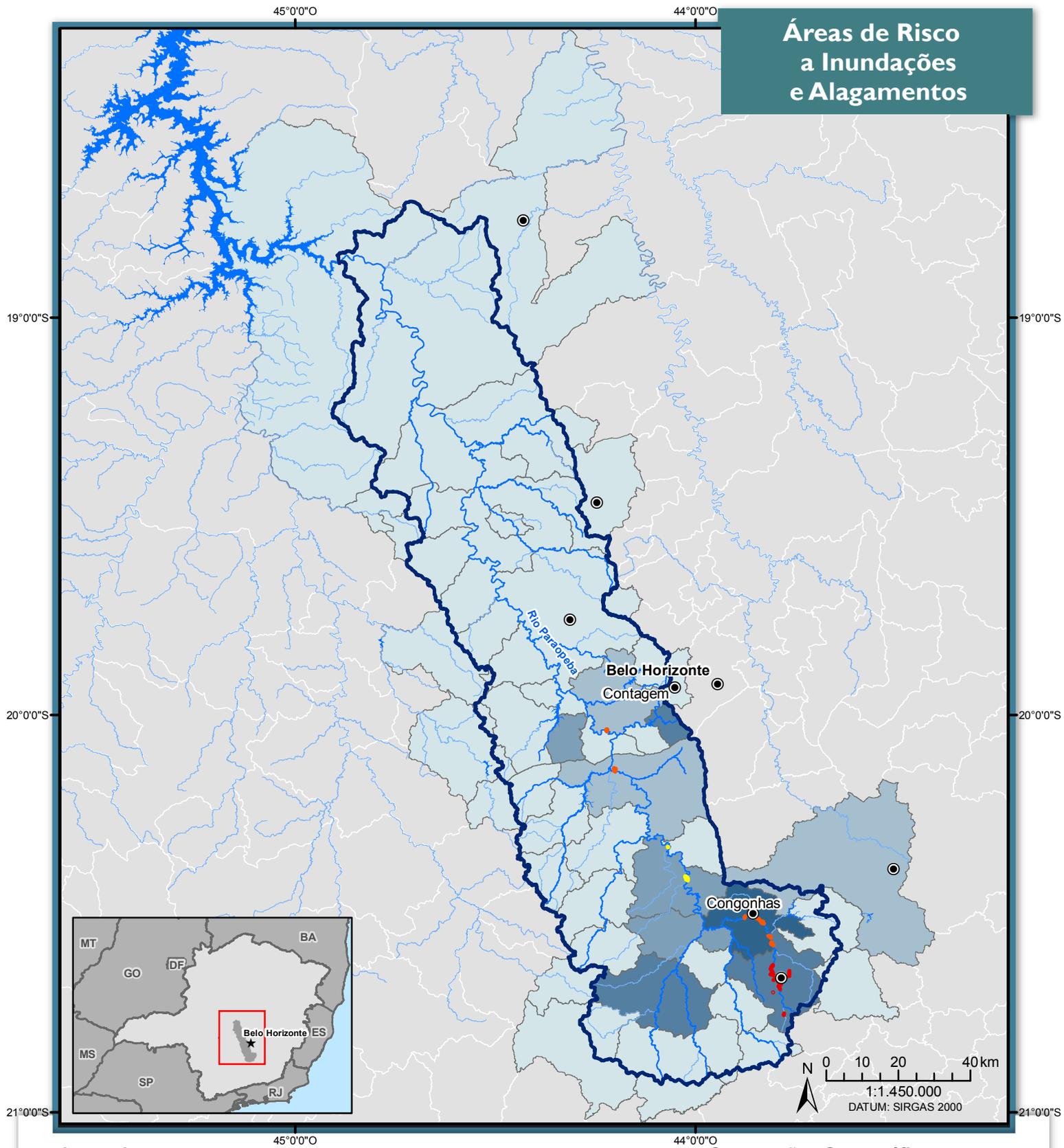
FONTE: CPRM, 2018.

Nota-se que as áreas de risco apontadas pela CPRM são estritamente urbanas e que foram apontadas pela metodologia adotada como alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes, não incorporando grandes regiões de estudo, mas sim localidades pontuais.

No Estado de Minas Gerais foram analisados 170 municípios, sendo que 12 destes são contemplados pelo PDRH Paraopeba. Todas as informações produzidas e disponibilizadas ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e ao Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) estão contempladas na base de dados do PDRH Paraopeba para a análise do tema.

Conforme pode ser observado na Figura 7.10 a seguir, os municípios de Belo Vale, Betim, Brumadinho, Congonhas, Conselheiro Lafaiete e Contagem apresentam a ocorrência de áreas em alto e muito alto potencial de inundação, que, para facilitar a visualização, tiveram seus limites ampliados de modo que suas concentrações sejam mais bem percebidas. A figura ainda apresenta o somatório da quantidade de áreas por município.

