

//

ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO

PROJETO
URBAN-LEDS II

BETIM

2020

// SUMÁRIO

// 01 INTRODUÇÃO.....	5
// 02 CONTEXTO	6
2.1.1 // LENTE CLIMÁTICA: A RESILIÊNCIA URBANA EM FOCO	6
2.1.2 // CONTEXTO SOCIOECONÔMICO E DEMOGRÁFICO	7
2.1.3 // CONTEXTO FÍSICO E CLIMÁTICO	8
2.1.4 // DESASTRES: DESAFIOS DO FUTURO OU ATUAIS?	11
// 03 METODOLOGIA	12
3.2.1 // INUNDAÇÃO.....	18
3.2.2 // DESLIZAMENTO.....	18
3.2.3 // ONDAS DE CALOR.....	19
3.2.4 // PROLIFERAÇÃO DE VETORES (AEDES AEGYPTI)	19
// 04 ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO.....	20
4.1 // EXPOSIÇÃO	20
4.2.1 // SÍNTESE.....	21
4.2.2 // MAPAS.....	24
4.3.2 // MAPAS.....	30
4.4.1 // SÍNTESE.....	34
4.4.2 // MAPAS.....	36
4.5.2 // MAPAS.....	42
4.6.1 // MAPAS.....	47
// 05 RESILIÊNCIA CLIMÁTICA: PRINCIPAIS CONCEITOS	48
// 06 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
// GLOSSÁRIO	60
// REFERÊNCIAS	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Climograma de Betim com dados históricos (1982-2012).....	10
Gráfico 2 - Representa a evolução da máxima precipitação diária anual.....	21
Gráfico 3 - Representa a precipitação total anual dos dias em que a chuva excedeu o percentil 95.	21
Gráfico 4 - Representa a evolução do número de dias em um ano em que a precipitação supera a marca de 25mm em um dia.	22

Gráfico 5 - Representa a evolução do indicador CWD que representa o número de dias consecutivos em um ano. Esse índice reflete chuvas concentradas em um longo período de tempo.	28
Gráfico 6 - Representa a evolução do Rx5day que representa a máxima precipitação anual em acumulada 5 dias consecutivos, isto é, durante todo o ano, computa-se o valor acumulado em uma janela móvel de 5 dias, e o maior valor nessa janela é registrado.	28
Gráfico 7 - Representa o número máximo de dias consecutivos no ano em que a temperatura máxima excedeu percentil 90, considerando-se 30° C conta-se o número de dias no ano em que temperatura máxima atingiu esse limiar.....	34
Gráfico 8 - Representa porcentagem anual de dias em que a temperatura máxima excedeu o percentil 90, não necessariamente consecutivos.....	34
Gráfico 9 - Representa a evolução da umidade relativa do ar média anual projetada modelo ETA-HadGEM2-ES, cenário RCP8.5.	40
Gráfico 10 - Representa a evolução da temperatura média anual projetada modelo ETA-HadGEM2-ES, cenário RCP8.5.	40
Gráfico 11 - Representa a evolução da precipitação total anual projetada modelo ETA-HadGEM2-ES, cenário RCP8.5.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2 - Framework da metodologia empregada	15
Figura 3 - Variáveis utilizadas para o cálculo do risco de inundação	18
Figura 4 - Variáveis utilizadas para o cálculo do risco de deslizamento.....	18
Figura 5 - Variáveis utilizadas para o cálculo do risco de ondas de calor.....	19
Figura 6 - Variáveis utilizadas para o cálculo do risco de proliferação de vetores	19
Figura 7 - Tipos e exemplos de medida de adaptação.....	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking dos bairros mais críticos em relação a inundação de Betim	23
Tabela 2 - Ranking dos bairros mais críticos em relação a deslizamento de Betim.....	29
Tabela 3 - Ranking dos bairros mais críticos em relação a ondas de calor de Betim.....	35
Tabela 4 - Ranking dos bairros mais críticos em relação a proliferação de doenças de Betim.....	41
Tabela 5 - Lista longa das medidas estruturais de adaptação para o município de Betim	57

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 - Exposição da população de Betim	20
Mapa 2 - Ameaça de Inundação no município de Betim	24
Mapa 3 - Vulnerabilidade a inundação no município de Betim..	25
Mapa 4 - Risco a inundação no município de Betim	26
Mapa 5 - Risco crítico a inundação no município de Betim..	27
Mapa 6 - Ameaça a deslizamento no município de Betim	30
Mapa 7 - Vulnerabilidade e deslizamento no município de Betim.....	31
Mapa 8 - Risco a deslizamento no município de Betim.....	32
Mapa 9 - Risco crítico a deslizamentos no município de Betim.....	33
Mapa 10 - Ameaça a ondas de calor no município de Betim..	36
Mapa 11 - Vulnerabilidade a ondas de calor no município de Betim.....	37

Mapa 12 - Risco a ondas de calor no município de Betim..	38
Mapa 13 - Risco crítico a ondas de calor no município de Betim.....	39
Mapa 14 - Ameaça a proliferação de vetores (Aedes aegypti) no município de Betim.....	42
Mapa 15 - Vulnerabilidade a proliferação de vetores (Aedes aegypti) no município de Betim	43
Mapa 16 - Risco a proliferação de vetores (Aedes aegypti) no município de Betim	44
Mapa 17 - Risco crítico a proliferação de vetores (Aedes aegypti) no município de Betim	45
Mapa 18.....	47

AUTORES

WayCarbon

Melina Amoni, Gerente de Risco Climático e Adaptação
Henrique Pereira, CEO
Marina Lazzarini, Analista de sustentabilidade
Rayane Pacheco, Analista de Dados II
Gregory Pitta, Consultor I

COLABORADORES

ICLEI AMÉRICA DO SUL

Rodrigo Perpétuo, Secretário Executivo
Sophia Picarelli, Gerente de Biodiversidade e Mudança do Clima
Camila Chabar, Coordenadora de Mudança do Clima
Gustavo Oliveira, Assistente de Mudança do Clima
Flavia Speyer, Analista de Mudança do Clima
Diogo Meneses, Assistente de Mudança do Clima

MAPAS DE ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO DESSA PUBLICAÇÃO

CRS: SIRGAS 2000
DATUM: SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCENTRICO PARA LAS AMERICAS 2000
ELLIPSOIDE: GRS 1980
FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, DADOS IBGE 2010

REALIZAÇÃO



IMPLEMENTAÇÃO



// APRESENTAÇÃO

A análise de risco climático para o município de Betim (Minas Gerais, Brasil) surge da iniciativa do projeto Urban-LEDS II (2017-2021) e da vontade do município em se tornar resiliente frente à mudança do clima, bem como de transitar para uma economia de baixo carbono. A iniciativa Urban-LEDS II "Acelerando Ação Climática por meio da Promoção de Estratégias de Desenvolvimento Urbano de Baixas Emissões" visa tornar as estratégias de desenvolvimento de baixa emissão uma parte fundamental da política e planejamento urbano nas cidades. Essa iniciativa, financiada pela Comissão Europeia e implementada pelo ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade em parceria com a ONU-Habitat, está sendo implantada na América do Sul em 7 governos locais da Colômbia e 8 do Brasil, sendo Betim uma dessas cidades.

Betim participa desde a Fase I (2012-2016) do projeto Urban-LEDS e vem se destacando na agenda climática brasileira. Na fase II do projeto, a cidade foi selecionada para receber o apoio direto de uma consultoria para que, junto à cidade, auxilie na gestão climática para torná-la mais resiliente frente à mudança do clima, tendo como base insumos técnicos desenvolvidos a partir da análise de vulnerabilidade e riscos climáticos.

Nesse sentido, a WayCarbon, com vasta experiência na área de mudança do clima e sustentabilidade, apresenta o estudo de Análise de Risco Climático do município de Betim como parte da construção do aumento da resiliência da cidade. Em resumo, o presente relatório será dividido em 6 capítulos, sendo:



CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO:

apresenta um resumo sobre a mudança do clima e seus impactos, como também o objetivo do presente relatório;

CAPÍTULO 2 – CONTEXTO:

apresenta levantamento do contexto socioeconômico, físico e climático de Betim, além da visão climática da cidade, sendo base para análise;

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA:

apresenta as premissas, os procedimentos metodológicos e a base de dados técnicos e científicos utilizados para o cálculo do índice de risco climático;

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO:

apresenta os resultados da análise de risco climático para cada ameaça, ou seja, inundação, deslizamento, ondas de calor e proliferação de doenças transmissíveis, incluindo os direcionamentos para sua interpretação;

CAPÍTULO 5 – RESILIÊNCIA CLIMÁTICA:

apresenta conceitos principais na área de adaptação climática e as proposições de medidas para a cidade de Betim;

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS:

apresenta as principais conclusões do trabalho realizado, incluindo recomendações/indicativos de aspectos a serem incorporados na gestão ambiental urbana, além das limitações e barreiras decorrentes de premissas metodológicas, da disponibilidade de dados e do tempo de execução do projeto.

// 01 INTRODUÇÃO

A mudança do clima são consideradas um dos desafios mais complexos deste século, tendo em vista a sua magnitude, potencial desequilíbrio ambiental e as incertezas inerentes às projeções de risco. Os impactos gerados por essa mudança já são sentidos pelos centros urbanos e vêm crescendo nos últimos anos. As projeções climáticas do IPCC (2014) indicam um aumento do risco para pessoas, ativos, economias e ecossistemas, incluindo impactos relacionados ao estresse térmico, alteração na intensidade e frequência de eventos extremos de precipitação e consequências relacionadas à elevação do nível do mar. Segundo *Revi et al.* (2014), as variações extremas nos regimes de chuva e temperatura projetam a intensificação das inundações, deslizamentos, ondas de calor, secas, proliferação de vetores de doenças, entre outros.

No contexto da mudança do clima, as cidades merecem destaque por dois fatores: (1) por serem os territórios que concentram grande parte das emissões de gases de efeito estufa (GEE), responsáveis por mais de 70% de todas as emissões, principalmente advindas dos setores de transporte, energia e resíduos (ONU-HABITAT, 2011); e (2) por serem os territórios mais vulneráveis à mudança do clima, ao concentrar pessoas, infraestruturas e atividades econômicas suscetíveis a sofrerem os impactos relacionados à intensificação das ondas de calor, inundações, deslizamentos, doenças, além da segurança hídrica, energética e alimentar, por exemplo.

As cidades concentram grande parte do poder econômico, político e administrativo, e sua rápida urbanização, muitas vezes feita de forma não planejada, em conjunto com os efeitos da mudança do clima, cria riscos adicionais para os meios de vida sustentáveis. Para se ter uma ideia, na América Latina e Caribe, aproximadamente 80% da população vive nas cidades, sendo considerada a região mais urbanizada do mundo, e estima-se que, em 2050, este número deve se aproximar de 90% (ONU-HABITAT, 2012). A maioria dessas cidades já possui problemas ambientais associados aos padrões de desenvolvimento (urbanização) e transformação de áreas geográficas, complementados pelas desigualdades socioeconômicas. E os extremos climáticos tendem a amplificar os riscos já existentes causados pelas pressões pela maior demanda de água, alimentos, energia, habitação e mobilidade urbana, outras infraestruturas e serviços (WORLD BANK, 2010; ONU Habitat, 2016).

Embora toda a população urbana possa ser afetada de alguma forma, os impactos da mudança do clima atingirão, especialmente, e de forma mais direta, a população de baixa renda e que possui acesso limitado a serviços e outros recursos que possam minimizar os efeitos

adversos. Tais divergências criam, no meio urbano, grupos mais sensíveis e com menor capacidade de adaptação.

Diante deste cenário, o desenvolvimento e a efetiva implementação de ações de adaptação destinadas à redução dos efeitos adversos das ameaças climáticas existentes torna-se fundamental para o aumento da resiliência climática das cidades. Destaca-se que as ações de adaptação devem considerar o contexto local, visto o dinamismo e a especificidade de cada cidade. Dessa forma, o ponto de partida para uma gestão de risco assertiva e para a construção da resiliência climática a longo prazo deve estar baseado no entendimento de um conjunto de ameaças climáticas, além dos elementos de exposição e vulnerabilidade dos diferentes sistemas que compõem um ambiente urbano (ambiental, social e econômico), subsidiando, assim, o desenvolvimento de políticas públicas responsivas e investimentos que minimizem o risco.

Nesse sentido, o presente estudo apresenta os resultados do índice de Risco Climático para Betim, apontando os riscos atuais e futuros aos quais a cidade está e estará exposta, bem como as medidas de adaptação (implementadas, planejadas e propositivas) necessárias para a construção da resiliência da cidade frente aos impactos da mudança do clima.

Ressalta-se que a análise de risco climática foi feita considerando as ameaças que historicamente estão presentes na cidade: inundação, deslizamento, ondas de calor e proliferação de vetores (*Aedes aegypti*). Foram utilizados os resultados de projeção climática do modelo Eta-HadGEM2-ES (CPTEC/ INPE) para o horizonte temporal de 2030 e 2050, considerando o cenário de concentração de GEE RCP8.5, além de variáveis ambientais, sociais, econômicas e demográficas.

// 02 CONTEXTO

2.1 // BETIM: UMA VISÃO GERAL

2.1.1 // LENTE CLIMÁTICA: A RESILIÊNCIA URBANA EM FOCO

As ações de mitigação e de adaptação devem ser vistas de forma integrada às ações que objetivam o desenvolvimento sustentável das cidades, visto que estas não apenas auxiliam o enfrentamento à mudança do clima, como também, o desenvolvimento ambiental das sociedades, aliado aos desenvolvimentos econômico e social. Nessa perspectiva, pode-se dizer que Betim vem atuando em prol do seu desenvolvimento sustentável, inclusive com a implantação do aterro sanitário do município, em 1996, sendo o primeiro do Estado de Minas Gerais. Desde então, a cidade já desenvolveu e vem desenvolvendo uma série de projetos visando a se tornar mais resiliente. Ressalta-se que a própria análise de risco climático apresentada neste documento se apresenta como um desses projetos que a cidade vem implementando, sendo uma importante ferramenta para a elaboração de medidas de adaptação para a cidade de Betim.

Durante a fase I (2012-2016) do projeto Urban-LEDS, por exemplo, o município realizou seu primeiro inventário de emissões de GEE (para os anos-base de 2012 e 2016) com apoio do projeto, que foi atualizado na fase II (2017-2021) para o período-base de 2014-2017.

Abaixo estão listados alguns exemplos de ações, políticas, planos e programas do município de Betim, não exaustivos, fundamentais para o desenvolvimento sustentável da cidade, bem como para o enfrentamento da mudança do clima:



- Compromisso público de comprometimento ao enfrentamento da mudança climáticas – Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e Energia – GCoM (2015);
- Elaboração do 1º inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2013);
- Substituição por LED de lâmpadas públicas e dos semáforos a partir de 2016;
- Comitê Municipal de Mudanças do Clima e Ecoeficiência (2016) – 2º do Estado de Minas Gerais;
- Usina de reciclagem de resíduos da construção civil (2016);
- Lei IPTU Ecológico Nº 6227/2017;
- Plano Diretor Lei Nº 07/2018;
- Proposta de projeto de Lei – Política Municipal de Mudanças Climática (2019);
- 2º inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2020);
- Plano de arborização urbana (2020);
- Estabelecimento de várias iniciativas de coleta seletiva ao longo do tempo pelo Município;
- Execução de iniciativas da Agenda 21: como exemplo, "A Betim que queremos em 2017", realizada de 2004 a 2008, com processo intenso de participação popular e em convênio com o Fundo Nacional de Meio Ambiente;
- Instauração de avenidas sanitárias de interligação entre regiões, interceptação de esgotos e construção de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) em diversas regiões;
- Implantação de 30 km de ciclovias na cidade.



2.1.2 // CONTEXTO SOCIOECONÔMICO E DEMOGRÁFICO

O município de Betim, fundado em 1938 por meio da Lei Nº 148/38, emancipando-se do município de Esmeraldas, situa-se na Região Metropolitana de Belo Horizonte e conta com uma área territorial equivalente a 343,90 km². Betim possui uma população equivalente a 427.146 habitantes, sendo o quinto município mais populoso de Minas Gerais, resultando em uma densidade demográfica de 1.242,06 hab/km², segundo estimativas do IBGE para o ano de 2017 (IBGE, 2017). Dentre essa população, a maioria se declara como negros (65,63%) e mulheres (50,71%), resultando em 33,37% brancos e 49,29% homens. De acordo com o último censo (IBGE, 2010), a estrutura etária da população no município é composta por 24,88% pessoas menores de 15 anos, 70,54% de 15 a 64 anos, e 4,58% com 65 anos ou mais, com uma taxa de envelhecimento de 4,55%.

De acordo com Meirelles e Reis (2009), o desenvolvimento econômico do município de Betim inicia-se na década de 1940, com a instalação de indústrias de porte significativo e com a melhoria das vias de acesso à cidade. Entretanto, a partir da década de 1970, o seu desenvolvimento se intensifica com a instalação de grandes indústrias. Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae, 2016), Betim contava, em 2012, com um total de 3.671 empresas constituídas, com uma taxa de sobrevivência (dois anos) de 81,4%. Com esse perfil mais industrial, Betim possui um PIB per capita, segundo dados do IBGE de 2017, de R\$54.052,13, o 3º maior da região e o 23º maior do Estado de Minas Gerais.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Betim, referente ao ano de 2010, equivale a 0,749, em uma pontuação que varia entre 0 e 1, enquadrando o município na faixa de alto IDHM, fazendo com que o município ocupe a 42ª posição entre os municípios do Estado de Minas Gerais, representando uma evolução de 22,39% em relação ao ano de 2000. Essa evolução é resultado do aumento das dimensões que compõem o IDHM, sendo: IDHM Longevidade (alteração 10,91% em relação a 2000), IDHM Educação (alteração 47,74% em relação a 2000) e IDHM Renda (alteração 11,83% em relação a 2000).

O IDHM de Longevidade leva em consideração a esperança de vida ao nascer e a taxa de mortalidade infantil. De acordo com os dados de 2010 do IBGE, o valor da esperança de vida ao nascer para o município de Betim é igual a 76,82 anos, sendo a de mulheres (80,84 anos) e a pessoas brancas (77,25 anos) maiores que a dos homens (72,89 anos) e das pessoas negras (76,71 anos). Em relação à taxa de mortalidade infantil para o ano de 2010, definida como o número de óbitos de

crianças com menos de um ano de idade para cada mil nascidos vivos, esta equivale a 12,68 por mil nascidos vivos, sendo a de mulheres (12,03 por mil) e pessoas brancas (11,24 por mil) menores do que de homens (13,34 por mil) e pessoas negras (13,06).

O IDHM de Educação é composto por cinco indicadores, sendo que quatro deles se referem ao fluxo escolar de crianças e jovens, e um é relativo à escolaridade da população adulta. Segundo os dados do censo de 2010, o município de Betim possui o seguinte fluxo escolar etário: crianças de 5 a 6 anos na escola (92,34%); crianças de 11 a 13 anos, frequentando os anos finais do ensino fundamental (90,19%); jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo (68,48%), e jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo (46,49%). Em relação à escolaridade da população adulta, considerando a população de 25 anos ou mais de idade do município e considerando os dados do censo de 2010, tem-se que 6,82% eram analfabetos, 53,01% tinham o ensino fundamental completo, 34,95% possuíam o ensino médio completo e 6,53%, o superior completo.

A terceira dimensão do IDHM, o IDHM Renda, envolve a questão de renda, pobreza e desigualdade. Segundo os dados do censo de 2010, a renda per capita mensal da população de Betim equivale a R\$660,56 (aumento de

1. Instrumento utilizado para medir o grau de concentração de renda, apontando a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, varia de 0 a 1, sendo que 0 representa a situação de total igualdade, ou seja, todos têm a mesma renda, e o valor 1 significa completa desigualdade de renda, isto é, apenas uma pessoa detém toda a renda do local. Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano.

59,99% em relação a 2000), o percentual de pobres equivale a 7,04% (diminuiu 15,48 p.p em relação a 2000), e o Índice de Gini¹ equivale a 0,47 (diminuiu 0,03 em relação a 2000).

Quanto a condições de habitação, de acordo com os dados do IBGE para o ano de 2010, Betim possuía 86% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado e 33,5% dos domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada, isto é, com presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio. Quando comparado aos outros 5.570 municípios brasileiros, Betim ocupa a posição de 3140º em relação a quantidade de municípios com esgotamento sanitário adequado. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, em 2017, 89,89% da população de Betim residia em domicílios com abastecimento de água, 74,23% da população possuía acesso ao serviço de esgotamento sanitário, e 99,5% da população possuía domicílios com coleta de resíduos.

Em termos de economia, o município de Betim é considerado como um polo petroquímico e automotivo com mais de seis mil empresas instaladas e possui um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$54.052,13, segundo dados do IBGE para o ano de 2017, sendo o 3º maior da microrregião e o 23º no Estado de Minas Gerais. O setor industrial, dentre as principais bases da economia do município, se destaca em termos de contribuição para o PIB de Betim.

2.1.3 // CONTEXTO FÍSICO E CLIMÁTICO

Os aspectos físicos e climáticos do município de Betim, bem como as condições socioeconômicas, são essenciais para compreender como a população betinense está distribuída em regiões que podem ser naturalmente mais suscetíveis e expostas aos riscos climáticos.

Betim está localizado na bacia hidrográfica do Rio Betim, a qual possui uma área aproximadamente de 245,78 km². Além do próprio rio Betim, o município conta com a presença do rio Paraobepa, que é relevante para o abastecimento de água da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Do ponto de vista geológico e, de acordo com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER/MG, 2006) o município de Betim é composto por:

DEPÓSITOS ALUVIONÁRIOS

formados pela deposição de sedimentos (areia, silte e argila) e material mais grosseiro, como seixos, por ciclo de inundação e deposição, e estão distribuídos ao longo dos principais cursos d'água em toda a região de Betim;

COBERTURAS DETRÍTICAS

predominância de solos profundos e homogêneos, podendo ocorrer grãos de quartzo angulares ou arredondados. A cor avermelhada indica a ocorrência de óxidos de ferro em ambientes de oxidação, o que indica um bom arejamento e, conseqüentemente, uma boa permeabilidade do solo. As unidades de relevo que as coberturas detríticas ocupam na cidade de Betim são os topos alongados de colinas, vertentes convexas e rampas de colúvio;

FORMAÇÃO JUATUBA

predominância de argilitos, arenitos e conglomerados semiconsolidados, que constituem material geológico de natureza sedimentar. Segundo o levantamento geológico CETEC (1994), esta unidade é pontual no Município de Betim;

GRUPO MACAÚBAS E GRUPO MAQUINÉ

predominância de quartzo na mineralogia deste material predispõe a ocorrência nesta unidade de afloramentos rochosos na geoforma chamada crista. Tal unidade pode ser encontrada de forma expressiva na Serra Negra;

FORMAÇÃO SABARÁ

constituída por rochas metavulcânicas, rochas de minerais facilmente intemperizáveis, gerando solos avermelhados e argilosos, podendo apresentar média fertilidade;

GRUPO NOVA LIMA

ocorre em vertentes ravinadas, com formação de Cambissolos e Neossolos Litólicos, que apresentam elevada instabilidade mecânica, limitando qualquer trabalho de terraplenagem, e, conseqüentemente, a expansão urbana e industrial;

COMPLEXO BASAL INDIFERENCIADO

as rochas que constituem essa unidade são gnaisse e migmatito, representando o embasamento cristalino. Tal unidade é predominante no município de Betim, caracterizando o relevo típico do município;

ROCHAS INTRUSIVAS

ocorrem na forma de diques estreitos, lineares. As rochas predominantes são os glabros e os anfíbolitos. Os solos originados são Nitossolos e Latossolos de média a alta fertilidade com significativa aptidão para a olericultura.

Em termos de pedologia, o município de Betim abrange seis classes de solos: Cambissolo, Argissolo, Latossolo, Neossolos Flúvicos, Neossolo Litólico e Gleissolo. Os solos Cambissolos são solos altamente instáveis, o que limita a mecanização. Os Cambissolos eutróficos encontrados em terraços fluviais são excepcionais para a agricultura, e os álicos, quando corrigidos adequadamente, também são aptos à agricultura, porém são requeridas altas doses de corretivo. Os Argissolos, na maioria das vezes, permitem o emprego de máquinas agrícolas e respondem bem à aplicação de fertilizantes e de corretivos para sua utilização na agricultura. Os Latossolos são solos mais desenvolvidos e, quando eutróficos, são muito férteis. Os Neossolos Flúvicos são considerados de grande potencialidade agrícola; entretanto, o seu uso tem como principal limitação a questão dos riscos de inundações devido a características intrínsecas desse tipo de solo. Já os Neossolos Litólicos possuem limitação crítica para percolação da água, tornando-os expostos aos efeitos das enxurradas. Por último, os Gleissolos são solos permanente ou periodicamente saturados por água, apresentando limitações relacionadas com a drenagem deficiente e, nos distróficos e álicos, também com a baixa fertilidade (EMATER/MG, 2006).

Segundo o MapBiomás (2018), a cobertura e o uso do solo de Betim são compostos por 12 classes das quais envolve infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, afloramento rochoso, mineração, recursos hídricos, formação florestal, formação savânica, floresta plantada, formação campestre, pastagem, cultura anual e perene, e agricultura e pastagem. Entre as classes mais representativas, destacam-se aquelas que envolvem a infraestrutura urbana, a pastagem e a formação florestal.

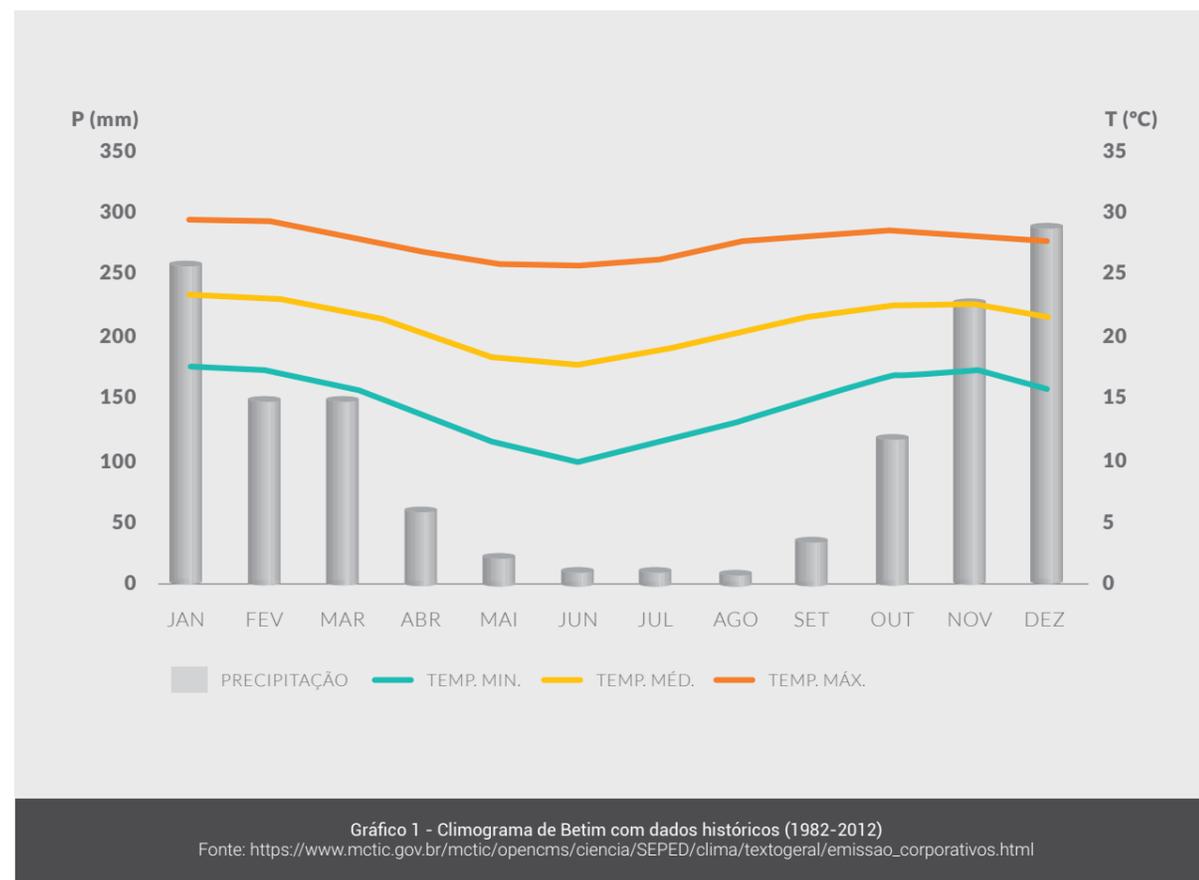
As condições meteorológicas e climatológicas de determinada região são influenciadas por fatores geográficos e geomorfológicos – como existência de topografia, corpos d'água, tipos de vegetação e urbanização – e pelos sistemas de

circulação atmosférica. O município de Betim apresenta um clima tropical de altitude ameno e seco, com dias ensolarados e noites com temperaturas amenas. As chuvas no município variam de 1.500 e 2.000 mm por ano, e as temperaturas médias variam de acordo a latitude (EMATER/MG, 2006).