Áreas de Risco a Inundações e Alagamentos



Legenda

Áreas de Risco CPRM

- Alagamento/Inundações
- Inundação
- Potencial para Inundações

Número de Áreas de Risco

- 0
- 1
- 2 - 4
- 5 - 6
- 7 - 8

FONTE: CPRM, 2018.

Convenções Cartográficas

- Principais Sedes Municipais
- Limite Municipal
- Hidrografia Principal
- Limite SF3: Rio Paraopeba
- Reservatório
- Municípios SF3: Rio Paraopeba

7.1.5. Análise Integrada das Informações sobre Alagamentos, Inundações e Enxurradas

Por meio da coleta de dados sobre inundações, observou-se que já há uma significativa gama de informações que dizem respeito ao assunto, apresentadas em trabalhos e projetos em nível federal. Para a realização de uma análise que integre os aspectos levantados, realizou-se uma visualização conjunta do arcabouço de dados disponíveis, buscando identificar os locais ou regiões que combinam, simultaneamente, as características levantadas mais propensas a eventos provocados por precipitações.

Para a representação histórica de ocorrências nos municípios, foi necessário realizar um ajuste nas informações do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, que contempla a série entre 1991 e 2012, e aquelas dispostas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). Para a composição de uma única informação de histórico de ocorrências, a série do Atlas foi complementada pela apresentada no S2ID, formando uma única sequência entre 1991 a 2017, conforme a Figura 7.11, e espacializada por município em uma das camadas na Figura 7.12.

Figura 7.11. Série História de Alagamentos, Inundações e Enxurradas



FONTE: Adaptado de UFSC, 2013 e MI, 2018.

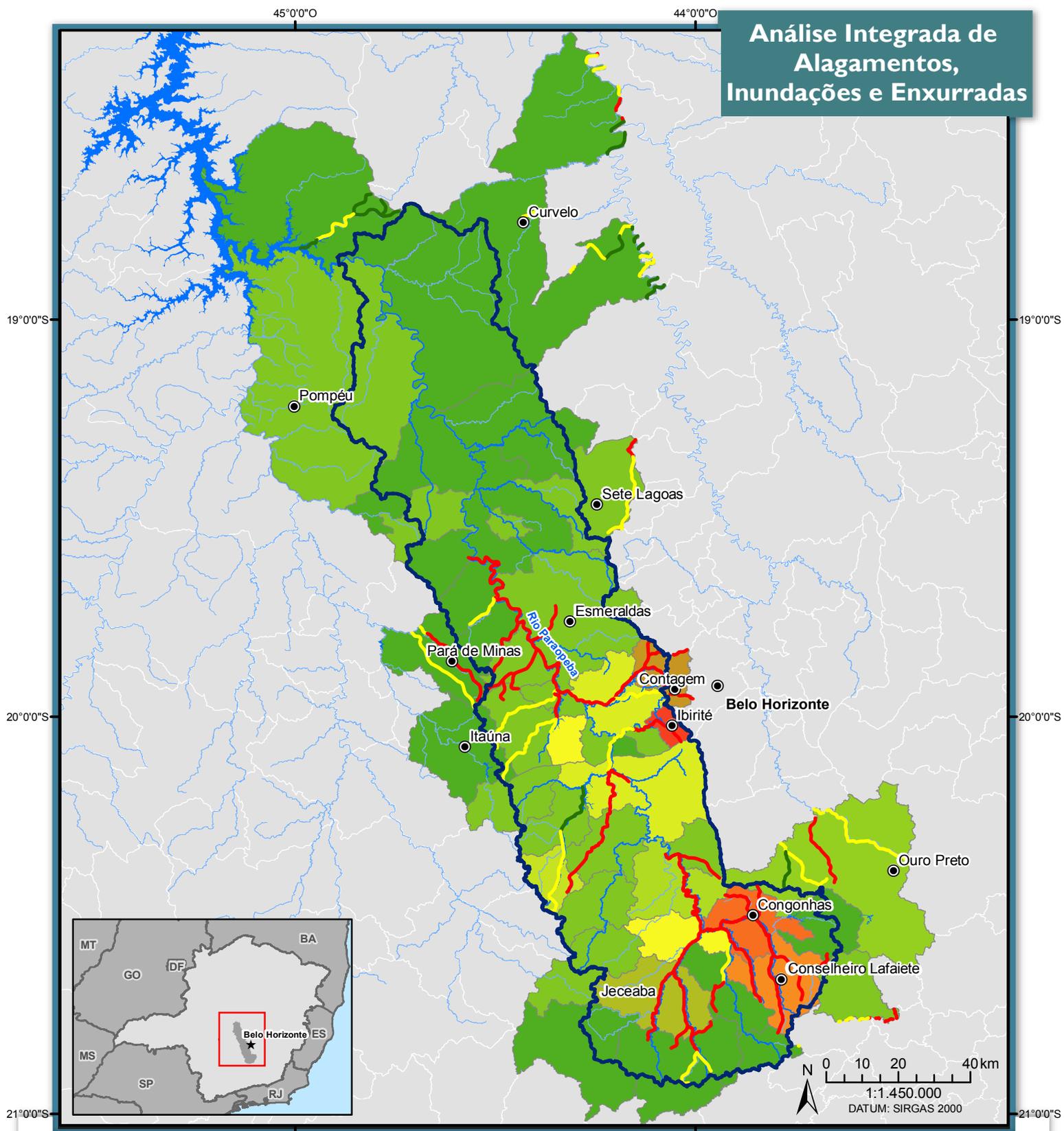
Com intuito de se destacar visualmente as regiões com maiores graus de vulnerabilidade a alagamentos, inundações e enxurradas, os mapas deste capítulo foram reclassificados em uma escala cujo gradiente varia de verde a vermelho, de maneira que as classes onde se observava menor risco seriam representadas pelo verde, e à medida que o risco se eleva, a coloração tende a ficar mais avermelhada.

Posteriormente a esse processo, os mapas foram sobrepostos de maneira translúcida, e assim a conjugação das transparências possibilita um novo arranjo de cores, intensificando as cores verdes ou vermelhas, ou ainda esmaecendo alguns pontos críticos em virtude de outros aspectos. Por exemplo, casos em que há um alto número

de áreas de risco potencial para inundações, porém há baixo número de inundações registradas, podem ter o grau de risco atenuado.

Os mapas utilizados para essa análise espacial foram: (i) somatório do número de áreas de risco potencial ou instalado para inundações por município levantado pelo CPRM; (ii) Histórico de ocorrências entre 1991 e 2017 por município. Ademais, sobreposto a eles, foi alocado o mapa de Vulnerabilidade a Inundações, cuja informação apresentada é por trecho de rio. O resultado final segue apresentado na sequência.

Análise Integrada de Alagamentos, Inundações e Enxurradas



Legenda

Eventos Precipitação

- 0 a 1
- 2 a 4
- 5 a 8
- 9 a 16
- 17 a 20

Áreas de risco

- 0
- 0 a 1
- 2 a 4
- 5 a 6
- 7 a 8

Vulnerabilidade à Inundações

- Alta
- Baixa
- Média

Convenções Cartográficas

- Principais Sedes Municipais
- Limite Municipal
- Hidrografia Principal
- Limite SF3: Rio Paraopeba
- Reservatório
- Municípios SF3: Rio Paraopeba

FONTE: CPRM, 2018; S2ID, 2018; UFSC, 2013; ANA, 201.

A sobreposição espacial das informações analisadas, mutuamente visíveis, aponta para a convergência de fatores naturais que confere a alguns municípios maior potencialidade quanto à ocorrência de alagamentos, inundações e enxurradas, fato corroborado pela série histórica de eventos. Por meio da análise visual pode-se observar que alguns municípios situados mais ao sul da região em estudo, com destaque para Jeceaba, Congonhas, Entre Rios de Minas e Conselheiro Lafaiete, apresentam maior propensão. Na porção central o município de Ibirité também se destaca por apresentar maior vulnerabilidade, e em um grau menor, o município de Contagem.

Cabe ressaltar que, apesar de existirem grandes trechos de rio classificados como alta vulnerabilidade a inundações na porção central da bacia do rio Paraopeba, não há municípios com elevado histórico de eventos registrados ou áreas de risco cadastradas pelo CPRM, por isso, essa região contrasta o vermelho dos trechos de rio com o os tons em verde, especialmente a região entre Esmeraldas e Pará de Minas.

Evidentemente, todos os municípios pertencentes ao PDRH do rio Paraopeba devem estar devidamente preparados estruturalmente e institucionalmente para casos de inundações e alagamentos, a fim de evitar maiores danos à população e ao patrimônio material. Entretanto, em uma leitura no nível geral da bacia, sugere-se que os polígonos marcados com destaque deveriam ser priorizados quanto à atenção recebida, em especial os municípios anteriormente citados, tanto pela recorrência de eventos, quanto pela população abrangida em seu interior.

Ressalta-se que a análise de risco de inundações e alagamentos contém imprecisões relacionadas com a base de dados consultada, principalmente a deficiência de registros e período histórico disponível. Da mesma forma, é importante notar que os estudos consultados possuem diferentes escalas de análise, apresentando em alguns casos resultados pontuais, em outros por trechos de rios e também em áreas afetadas. O mapa apresentado na Figura 7.12 leva em conta as informações oriundas de diferentes fontes, sem, no entanto, atribuir pesos diferenciados a cada camada de informação. Essa constatação traz à luz a necessidade de melhorias futuras no sistema de contabilização e georreferenciamento dos eventos registrados na bacia.