No inverno ocorre, frequentemente, a entrada de anticiclones polares pelo Sudeste, o que faz com que as temperaturas baixem. Nesse período, as temperaturas mínimas durante os meses de inverno são, em média, de 11°C, as médias das máximas não ultrapassam os 24°C. Destaca-se que, nesse período, a depender da intensidade da frente fria que precede a penetração da massa de ar polar, podem ocorrer temperaturas negativas, bem como geadas. Em relação à precipitação no inverno, esta é reduzida devido à penetração do anticiclone polar, que dificulta a formação de chuva, visto que é uma área dispersora de ventos (SILVA; SILVA, 2012).

A estação mais quente em Betim permanece por 2,2 meses, de 16 de janeiro a 21 de março, com temperatura máxima média diária acima de 29 °C. Já a estação mais fresca permanece por 2,6 meses, de 18 de maio a 5 de agosto, com temperatura máxima diária, em média, abaixo de 26 °C.

Por meio do climograma abaixo, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura e precipitação do período de 1982 a 2012, é possível observar a dinâmica climática do município de Betim, ao longo do ano (Gráfico 1).



2.1.4 // DESASTRES: DESAFIOS DO FUTURO OU ATUAIS?

Os efeitos da mudança do clima já são sentidos pelas cidades e poderão ser intensificados caso as ações de mitigação e de adaptação não sejam adotadas. Nesse sentido, é importante que se compreenda que esse desafio não é apenas do futuro, e o município de Betim já vem vivenciando os riscos climáticos relacionados a deslizamento, inundação, ondas de calor e proliferação de vetores de doenças transmissíveis (*Aedes aegypti*).

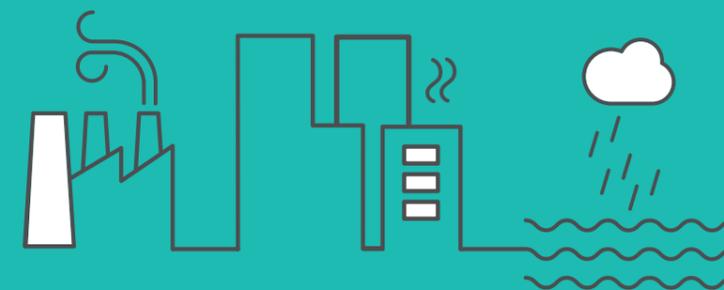
O processo de industrialização na história do município de Betim gerou uma aceleração do processo de crescimento populacional e urbanização, isto é, um rearranjo do espaço que antes era rural, uma intensificação da ocupação humana e um crescimento urbano desordenado. A ocupação não planejada das cidades ocasiona a ocupação de áreas não propícias à habitação, em especial, em encostas de alta declividade e com características pedológicas e geológicas suscetíveis a deslizamento. No município de Betim, esse cenário de ocupação não planejada, junto ao crescimento populacional, fez com que a população se instalasse na área urbana, em grandes aglomerados urbanos, sem a infraestrutura adequada e de maneira muito intensa. Em especial, nos períodos chuvosos, desastres como deslizamentos e inundações são recorrentes, o que configura essas localidades como áreas vulneráveis à ocorrência de riscos naturais (MEIRELLES & REIS, 2009).

Os eventos climáticos extremos de chuva estão se fazendo mais presentes no município, acompanhados de uma série de desastres. A título de exemplificação, no período chuvoso de 2019 a 2020, em apenas um dia, durante 3 horas, o município de Betim presenciou uma chuva de até 140 mm, gerando uma série de transtornos, danos e prejuízos para o município.

Segundo Meirelles e Reis (2006), o município de Betim possui 16 áreas de risco de deslizamento, e duas áreas de risco de inundação, sendo que essas áreas de risco se localizam, em sua maioria, em regiões com uso e ocupação do solo em área urbana, em locais de alta e média densidade demográfica e com baixa renda salarial mensal, em zonas consideradas de risco natural e risco social. De acordo com a Defesa Civil, o município de Betim possui 35 áreas de risco que são vistoriadas pela organização, com especial atenção no período chuvoso.

Em relação a ondas de calor, 2020 vem marcando uma série de eventos. Segundo dados do INMET, as temperaturas em Betim registraram 37° e 38°, com a umidade relativa do ar mínima chegando a 10%, sendo esse valor considerado como crítico, tendo em vista que o limite ideal, de acordo com a Organização Mundial da Saúde, é entre 50 a 70% (AGENDA BETIM, 2020).

No que tange à proliferação de vetores de doenças, mais especificamente o *Aedes aegypti*, o aumento dos extremos de temperatura e de precipitação tornam um condicionante climático favorável para a proliferação do mosquito. Nos anos de 2015 e 2019, o município de Betim enfrentou duas grandes epidemias de dengue. Só no ano de 2019, segundo dados da vigilância sanitária, foram 42.989 casos de dengue, com 18 óbitos registrados. Em 2020, os dados do Levantamento de Índice Rápido para *Aedes aegypti* (LIRaA), realizado pela prefeitura de Betim em janeiro de 2020, estima que das 193 mil moradias que existem na cidade, cerca de 6.000 estavam infestadas com o mosquito (TEMPO, 2020). Destaca-se que, ao comparar os números apresentados para o ano de 2019, com os dados de notificações de casos do IBGE para o ano de 2012, que indica que foram 236 notificações registradas, nota-se uma grande discrepância e um grande aumento do número de casos registrados.



// 03 METODOLOGIA

3.1 // CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para a realização da análise de risco climático para o município de Betim foi realizado, previamente, um levantamento das abordagens metodológicas de análise de vulnerabilidade e risco climático disponíveis na literatura, observando suas limitações, pontos fortes e fracos, bem como os pontos em comum entre elas, para então selecionar a que melhor se encaixasse no contexto do projeto Urban-LEDS II. No total, cinco abordagens foram analisadas, sendo elas: *Green Climate Cities* – ICLEI; *Climate Change Vulnerability Assessment Manual* – ONU-HABITAT; *Climate Change Risk Assessment Guidance* – C40; *A Framework for Climate Change Vulnerability Assessments* – GIZ, e *Common Reporting Framework (CRF)* – PACTO GLOBAL DE PREFEITOS.

Dentre as abordagens analisadas, a maioria converge para a metodologia de risco apresentada pelo IPCC, no seu quinto relatório (AR5). O risco climático pode ser entendido como a probabilidade da ocorrência de um evento climático multiplicado pelas consequências dos impactos desta ameaça. Ele também pode ser compreendido como o potencial para consequências adversas sobre vidas, saúde, ecossistemas, bens econômicos, sociais e culturais, serviços e infraestruturas (IPCC, 2014). Um risco climático depende tanto de fatores climáticos, como de decisões (intencionais ou não) de atores sobre sistemas sociais, econômicos e ambientais. Assim, o risco é resultado da interação entre a ameaça climática, a exposição de sistemas naturais, humanos e econômicos e suas características de vulnerabilidade, entendido como uma reação entre a suscetibilidade à ocorrência do risco e a capacidade de lidar com o risco.

Outro ponto em comum entre as abordagens analisadas foi a questão da importância de trabalhar em conjunto as abordagens *Bottom-up* e *Top-down*. Segundo a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*, a abordagem *Bottom-up* é realizada em nível local e utilizando métodos e ferramentas participativas (conhecimento empírico) e dados climáticos locais. Já a abordagem *Top-Down* é realizada a nível estadual, nacional ou global utilizando modelos de simulação em larga escala e métodos estatísticos. Nos estudos sobre a mudança do clima, o IPCC (2014) aponta que

o conhecimento local é frequentemente subutilizado e que as avaliações participativas são uma forma de incorporar esse conhecimento nas avaliações de vulnerabilidade. Diante disso, ressalta-se que o presente estudo, valorizando o diálogo estreito e contínuo com a cidade, buscou ao máximo envolver a população betinense na análise de risco climático, realizando *workshops* tanto para a coleta de informações que caracterizam o local quanto para a validação dos resultados.

No caso deste estudo, optou-se pela utilização da metodologia apresentada pelo IPCC (2014) alinhada aos passos e subetapas do programa *Green Climate Cities*, na análise de risco climático do município. O programa *Green Climate Cities* (GCC) desenvolvido pelo ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade – oferece uma metodologia de processos para auxiliar os municípios a elaborarem e implementarem estratégias para o enfrentamento da mudança do clima. Composta por nove passos, agrupados em três fases (Analisar, Agir e Acelerar), o programa pode levar em torno de três anos para ser cumprido, dependendo do engajamento dos gestores, do apoio político, das condições técnicas e da capacidade de mobilização de parceiros (ICLEI, 2016). O GCC consiste em uma metodologia multissetorial com abordagem inclusiva (envolve pessoas de setores diversos de forma colaborativa e participativa) e utiliza-se de dados concretos.



Para auxiliar nas análises e permitir a entrega dos resultados por meio de mapas, em escala espacial de análise adequada (por exemplo, bairros), o que facilita a compreensão dos resultados e possibilita a tomada de decisão das cidades de forma mais assertiva, foi utilizada a ferramenta computacional integrada MOVE® (*Model for Vulnerability Evaluation*)². Tal ferramenta, baseada na metodologia do IPCC AR5 (2014), utiliza análises espaciais e estatísticas para avaliar os riscos associados à mudança do clima, por meio da interação entre ameaça, exposição e vulnerabilidade, em múltiplas escalas espaciais, em diferentes cenários climáticos e horizontes temporais.

2. O MOVE é uma plataforma integrada de avaliação da vulnerabilidade e riscos associados à mudança do clima, desenvolvida pela WayCarbon. A plataforma é aplicável em diferentes recortes temáticos e produtivos, em múltiplas escalas e a partir de diferentes cenários climáticos. O modelo produz mapas georreferenciados e estatísticas de base visando a suportar o planejamento territorial e setorial por meio de evidências científicas robustas e atualizadas. Os resultados gerados permitem identificar as principais causas da vulnerabilidade e do risco à mudança climática no contexto analisado, informações essenciais para definir e priorizar as estratégias de adaptação, tanto no setor público quanto no setor privado. Detalhes da sua metodologia e aplicações podem ser encontrados em: <<http://www.moveonadaptation.com/>>.

3.2 // DETALHAMENTO DA METODOLOGIA UTILIZADA

A avaliação de risco climático envolve uma série de etapas, cálculos e análises espaciais e estatísticas. De forma geral, a Figura 1 abaixo apresenta um fluxograma com todas as etapas da metodologia de análise de risco em questão.

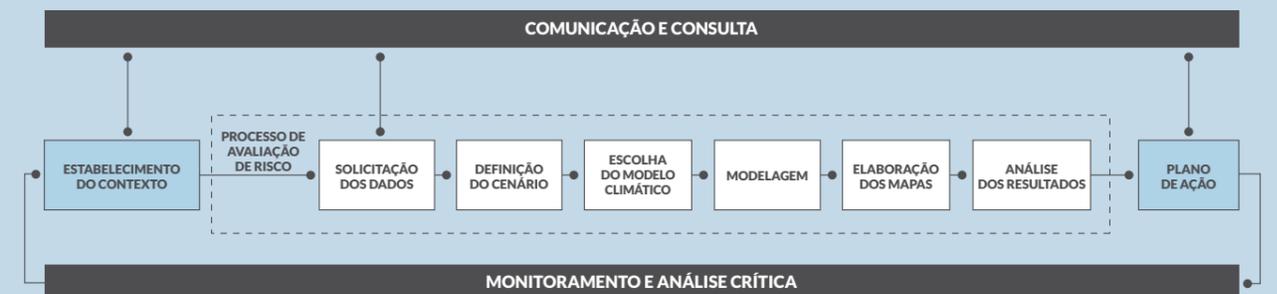


Figura 1 - Fluxograma das etapas da análise de risco climático

Riscos climáticos selecionados para análise:

- 1 INUNDAÇÃO (INUNDAÇÕES DEVIDO À URBANIZAÇÃO)**

Inundações que acontecem na drenagem urbana por causa do efeito da impermeabilização do solo, das obstruções ao escoamento ou da canalização do escoamento (TUCCI, 2005). Nota-se que aqui não serão consideradas as inundações de áreas ribeirinhas (enchentes), isto é, inundações naturais que acontecem no leito maior dos rios por causa da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica.
- 2 DESLIZAMENTO**

Fenômeno provocado pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados encostas, pendentes ou escarpas. Caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados. Esses movimentos gravitacionais de massa relacionam-se com a infiltração de água e a embebição do solo das encostas (CASTRO, 2003).
- 3 ONDAS DE CALOR**

Caracterizadas pela ocorrência de um intervalo de tempo de pelo menos 6 dias consecutivos em que a temperatura do ar é extremamente elevada se comparada aos valores médios de temperaturas máximas diárias no período de referência (Organização Meteorológica Mundial, OMM). Derivam de fenômenos meteorológicos de grande escala; contudo, efeitos locais, como a ilha de calor, que consiste na elevação da temperatura em função dos padrões de urbanização (edificação, impermeabilização/asfaltamento, quantidade reduzida de áreas verdes, entre outros) em áreas densamente povoadas, funcionam como um potencializador dos impactos relativos aos extremos de temperatura (REID *et al.*, 2009; HACON *et al.*, 2016), e
- 4 PROLIFERAÇÃO DE VETORES (AEDES AEGYPTI)**

O *Aedes aegypti* é o principal mosquito vetor na transmissão de doenças aos seres humanos (Organização Mundial de Saúde, OMS). De acordo com alguns especialistas, uns dos fatores que contribuem para que o *Aedes aegypti* seja um agente tão eficiente na transmissão de doenças são: capacidade de se adaptar ao ambiente e sua proximidade do homem (BARIFOUSE, 2015). Destaca-se que o clima analisado isoladamente não pode explicar a ocorrência de doenças transmitidas por vetores; no entanto, ele é um condicionante importante na distribuição temporal e espacial, ao considerar a sensibilidade dos vetores às alterações do clima, podendo influenciar na dinâmica da transmissão (ROUQUAYROL, 1999). Assim, a elaboração do índice de ameaça de proliferação de vetores de doenças foi baseada, de modo geral, na análise entre as variáveis climáticas mais sensíveis à incidência do vetor *Aedes aegypti* (Mais detalhes no item 2.2.4).