7.2. Secas e estiagens

7.2.1. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Relatório 2017 e Informe 2016

A fim de acompanhar a evolução do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e da Política Nacional de Recursos hídricos, a Agência Nacional de Águas (ANA) tem

reportado desde 2009 relatórios e informes que trazem um panorama de questões pertinentes aos recursos hídricos no território nacional.

Em 2009, 2013 e 2017 foram lançados os Relatórios Conjuntura, que a cada quatro anos procuram realizar um balanço da situação e da gestão dos recursos hídricos no Brasil, enquanto que nos intervalos são publicados informes anuais concisos que têm por objetivo atualizar os relatórios anteriores e subsidiar os futuros.

Entre os temas abordados, são analisadas anualmente as condições e ocorrências de eventos extremos ocorridos no país, bem como fatores e condições relacionadas às secas e estiagens, sendo que a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), vinculada ao Ministério da Integração Nacional (MI), se constitui como a principal fonte dos dados relacionados à ocorrência de eventos críticos ao referido estudo da ANA.

Nesse sentido, Informe 2016 do relatório e o Relatório de Conjuntura de 2017 fazem uma análise da disponibilidade hídrica no território nacional baseada nos regimes de precipitação e vazão, o que já denota uma situação desfavorável ao volume de água disponível e por consequência resultando e/ou intensificando os efeitos das secas e estiagens, conforme abordado na sequência.

O monitoramento hidrológico é realizado ao longo do tempo com o objetivo de fornecer informações sobre quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis em território nacional. Maior parte deste monitoramento é feito com base em informações de estações pluviométricas e fluviométricas pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). A RHN engloba estações hidrometeorológicas pertencentes ao território nacional, que podem ser públicas ou privadas, as quais fornecem dados gratuitamente por meio do SNIRH. A distribuição destas estações não é homogênea, havendo diferenças de densidade de distribuição de uma região para outra.

A avaliação do regime de precipitações foi embasada em análises estatísticas realizadas a partir de dados de estações pluviométricas de todo o país, organizados em séries históricas de 35 anos e a partir de dados de estações fluviométricas, com séries históricas de 30 anos.

Estudos demonstram que mudanças na temperatura e das precipitações podem influenciar diretamente nas características climáticas globais e do Brasil. Isto significa que em decorrência do aquecimento global, haverá mudanças nos padrões de chuva em todo país, aumentando a frequência e incidência de eventos chuvosos nas regiões Sul e Sudeste e intensificação das secas no Nordeste.

A alteração nos padrões de chuvas ocorre de modo natural, porém, eventos extremos de excesso ou escassez têm sido observados com maior frequência ultimamente.

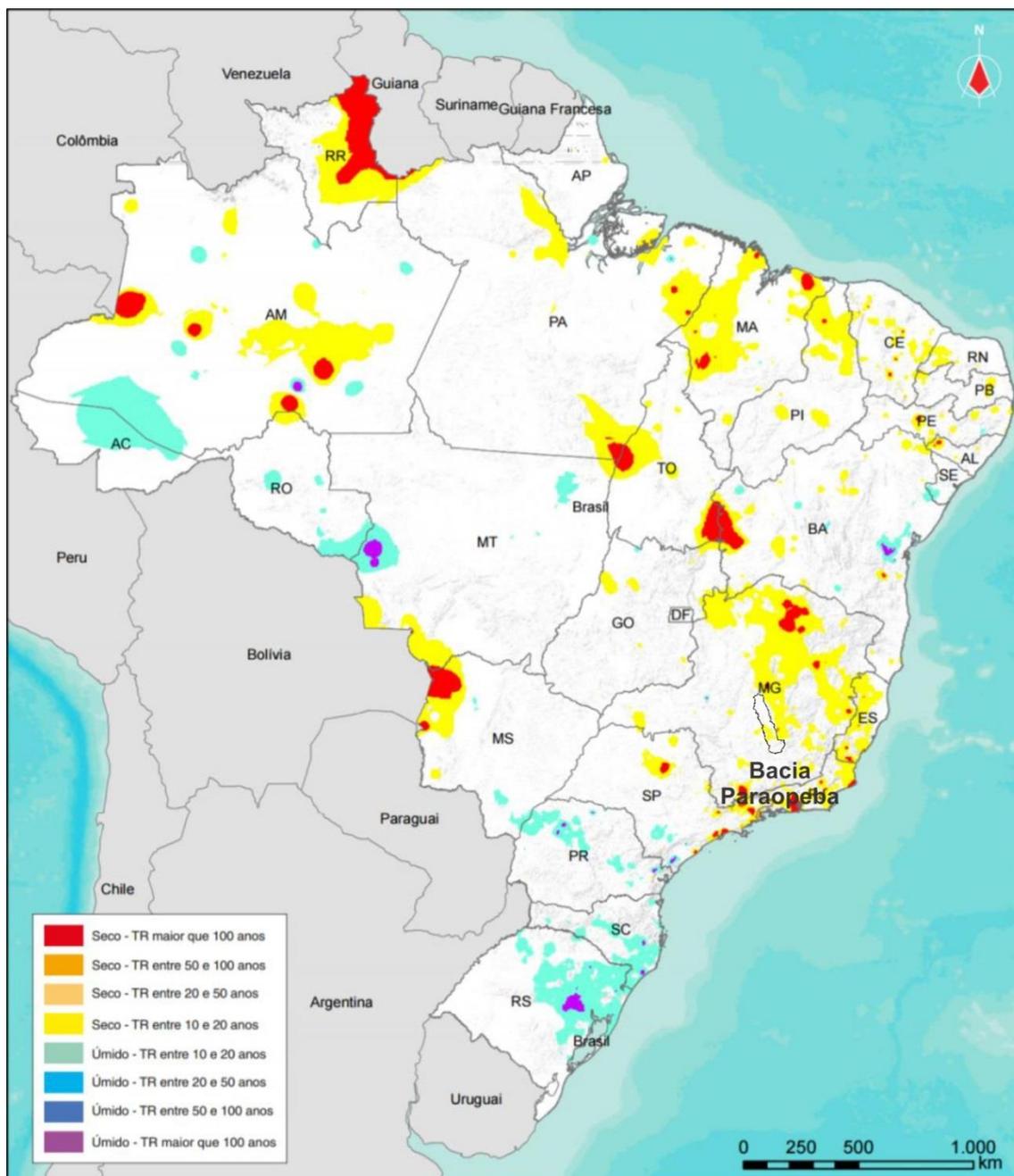
Segundo o Informe 2017 de Conjuntura dos Recursos Hídricos as secas, estiagens, enxurradas e inundações representam aproximadamente 84% dos eventos críticos causados por desastres naturais no Brasil. Entre 2013 e 2016 estima-se que 48 milhões de pessoas foram afetadas por eventos de secas e estiagens, um número seis vezes superior ao de pessoas afetadas por eventos de excesso de chuvas.

No ano de 2014 houve uma estiagem de grande severidade na região Sudeste, tendo havido diminuição de vazões em diversos rios do Estado de Minas Gerais. A situação pode ter se agravado para os 85 municípios do norte de Minas Gerais, que fazem parte dos 1.133 municípios que compõem a região do semiárido brasileiro.

A avaliação do regime de precipitações foi embasada em análises estatísticas realizadas a partir de dados de estações meteorológicas de todo o país organizados em séries históricas de 30 anos. No ano de 2015 apresentou eventos críticos, tanto de escassez, quanto de excesso de chuvas, sendo que na região Sudeste as precipitações ficaram abaixo da média para o período.

No caso Minas Gerais, constatou-se que em algumas partes do território estadual houve secas cujo tempo de recorrência (TR) estava entre 10 a 20 anos pelo menos, visto que em alguns pontos mais isolados mais ao norte o TR foi maior que 100 anos, como mostra a Figura 7.13.

Figura 7.13. Tempos de Recorrência da precipitação anual no Brasil para o ano hidrológico 2015



FONTE: ANA, 2016.