Como dito anteriormente, a análise de risco climático foi realizada por meio da plataforma *Model of Vulnerability Evaluation* (MOVE), que se baseia na metodologia do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC - AR5 (IPCC, 2014). Tal metodologia de risco abrange três elementos essenciais: Ameaça, Exposição e Vulnerabilidade (Figura 2):

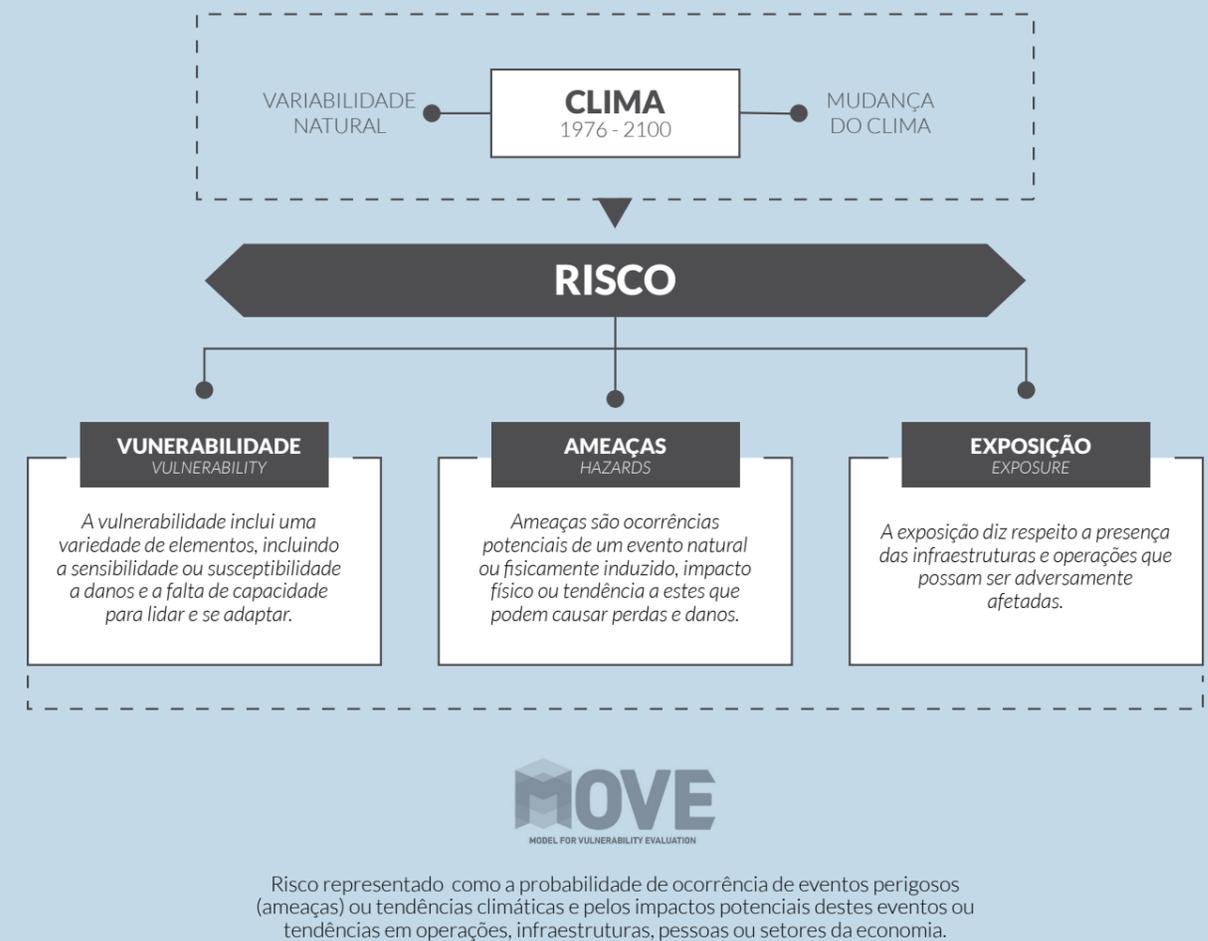


Figura 2 - Framework da metodologia empregada
Fonte: Elaboração própria a partir de IPCC (2014)

De forma geral, o risco climático é resultado da interação entre vulnerabilidade, exposição e ameaças climáticas. A ameaça está relacionada à probabilidade de um evento climático ocorrer. Já a exposição e a vulnerabilidade abordam as consequências do impacto. Dessa forma, tem-se que o índice de risco climático pode ser obtido em função da interação entre os seguintes elementos, segundo a Equação 1:

$$R = E \times A \times V$$

[1]

em que R representa o índice de risco climático, E é a exposição, A é a ameaça climática e V é a vulnerabilidade. Nesse sentido, para a compreensão da análise de risco climático, faz-se importante, primeiramente, compreender os elementos envolvidos nessa análise e como eles são calculados e analisados.

A construção do **índice de ameaça (A)**, para inundações, deslizamentos, ondas de calor e proliferação de vetores de doença, foi realizada tendo como base de análise o período histórico (1976-2005) e o projetado (2006-2030 e 2026-2050) e os extremos climáticos de precipitação, temperatura e/ou umidade do ar resultantes do modelo Eta-HadGEM2-ES. Tal modelo foi regionalizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) e disponibilizado na Plataforma PROJETA³ com resolução espacial de 5km (Chou *et al.*, 2014a, 2014b; Lyra *et al.*, 2017), sendo escolhido para o presente estudo por apresentar boa correlação espacial e temporal para o Brasil. Além disso, para a análise, foi adotado o cenário de concentração de GEE estabelecido pelo IPCC RCP 8.5⁴, que indica que, se não houver mudanças no que vivemos hoje em relação às ações climáticas e às taxas de emissões de GEE, as medidas de adaptação irão exigir um maior esforço para a diminuição dos riscos e construção da resiliência.

Como visto na Figura 2, as variáveis que representam a exposição dizem respeito à localização ou à presença de pessoas, sistemas ambientais, serviços e recursos, infraestrutura ou ativos econômicos, sociais, culturais ou ambientais que possam ser negativamente afetados pela mudança do clima (IPCC, 2014). No presente estudo, para a construção do **índice de exposição (E)**, foi considerada a população do município de Betim, levando em conta os dados do censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

Assim, o índice de exposição foi atualizado com a malha de setores censitários do IBGE de 2017 para refletir a situação mais atual da distribuição populacional, sendo que a interpolação dos dados resultou em um aumento similar da população, na ordem de 6%. Na ponderação pela área urbana, considerou-se que a população residente em 2010 ainda é uma boa aproximação e funciona como um ponto de partida, de modo que quaisquer correções de crescimento populacional ou população pendular podem ser incorporadas no futuro, como fator de correção sobre a população residente em 2010.

Em resumo, o **índice de exposição** foi construído pela divisão da população de cada setor censitário pela área classificada como urbana em 2018 (informação mais recente disponível em MAPBIOMAS, 2018) do respectivo setor censitário, resultando em um indicador que reflete a densidade populacional em cada setor censitário na área

3. Disponível em < <https://projeta.cptec.inpe.br/#/tutorial> >.

4. É o cenário mais pessimista. O forçamento radiativo é de aproximadamente 8.5W/m-2. É uma trajetória com concentração atmosférica com valores superiores a 1.000 ppm de equivalentes de CO₂ (CO₂-eq), até 2100 (IPCC, 2014).

efetivamente urbanizada. Tal indicador aponta o nível de exposição frente aos efeitos da mudança do clima da população localizada em um determinado setor censitário, sendo esse nível maior quanto maior for a densidade populacional no setor censitário.

O **índice de vulnerabilidade (V)** é avaliado a partir de fatores socioeconômicos e estruturais que caracterizam a sensibilidade e a capacidade de resposta da população, isto é, tais fatores representam uma aproximação do estado de desenvolvimento da população, indicando o que torna a população em maior ou menor situação de vulnerabilidade frente aos fenômenos climáticos. Assim, o índice é calculado em função da sensibilidade ou suscetibilidade e da capacidade de adaptação, a partir de informações espacialmente disponibilizadas (Equação 2).

$$\text{Vulnerabilidade} = \text{Sensibilidade} \times (1 - \text{Capacidade de Adaptação})$$

[2]

Nota-se que, quanto maior a capacidade adaptativa, menor é a situação de vulnerabilidade da população, ou seja, o investimento em medidas de adaptação, sejam elas estruturais e não estruturais, reduz a situação de vulnerabilidade da população, e, conseqüentemente, a torna mais resiliente frente aos eventos climáticos extremos.

Após o cálculo do índice de ameaça, exposição e vulnerabilidade, define-se o risco climático a partir da Equação 1. Em seguida, é calculado o risco crítico, visando a identificar as áreas de maior risco e, conseqüentemente, as áreas que deverão ser priorizadas na adoção de medidas de adaptação. A definição dos limiares de risco crítico é baseada na metodologia de identificação de áreas críticas (*hotspots*) desenvolvida pelo Banco Mundial e a Universidade de Columbia, em Nova York (DILLEY, 2005). De forma geral, por meio dessa metodologia, são extraídos os valores extremos absolutos, considerando o limiar acima do percentil⁵ 90 na distribuição de frequência, na modelagem presente em relação à futura. Como dito anteriormente, essa abordagem poderá nortear as políticas públicas e a priorização de ações de adaptação, visto que serão identificadas as variações no espaço e no tempo, considerando a mudança do clima no futuro, em áreas que atualmente já são consideradas críticas.

A seguir, serão apresentadas as variáveis utilizadas para o cálculo das ameaças climáticas, o cálculo da sensibilidade e da capacidade adaptativa da população.



5. Medida que divide uma amostra de valores em ordem crescente, em cem partes, sendo cada parte com uma porcentagem de dados aproximadamente igual. Ao selecionar os valores de uma amostra acima do percentil 90, significa que 90% dos valores da amostra são menores que os valores selecionados. Em outras palavras, serão analisados os 10% da amostra com os maiores valores. Na metodologia em questão, para análise das áreas mais críticas, foi utilizado o percentil 90, ou seja, selecionaram-se os 10% da amostra que resultaram nos maiores valores do risco analisado.

3.2.1 // INUNDAÇÃO

Para a realização da análise de risco climático de inundação, consideraram-se as variáveis apresentadas na Figura 3, abaixo:

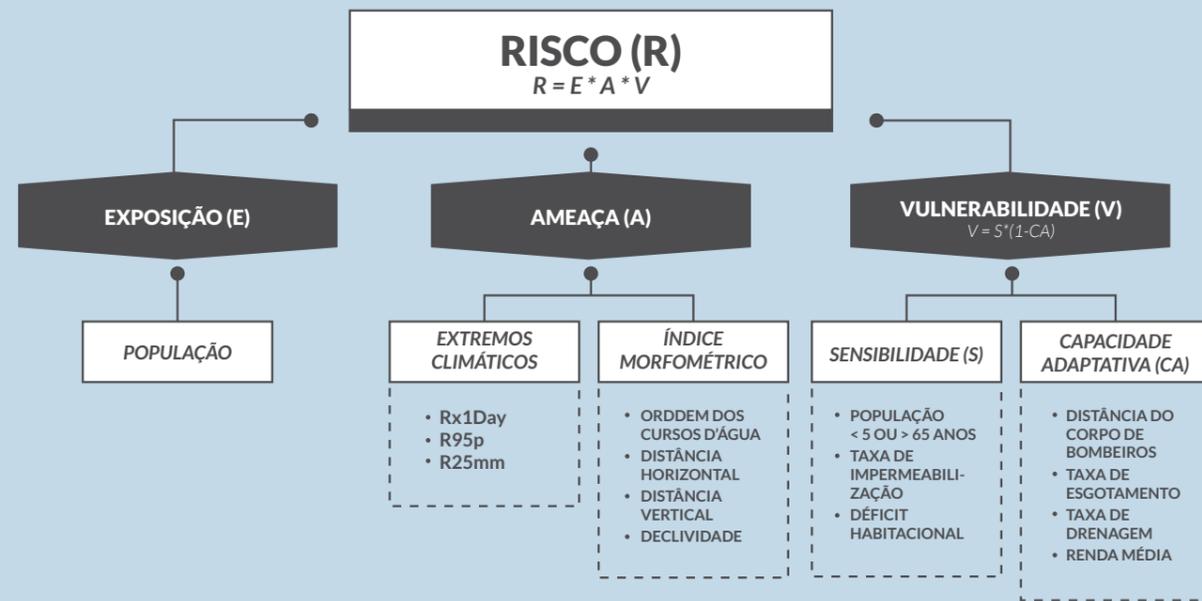


Figura 3 - Variáveis utilizadas para o cálculo do risco de inundação

3.2.2 // DESLIZAMENTO

A Figura 4 abaixo apresenta as variáveis utilizadas para análise de risco climático de deslizamento por meio de um fluxograma:

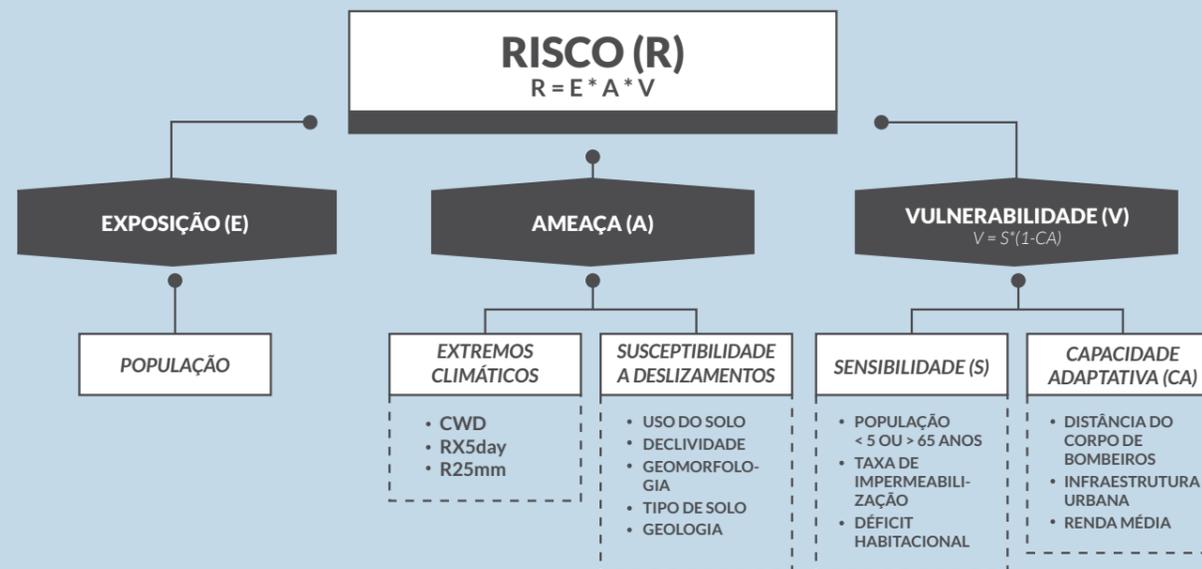


Figura 4 - Variáveis utilizadas para o cálculo do risco de deslizamento

3.2.3 // ONDAS DE CALOR

A Figura 6 abaixo apresenta um resumo das variáveis utilizadas para análise de risco climático de ondas de calor:

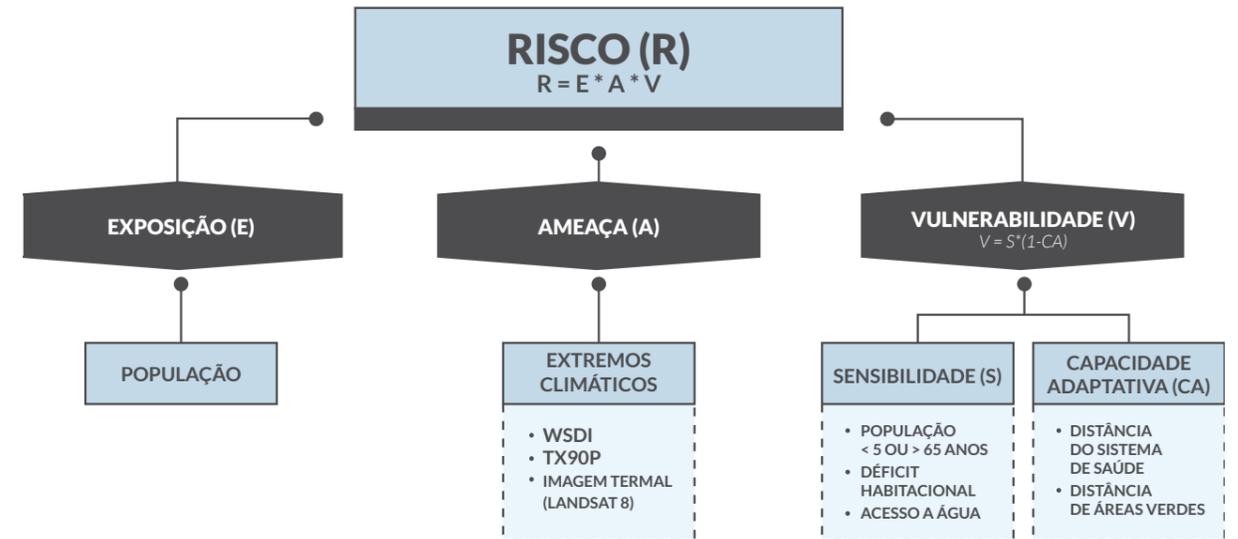


Figura 5 - Variáveis utilizadas para o cálculo do risco de ondas de calor

3.2.4 // PROLIFERAÇÃO DE VETORES (AEDES AEGYPTI)

Por meio da Figura 7 abaixo é possível observar as variáveis utilizadas para análise de risco climático de proliferação de vetores:

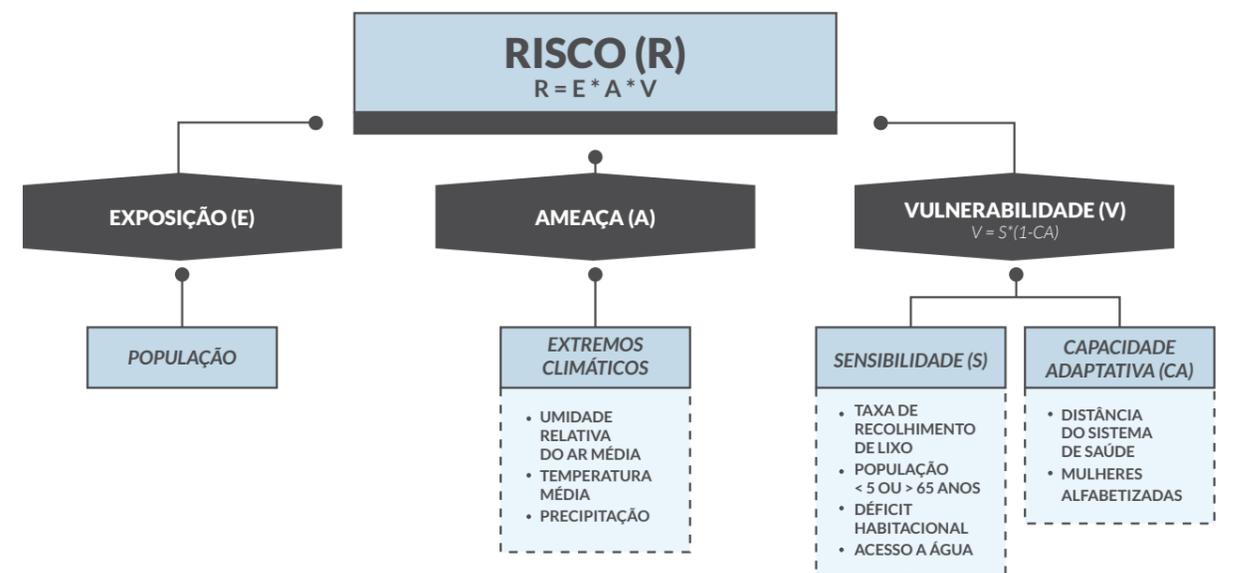


Figura 6 - Variáveis utilizadas para o cálculo do risco de proliferação de vetores

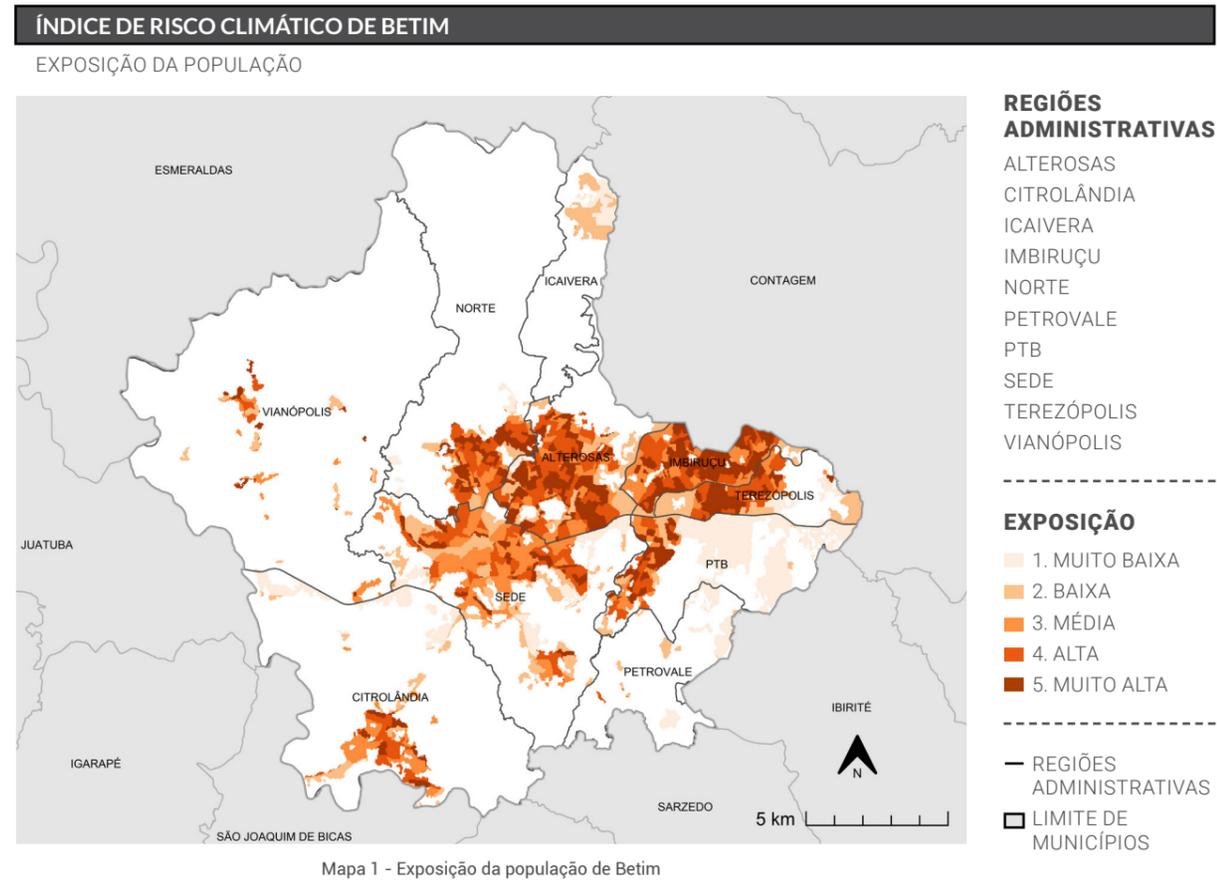
// 04 ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO

A seguir são apresentados os resultados da análise de índice de risco climático e indicadores intermediários produzidos. Primeiramente, como a exposição da população de Betim se mantém constante independente da ameaça climática, ela será apresentada de forma separada. Posteriormente, será apresentado, por ameaça climática, uma síntese descritiva dos resultados, seguido pelos mapas e gráficos demonstrativos.

4.1 // EXPOSIÇÃO

O Mapa 1 abaixo apresenta o resultado do índice de exposição, no qual aponta o nível de exposição da população de Betim frente aos efeitos da mudança do clima. Tal resultado traduz as regiões do município com maior densidade populacional, isto é, do ponto de vista da população onde um evento climático teria maior impacto caso se concretize, afetando o maior número de pessoas por quilometro quadrado.

Nota-se que boa parte da população do município possui um nível de exposição classificado como "Muito Alta", se concentrando mais na área central do município, sendo esse resultado relacionado a uma elevada densidade populacional por setor censitário nessa região.

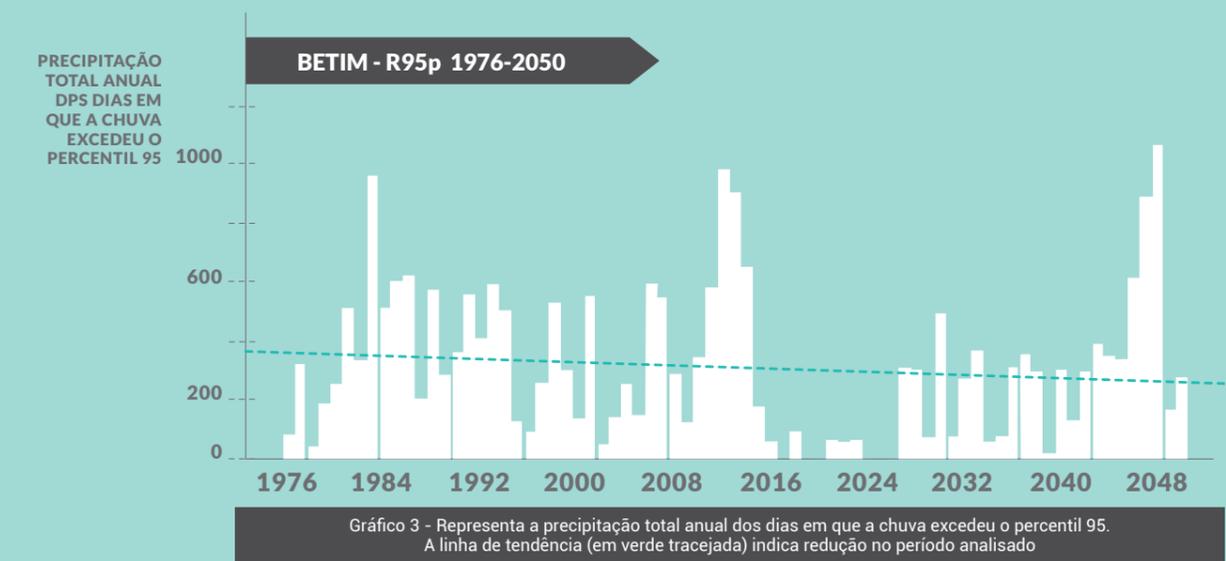
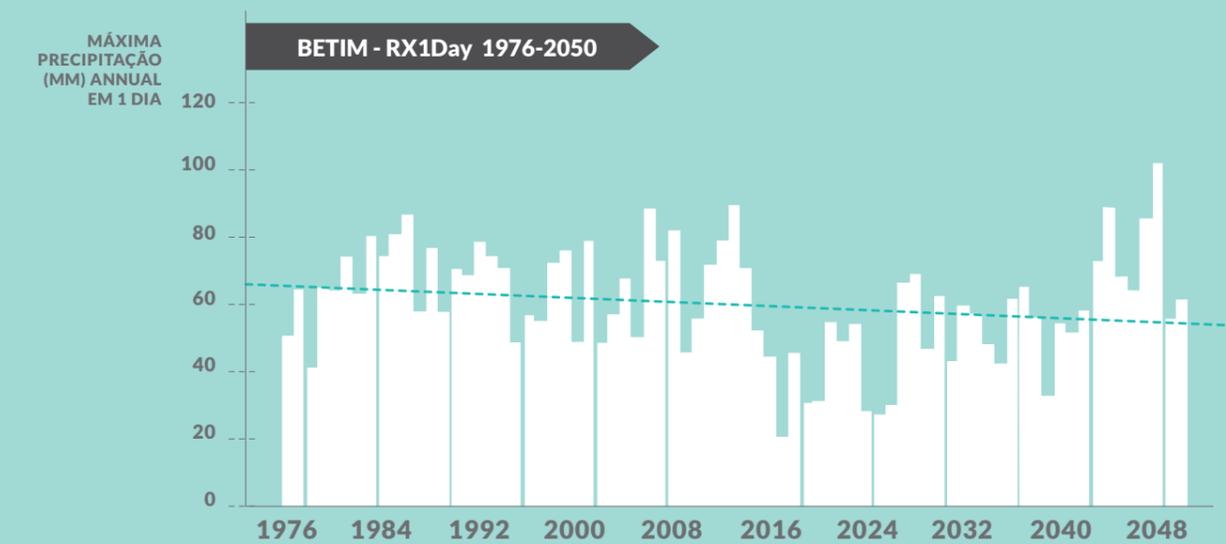