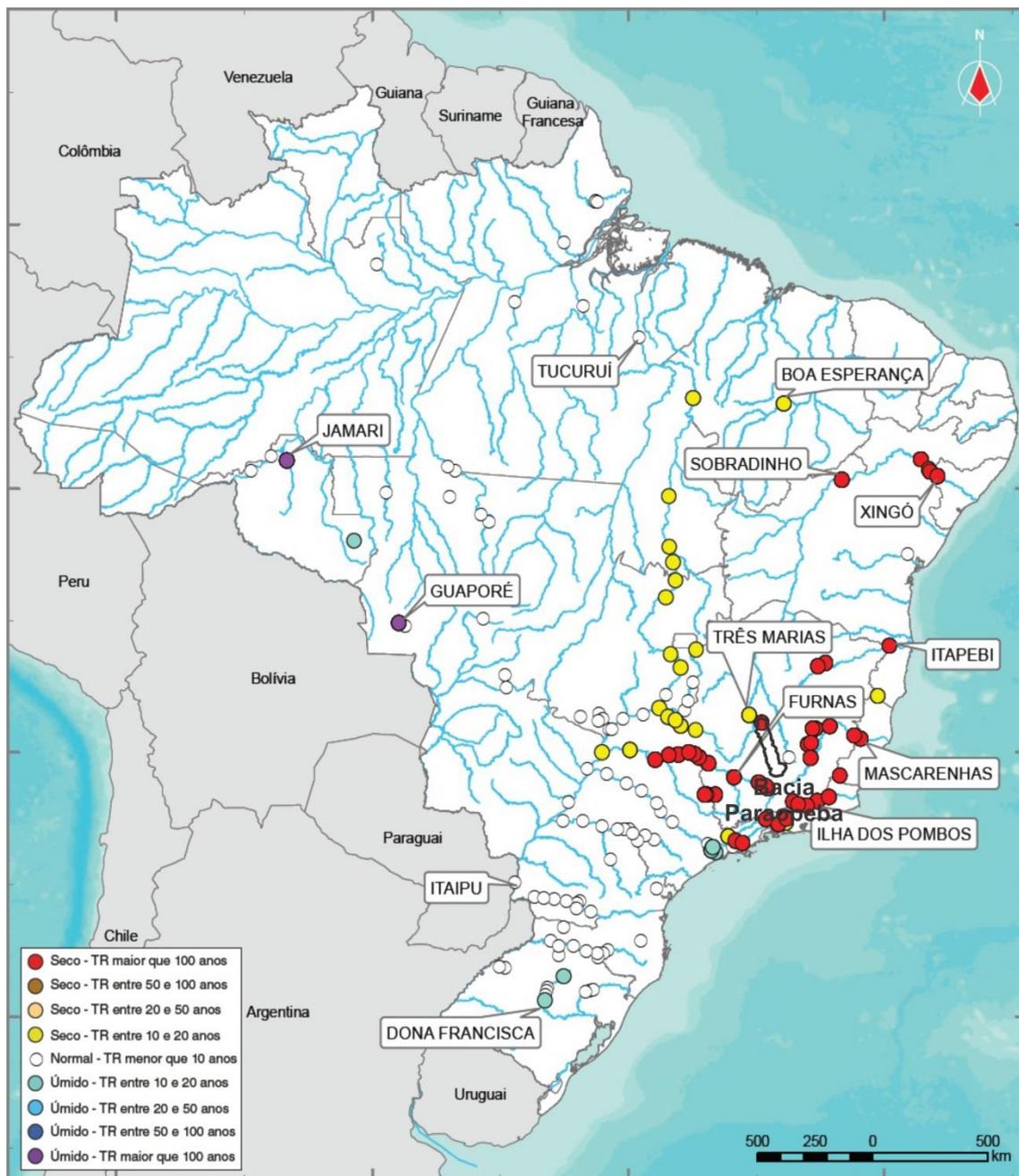
Alguns dos municípios que fazem parte do PDRH do rio Paraopeba foram englobados total ou parcialmente em áreas cujo tempo de recorrência de precipitação anual foi classificada como seca, com TR entre 10 e 20 anos.

Quanto ao regime de vazões, para o mesmo período analisado, foi observado que a bacia inserida na região hidrográfica do São Francisco apresentou vazões médias anuais em 2015 inferiores à vazão média histórica.

Para complementação da avaliação de vazões, foram realizadas análises estatísticas das vazões em 156 reservatórios de aproveitamento hidrelétrico do Sistema Interligado Nacional (SIN), cujas séries históricas foram disponibilizadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a fim de se estudar o Tempo de Recorrência das vazões registradas nos aproveitamentos hidrelétricos.

O resultado apontou que a região Sudeste foi aquela que demonstrou maior TR para as vazões dentre todo o universo analisado, já que na maioria dos casos apresentou vazões de seca superiores ao TR de 100 anos, principalmente nas bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Sul, Grande e Doce. Na bacia do rio São Francisco todas as UHEs registraram TR superior a 100 anos, resultado de seca crítica, excetuando-se Três Marias. O estado das UHEs nacionais para o ano hidrológico de 2015 pode ser observado na Figura 7.14 a seguir.

Figura 7.14. Tempos de retorno de vazões para o ano hidrológico 2015



FONTE: ANA, 2016.

Duas usinas hidrelétricas com diferentes graus de criticidade com relação ao Tempo de Retorno de vazões de seca estão localizadas à jusante do rio Paraopeba, Três Marias e Retiro Baixo. A UHE de Três Marias, apesar de situada no rio São Francisco, possui uma parte de seu reservatório na Bacia do Rio Paraopeba. Conforme pode ser observado na figura acima apresentada possui TR entre 10 e 20 anos para vazões de secas, considerado não tão crítico muito provavelmente devido ao tamanho de seu reservatório.