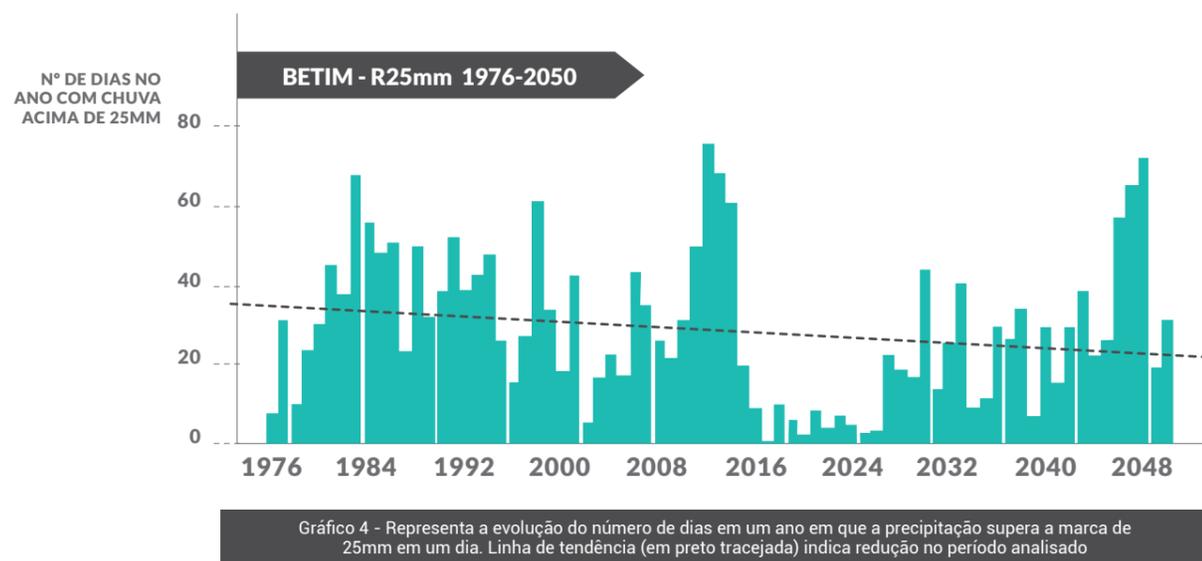
4.2 // INUNDAÇÃO

4.2.1 // SÍNTESE

Ao analisar os mapas da ameaça de inundação, é possível observar que a ameaça no período histórico encontra-se ao longo de todo território de Betim, e já no período projetado de 2030 e 2050, essa ameaça concentra-se mais na porção sul e leste do município, abrangendo as regiões administrativas: Citrolândia, Sede, Alterosas, Imbiruçu, Teresópolis, PTB e Petrovale. Dessas regiões administrativas nota-se que Imbiruçu, Teresópolis, PTB e Petrovale e a parte sul da Sede são as que apresentarão a ameaça de inundação classificada em "muito alta".

Esse comportamento da ameaça pode ser compreendido por meio das variáveis de extremos climáticos envolvidas no cálculo da ameaça de inundação (Gráfico 2, 3 e 4).





Por meio dos gráficos acima, nota-se que a variável R95p (precipitação total anual quando a taxa de precipitação diária > 95 percentil) e a variável R25mm (nº de dias no ano com chuva acima de 25 mm) sofrem uma redução ao longo dos anos, podendo ser observado pela linha de tendência do gráfico, sendo elas as responsáveis pela redução da ameaça de inundação. Ao observar a linha de tendência da variável R25mm, nota-se que ela tende a uma maior redução ao longo dos anos.

O Mapa 3 apresenta a situação de vulnerabilidade da população de Betim. Ao analisá-lo, nota-se que a parte oeste da região administrativa Vianópolis, a parte norte da região administrativa Norte e quase 100% da região administrativa Icaivera são as regiões classificadas em uma situação de elevada vulnerabilidade. Tal resultado possui uma forte influência do elemento "capacidade adaptativa" do cálculo da vulnerabilidade, tendo em vista que esse elemento leva em consideração a distância de corpo de bombeiros, taxa de esgotamento, taxa de drenagem e a renda média, e ao observar o mapa de exposição, nota-se que essas regiões administrativas não apresentam uma concentração de pessoas considerável. Ou seja, todos os elementos considerados no cálculo da capacidade adaptativa resultam em um baixo valor, e, conseqüentemente refletem no valor elevado da vulnerabilidade. Entretanto, por não haver um adensamento elevado de pessoas nessas regiões, esse resultado não deve ser considerado isoladamente, sendo importante a análise do risco e do risco crítico que levam em consideração a análise conjunta da exposição, ameaça e vulnerabilidade.

De forma geral, o mapa de índice de risco de inundação não apresenta alterações significativas ao longo dos anos. Entretanto, o risco de inundação na região administrativa Icaivera apresenta um comportamento interessante, apresentando um risco classificado como de alto para muito alto para o período histórico, indo para classificação de médio para baixo na projeção para 2030, e para projeção de 2050, o risco apresenta uma classificação de médio a alto. Em resumo, a classificação do risco reduz em 2030 em comparação ao período histórico, aumentando na projeção para 2050. Esse comportamento deve ser levado em consideração na elaboração de medidas de adaptação em relação às inundações no município de Betim.

As áreas mais críticas (*hotspots*) quanto ao risco de inundação podem ser observadas no Mapa 5. Ao realizar uma análise discriminada sobre os 5 bairros do município de Betim que possuem um maior índice de risco de inundação e estão presentes nessas áreas mais críticas (Tabela 2), nota-se que os bairros mais críticos em relação a inundação de Betim se encontram nas regiões administrativas Sede, Citrolândia, Vianópolis e PTB. Destaca-se que o bairro Estância do Sereno – Sede lidera o ranking no período projetado de 2030 e 2050.

	HISTÓRICO	2030	2050
RANKING			
1	FAZENDA DO MARIMBA (RA: Vianópolis)	ESTÂNCIA DO SERENO – SEDE (RA: Sede)	ESTÂNCIA DO SERENO – SEDE (RA: Sede)
2	ESTÂNCIA DO SERENO – SEDE (RA: Sede)	JARDIM PRIMAVERA (RA: Sede)	JARDIM PRIMAVERA (RA: Sede)
3	JARDIM PRIMAVERA (RA: Sede)	GRANJA DAS CANDEIAS (RA: PTB)	MONTE CALVÁRIO (RA: Citrolândia)
4	SÃO JOSE (RA: Citrolândia)	SÃO JOSE (RA: Citrolândia)	FERNÃO DIAS (RA: Citrolândia)
5	FERNÃO DIAS (RA: Citrolândia)	MONTE CALVÁRIO (RA: Citrolândia)	FAZENDA DO MARIMBA (RA: Vianópolis)
	*RA: Região Administrativa		

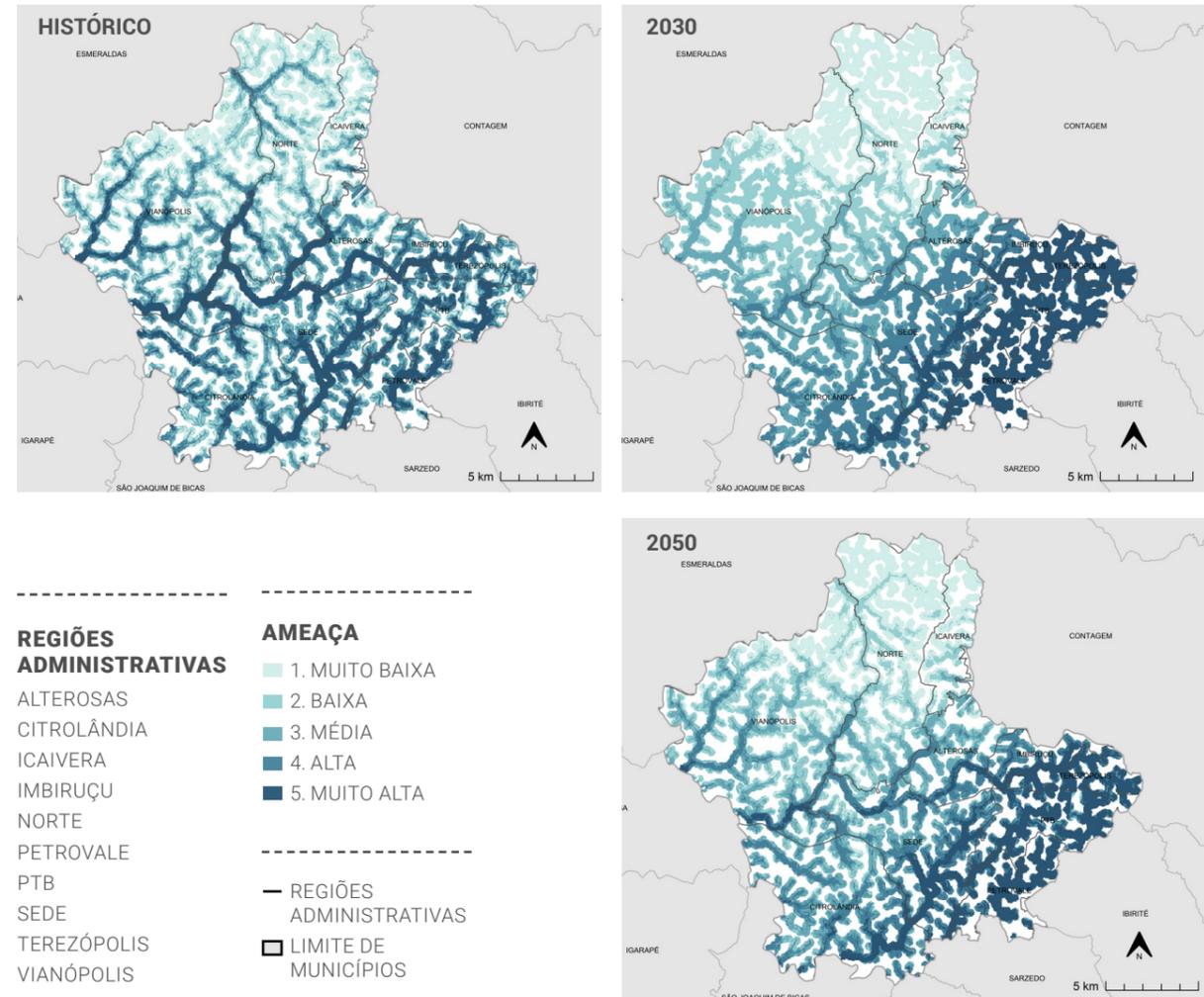
Tabela 1 - Ranking dos bairros mais críticos em relação a inundação de Betim

Em resumo, tem-se que os bairros apresentados na tabela acima, devem levar uma atenção especial ao realizar medidas de adaptação em relação a inundação no município de Betim.

4.2.2 // MAPAS

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

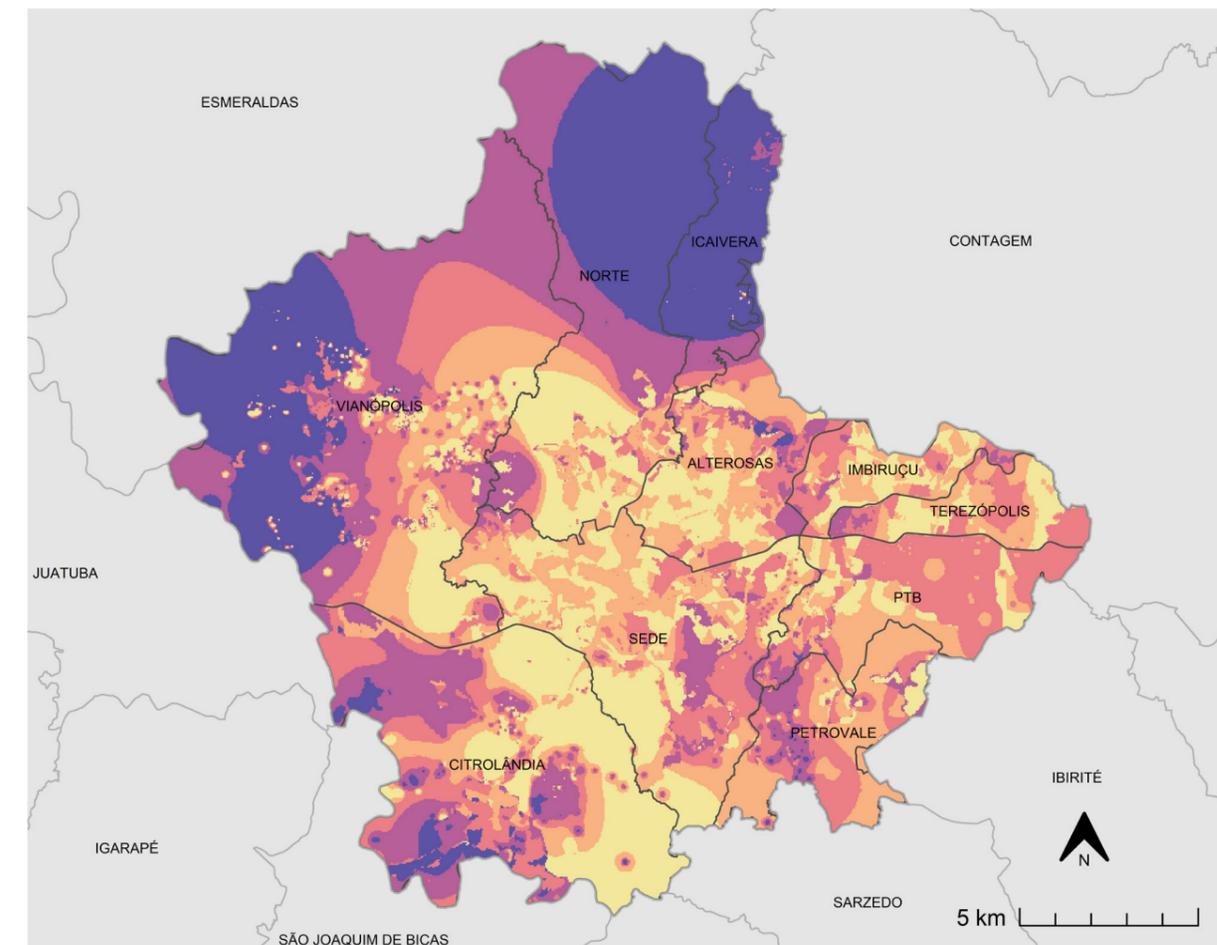
AMEAÇA PARA INUNDAÇÕES



Mapa 2 - Ameaça de Inundação no município de Betim

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

VULNERABILIDADE PARA INUNDAÇÕES

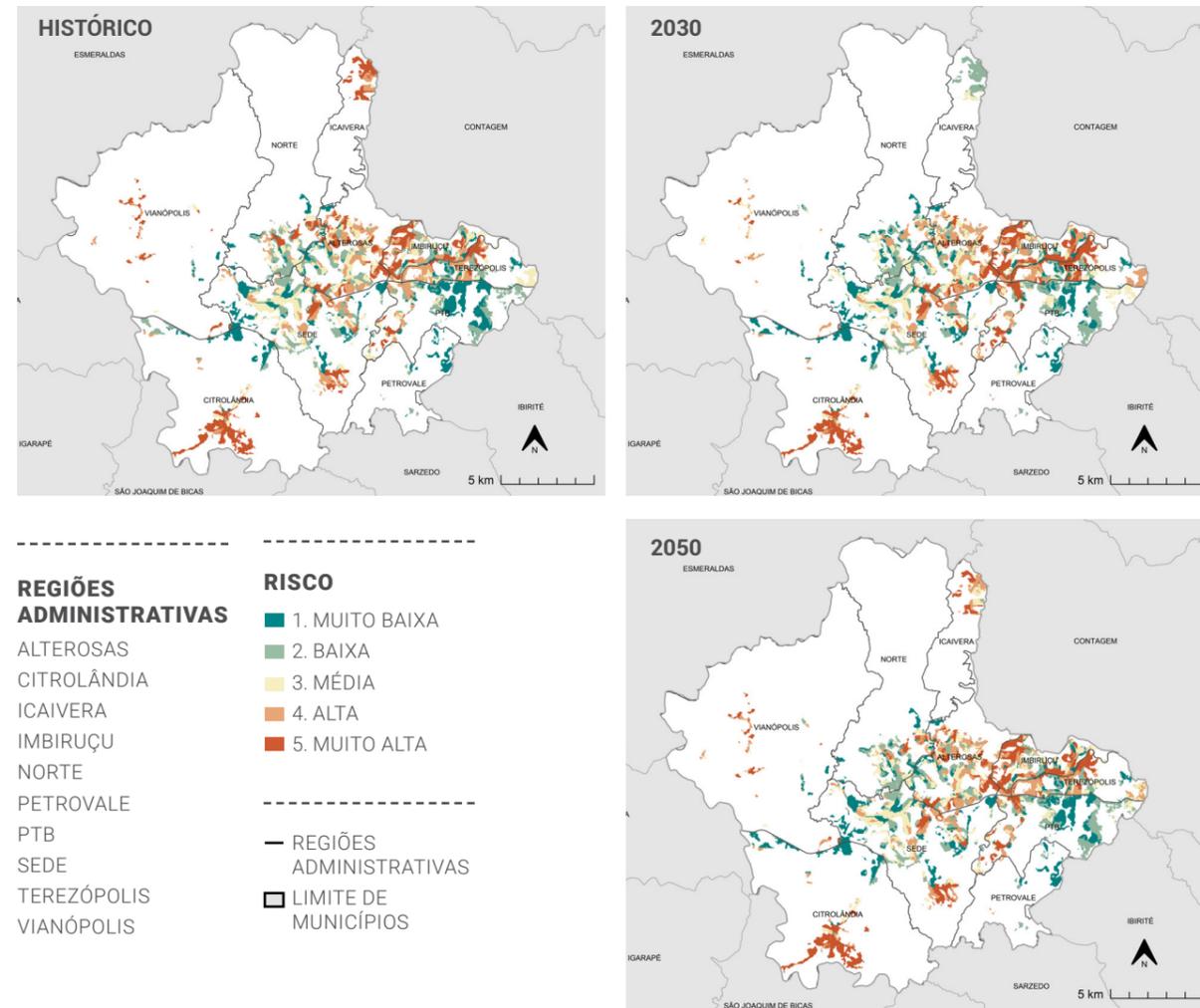


Mapa 3 - Vulnerabilidade a inundação no município de Betim



ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

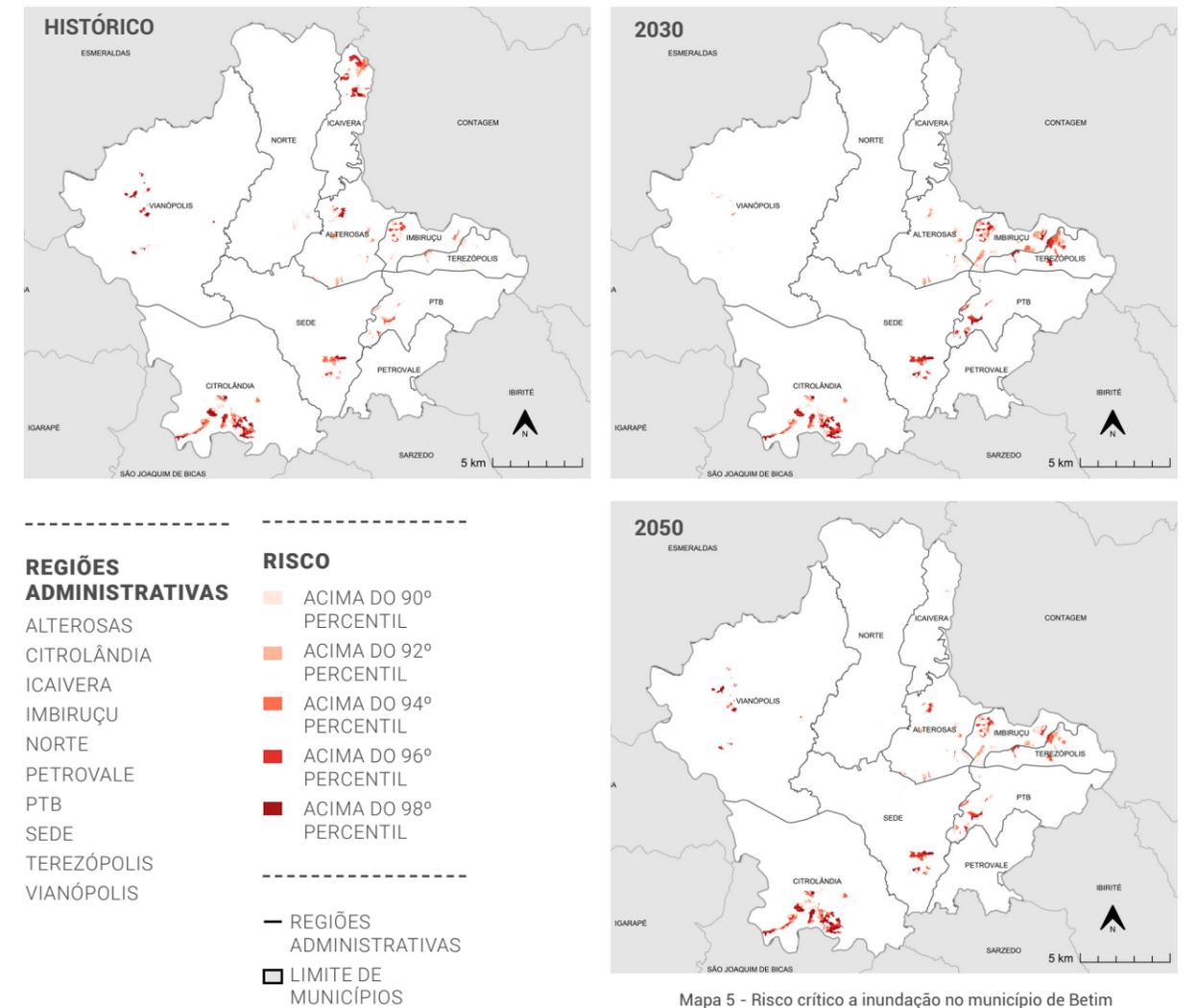
RISCOS - INUNDAÇÕES



Mapa 4 - Risco a inundação no município de Betim

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

RISCO CRÍTICO - INUNDAÇÕES



Mapa 5 - Risco crítico a inundação no município de Betim

4.3 // DESLIZAMENTO

4.3.1 // SÍNTESE

O mapa da ameaça de deslizamento para o município de Betim aponta que tal ameaça está distribuída ao longo do território da cidade, entretanto, se concentra mais na parte central e leste do município. Dentre as regiões administrativas envolvidas nessas áreas, destacam-se, as regiões administrativas Imbiruçu e Teresópolis por possuírem em todos os mapas apresentados uma ameaça classificada como muito alta.

O comportamento das variáveis analisadas na ameaça de deslizamento, CWD (nº máximo de dias consecutivos com chuva no ano) e a RX5day (precipitação máxima anual em 5 dias), auxiliam na compreensão dos resultados observados no Mapa 6, isto é, nos resultados para ameaça de deslizamento no município de Betim (Gráfico 5 e Gráfico 6).

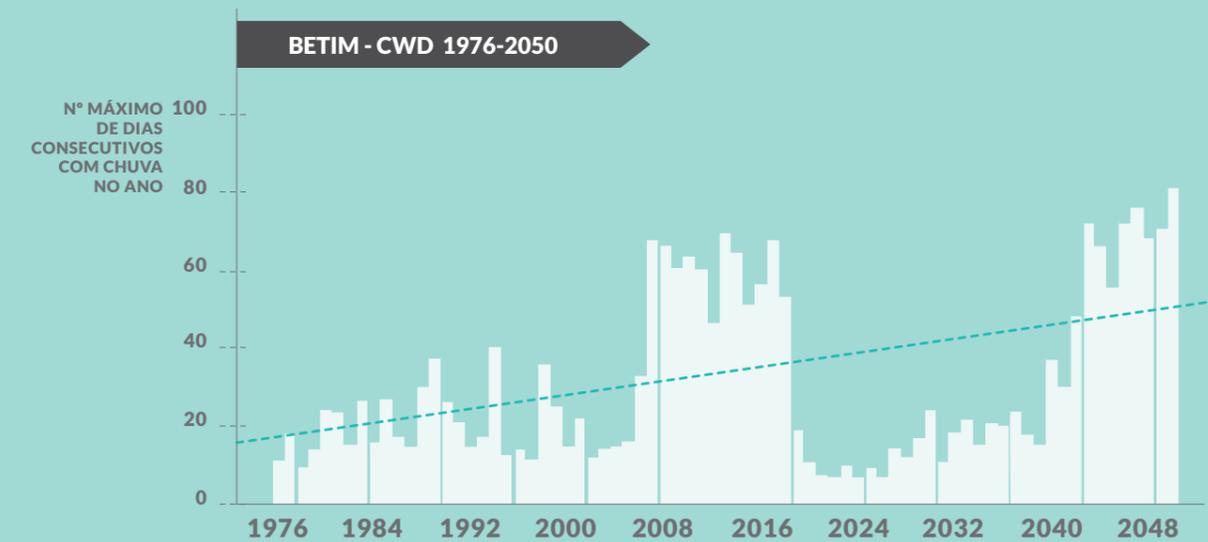


Gráfico 5 - Representa a evolução do indicador CWD que representa o número de dias consecutivos em um ano. Esse índice reflete chuvas concentradas em um longo período de tempo. Linha de tendência (em verde tracejada) indica crescimento no período analisado

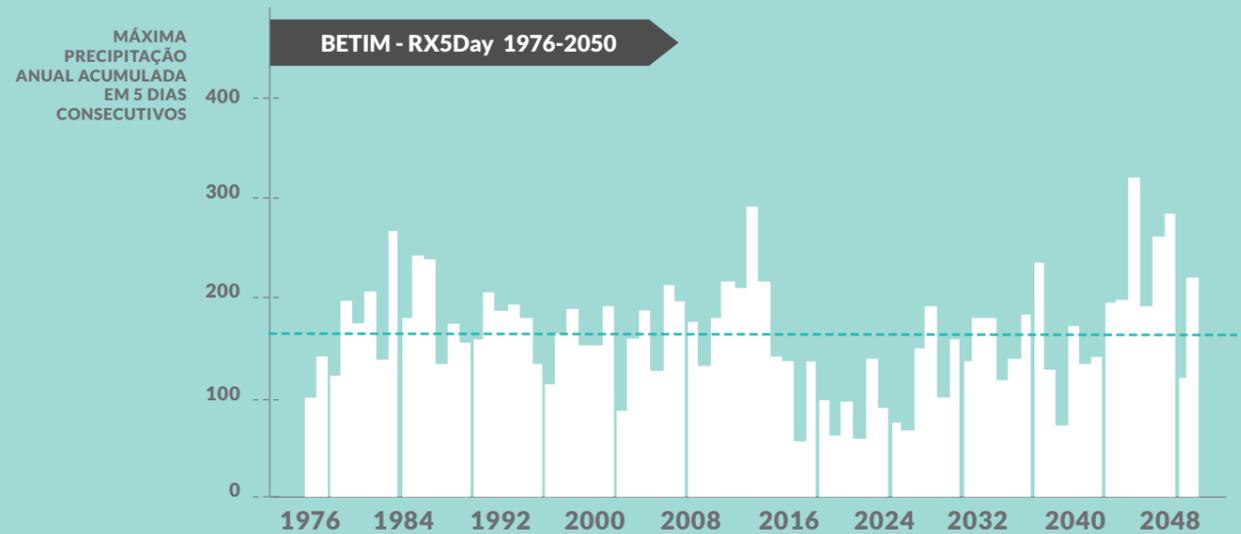


Gráfico 6 - Representa a evolução do Rx5day que representa a máxima precipitação anual em acumulada 5 dias consecutivos, isto é, durante todo o ano, computa-se o valor acumulado em uma janela móvel de 5 dias, e o maior valor nessa janela é registrado. Linha de tendência (em verde tracejada) indica constância no período analisado

Nota-se que a variável CWD possui uma maior influência no comportamento da ameaça de deslizamento para o território de Betim, tendo em vista que a variável RX5day mantém-se constante ao longo do período analisado. Ao observar a linha de tendência da variável CWD, nota-se que ela tende a aumento ao longo dos anos, ou seja, haverá um aumento no número máximo de dias consecutivos com chuva no ano.