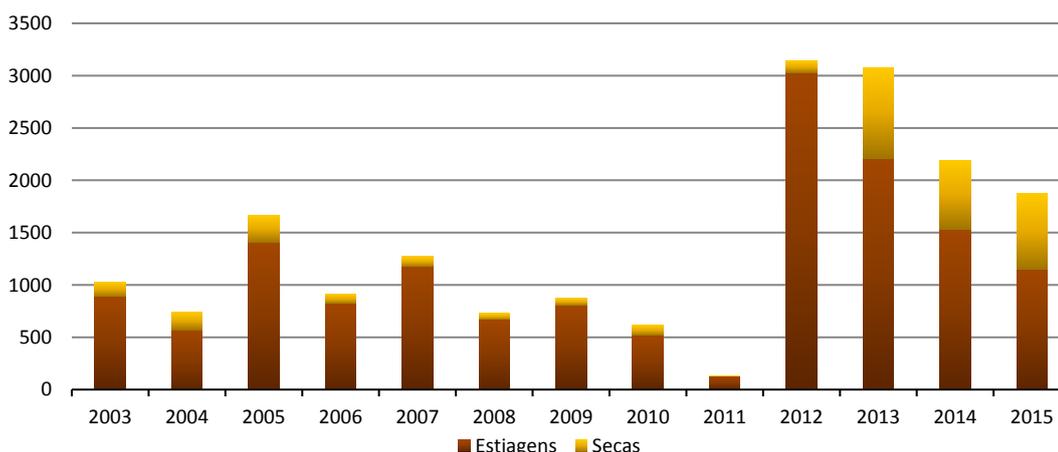
Já a UHE de Retiro Baixo, localiza-se entre os municípios de Curvelo e Pompéu, no baixo curso do rio Paraopeba, próximo ao município de Felixlândia, aproximadamente a 5 km de distância do remanso da UHE Três Marias. Apesar da proximidade com a UHE de Três Marias, a UHE de Retiro Baixo apresenta TR de 100 anos, provavelmente por apresentar um reservatório com menor capacidade volumétrica e menor recarga hídrica (RETIRO BAIXO ENERGÉTICA S.A, 2018).

Além da análise da disponibilidade hídrica nacional, o relatório Conjuntura 2016 aborda os eventos de secas e estiagens, que por sua vez podem ser definidos segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE):

- **Estiagem:** Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição; e
- **Seca:** estiagem prolongada durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico (BRASIL, 2016).

Segundo a avaliação que o estudo faz sobre eventos críticos, resumida na Figura 7.15 e baseada na quantificação de eventos de 2003 a 2015, no ano de 2012 se verificou um grande aumento na ocorrência de eventos relacionados à secas e estiagens, elevando significativamente o patamar de ocorrências neste ano. Em 2015, 1.192 municípios registraram a ocorrência de 1.870 eventos críticos relacionados a estiagens ou secas. Desse total, 16% dos municípios com ocorrência de secas ou estiagens em 2015 são pertencentes ao Estado de Minas Gerais.

Figura 7.15. Frequência anual de registros de desastres por secas e estiagens no Brasil



FONTE: ANA, 2016.

7.2.2. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais

Segundo o Atlas, foram levantados para a região avaliada neste estudo apenas um registro oficial de estiagem e seca, entre os anos de 1991 e 2012, mais especificamente no município de Maravilhas, no ano de 2007.

7.2.3. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID)

Segundo as informações dispostas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, em 2013, dos 48 municípios presentes no PDRH Paraopeba, apenas um registrou evento de seca ou estiagem, que afetou 100.000 habitantes.

Para o ano de 2014, 4 municípios apresentam registros de desastres relacionados a secas e estiagens, envolvendo 89.418 pessoas afetadas. O município de Pará de Minas foi o que contabilizou todos estes habitantes afetados. Os outros municípios também afetados foram os de Curvelo, Inhaúma e Pompéu.

Similarmente a 2014, o ano de 2017 apresentou o mesmo número de ocorrências de estiagens, 4 no total, e apenas um relativo a secas com o registro de 7.509 pessoas afetadas, sendo quase a totalidade destes afetados pertencentes ao município de Curvelo. Outros municípios afetados neste ano foram Ouro Preto, Pompéu e São José da Varginha.

Nos anos de 2015, 2016 e 2018 não houve registros de secas e estiagens para os municípios englobados pelo PDRH do rio Paraopeba.

7.2.4. Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais Relacionados às Secas no Contexto da Mudança do Clima

Durante a elaboração do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), foi observada a necessidade de aprofundamento de estudos sobre a vulnerabilidade do país frente às mudanças climáticas. Por este motivo, o MMA em conjunto com o Ministério da Integração e o *World Wide Fund for Nature* (WWF – Brasil), publicou em 2017 um estudo sobre o impacto das mudanças climáticas no Brasil.

Em 2016, foi apresentada a Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção do Clima (TCN), ocasião na qual foram levantados dados, informações e estudos sobre impactos, riscos e vulnerabilidades relacionadas com mudanças climáticas. Muitos estudos envolvendo vulnerabilidade a fenômenos hidrometeorológicos foram feitos tendo sido possível estabelecer relações importantes entre a ocorrência dos eventos e as possíveis causas que levaram à ocorrência destes desastres. Isto somado à

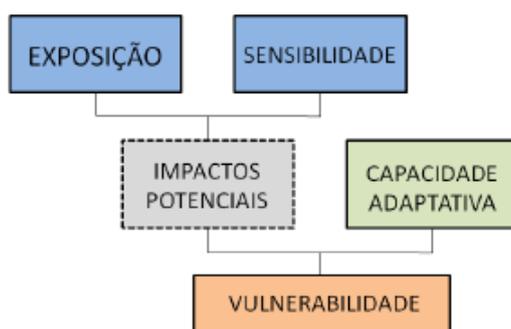
avaliação de aspectos socioambientais e econômicos contribuiu positivamente para o aprofundamento do estudo.

Devido à crescente necessidade de estudos de vulnerabilidade no país em relação a mudanças climáticas e como estas interferem nas diferentes categorias de desastre, foi observada a falta de informações no que diz respeito a estudos envolvendo secas e estiagens. Tendo em vista que as secas e estiagens são os tipos de desastres que mais atingem a população brasileira e que possuem os maiores registros de ocorrências no país, observou-se a necessidade de aprofundamento sobre este tema.

Esta publicação tem como propósito partir de um índice composto por variáveis e subíndices representados por três dimensões: climática, socioeconômica e físico-ambiental, e apresentar uma análise da vulnerabilidade do país a secas por meio de uma visão integrada do desastre. Desta forma, a vulnerabilidade do país a secas foi espacializada, em escala municipal, fornecendo informações sobre a vulnerabilidade no cenário atual e também trazendo projeções de evolução. Três períodos foram avaliados neste estudo: 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2099, sendo o primeiro período melhor detalhado.

Esta publicação levou em consideração o impacto da Seca Meteorológica na mudança do clima, sendo este parâmetro o principal causador dos eventos de secas no país. A vulnerabilidade foi definida com base em uma função composta por fatores como exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (Figura 7.16), conforme disposto no Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

Figura 7.16. Definição da vulnerabilidade no contexto das mudanças climáticas



FONTE: MMA, 2017.

- Exposição: leva em consideração fatores como médias de precipitação, equilíbrio hidrológico e níveis de umidade do solo e eventos críticos de secas, os quais influenciam diretamente na seca meteorológica e mudanças climáticas;

- Sensibilidade: efeito das mudanças climáticas no âmbito socioeconômico e ambiental;
- Capacidade adaptativa: capacidade de adaptação frente às mudanças climáticas provocadas pela seca.

A base de dados para compor o subíndice de exposição foi obtida a partir de uma série histórica de dados sobre precipitação e temperatura, compreendida entre 1961 e 1990, além de outras variáveis climáticas relacionadas às secas, provenientes de dados brutos de dois modelos climáticos globais diferentes, o Eta-HadGEM2 - ES e o Eta-MIROC5, por meio dos quais o modelo regional Eta é correlacionado. A versão do Eta utilizada possui resolução de 20 km para regionalização climática brasileira, tendo sido adaptada para os estudos dos cenários de mudanças climáticas.

Para compor as projeções dos dados climáticos foram utilizados como base os cenários 4,5 e 8,5 do 5º Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC – AR5), cujo foco foi a intensificação das mudanças climáticas. Estes cenários objetivam direcionar as modelagens com intuito de facilitar a compreensão dos resultados por parte do público em geral.

As RCPs são cenários que descrevem as trajetórias alternativas das emissões de dióxido de carbono e o resultado da concentração atmosférica destes gases de 2000 a 2100. Também descreve 4 cenários diferentes baseados em diferentes hipóteses sobre população, crescimento econômico, consumo e fontes de energia e o uso do solo ao longo deste século. Os cenários não nominados de acordo com o nível de “radiação forçada ou forçante radioativa” produzidos por cada um, medidos em Watts por metro quadrado (W/m^2).

O RCP 4.5 representa um cenário menos pessimista, indicando picos de emissão de dióxido mais controlados e com potencial de redução. Este cenário leva em consideração crescimento populacional e econômico não tão acentuados. Logo, demonstra como o sistema climático tende a se estabilizar frente às componentes antrópicas associadas a esta forçante radioativa.

Já o cenário RCP 8.5, mais pessimista, refere-se à estabilização da forçante radioativa de $8.5 W/m^2$ apenas no ano de 2100, considerando as maiores emissões de gases de efeito estufa. É sugerido por meio deste cenário um crescimento populacional contínuo e baixo desenvolvimento tecnológico associado à grande dependência de combustíveis fósseis, o que levaria às maiores emissões de dióxido de carbono.

O subíndice de exposição climática à seca foi baseado nas variáveis supracitadas. Para ampliar a capacidade de análise, foram espacializadas as informações sobre exposição para a região alvo deste estudo nos Cenários RCP 4.5 e 8.5, para ambos os modelos climáticos, da Figura 7.17 a Figura 7.20.