Ao analisar o Mapa 7, no qual é apresentado a situação de vulnerabilidade da população de Betim, observa-se que a parte oeste da região administrativa Vianópolis, a parte norte da região administrativa Norte e quase 100% da região administrativa Icaivera são as regiões classificadas em uma situação de elevada vulnerabilidade, resultado similar a situação de vulnerabilidade em relação a inundação. A baixa capacidade adaptativa dessas regiões combinado com a elevada sensibilidade delas, fazem com que a situação de vulnerabilidade resulte em resultados elevados. Entretanto, como dito na seção 4.2.2 esses resultados não podem ser analisados de forma isolada, mesmo porque, apesar da situação de vulnerabilidade elevada nessas regiões administrativas, ao analisar o mapa de exposição, nota-se que a região não possui uma densidade populacional considerável.

O risco de deslizamento apresentado no Mapa 8, aponta resultados similares ao risco de inundação, não apresentando alterações significativas ao longo dos anos, mas com alterações significativas para a região administrativa Icaivera. Tal alteração é descrita em detalhes na seção 4.2.2.

As áreas mais críticas (*hotspots*) quanto ao risco de deslizamento podem ser observadas no Mapa 9. Ao realizar uma análise discriminada sobre os 5 bairros do município de Betim que possuem um maior índice de risco de deslizamento e estão presentes nessas áreas mais críticas (Tabela 3), nota-se que todos os bairros apresentados no ranking se encontram na região administrativa Citrolândia. Dentre esses bairros, destaca-se o bairro Vila Cruzeiro, visto que ele se encontra em primeiro lugar nos três períodos analisados, seguido do bairro Alto Boa Vista em segundo lugar. Tal cenário aponta a importância de levar em consideração não apenas esses bairros, mas também a região administrativa Citrolândia como um todo, ao se pensar em medidas de adaptação para o risco de deslizamento no município de Betim.

	HISTÓRICO	2030	2050
RANKING			
1	VILA CRUZEIRO (RA: Citrolândia)	VILA CRUZEIRO (RA: Citrolândia)	VILA CRUZEIRO (RA: Citrolândia)
2	ALTO BOA VISTA (RA: Citrolândia)	ALTO BOA VISTA (RA: Citrolândia)	ALTO BOA VISTA (RA: Citrolândia)
3	JARDIM PAULISTA (RA: Citrolândia)	COLÔNIA SANTA ISABEL (RA: Citrolândia)	VILA SOL NASCENTE (RA: Citrolândia)
4	VILA RICA (RA: Citrolândia)	VILA SOL NASCENTE (RA: Citrolândia)	VILA RICA (RA: Citrolândia)
5	VILA SOL NASCENTE (RA: Citrolândia)	JARDIM PAULISTA (RA: Citrolândia)	COLÔNIA SANTA ISABEL (RA: Citrolândia)

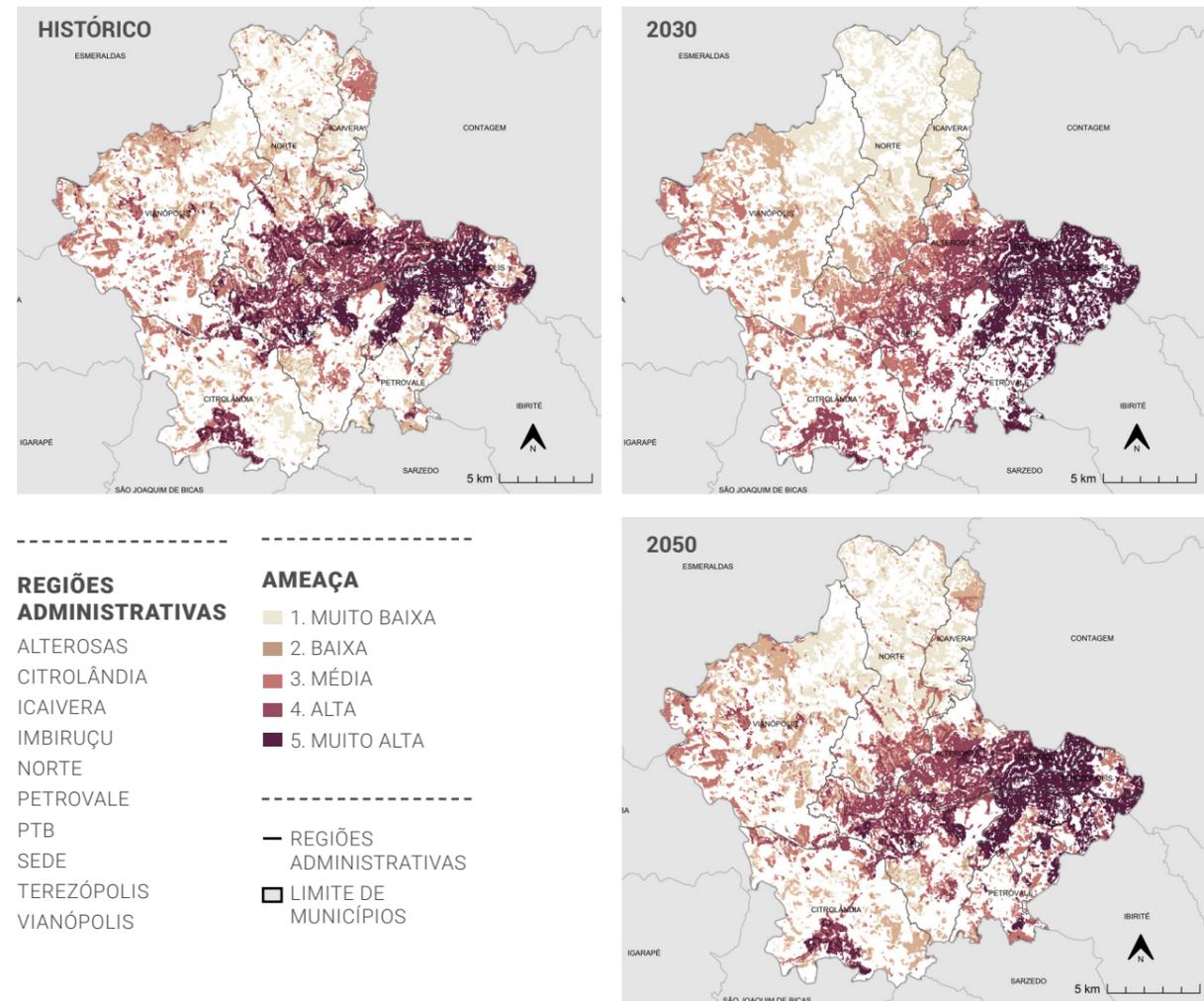
*RA: Região Administrativa

Tabela 2 - Ranking dos bairros mais críticos em relação a deslizamento de Betim

4.3.2 // MAPAS

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

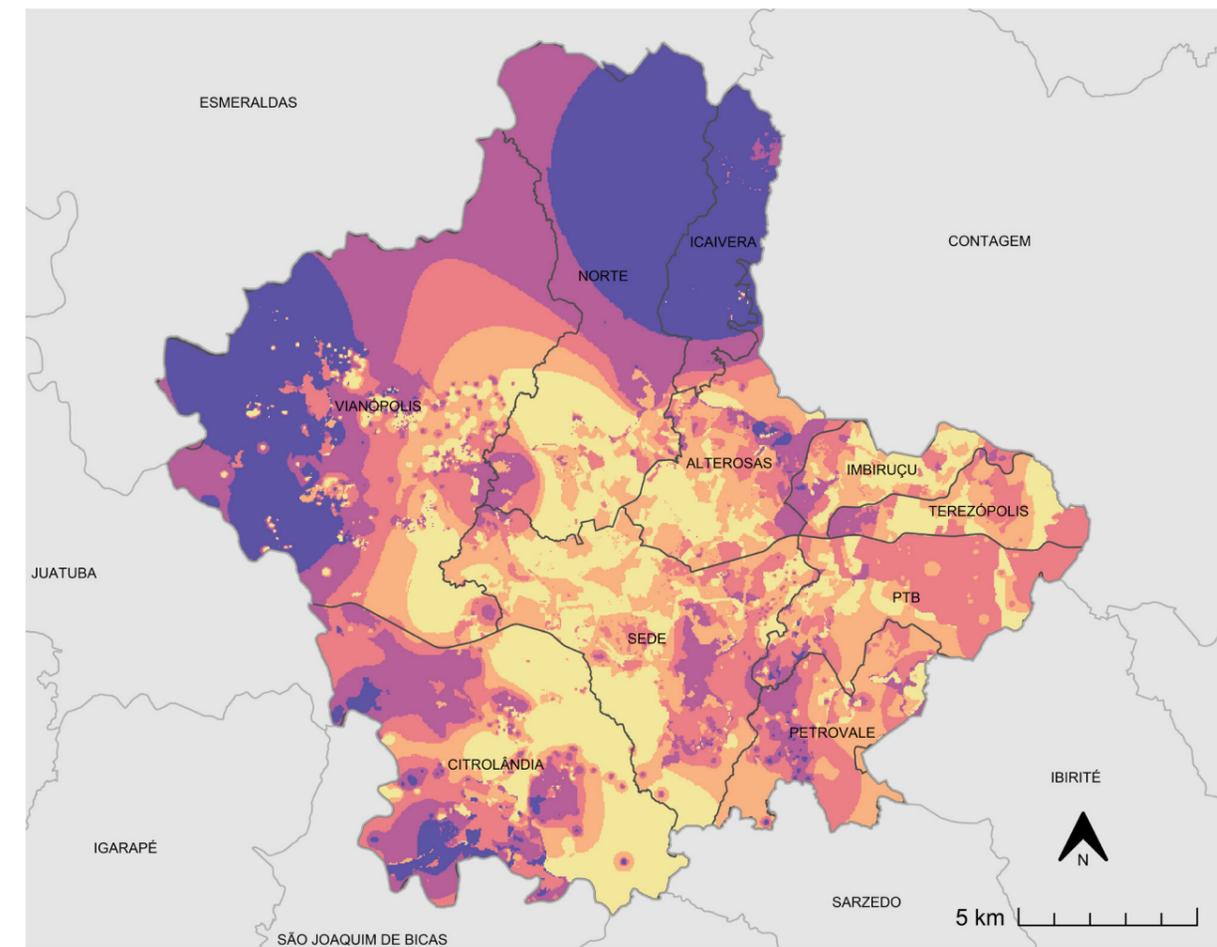
AMEAÇA PARA DESLIZAMENTOS



Mapa 6 - Ameaça a deslizamento no município de Betim

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

VULNERABILIDADE PARA DESLIZAMENTOS

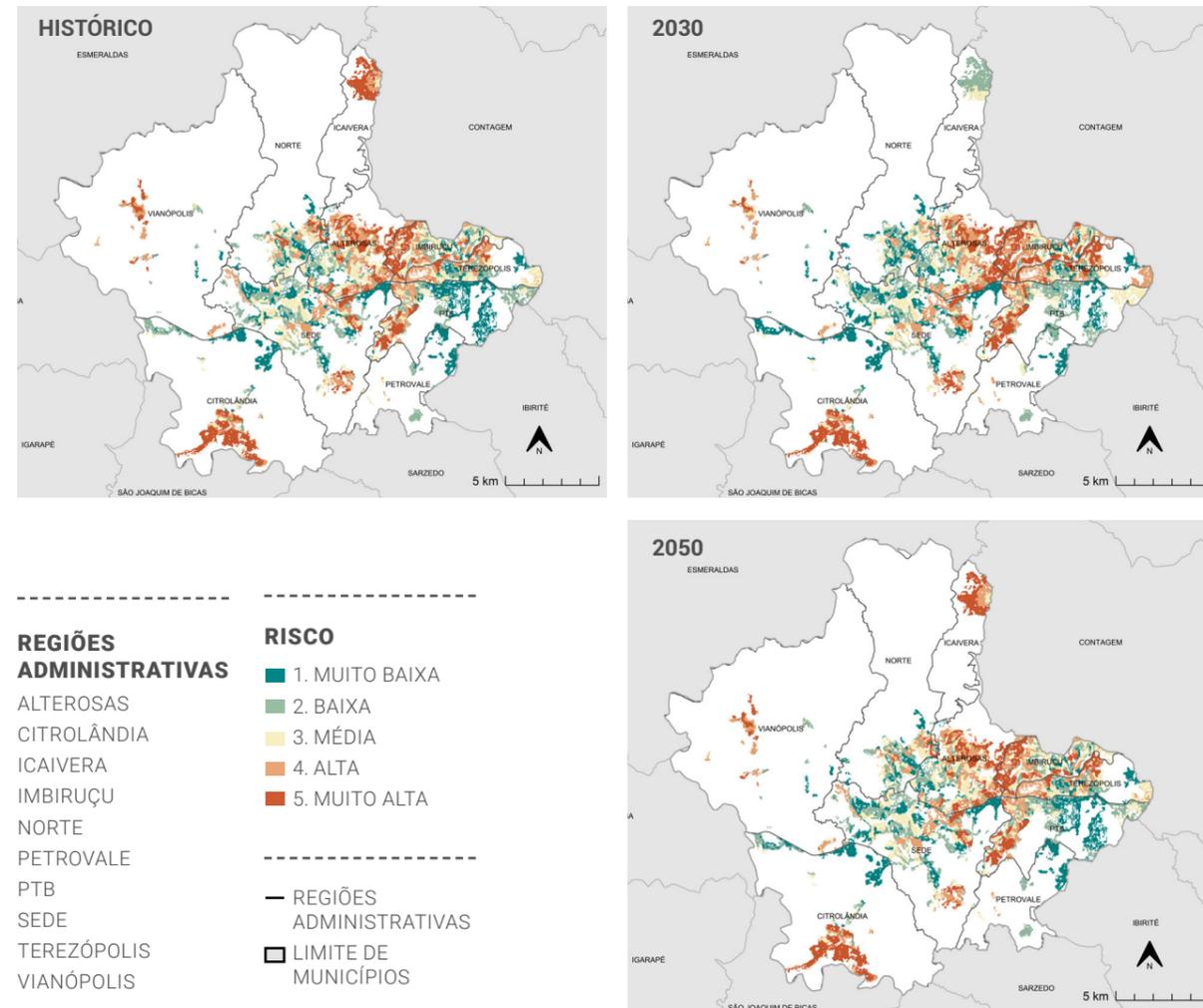


Mapa 7 - Vulnerabilidade e deslizamento no município de Betim



ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

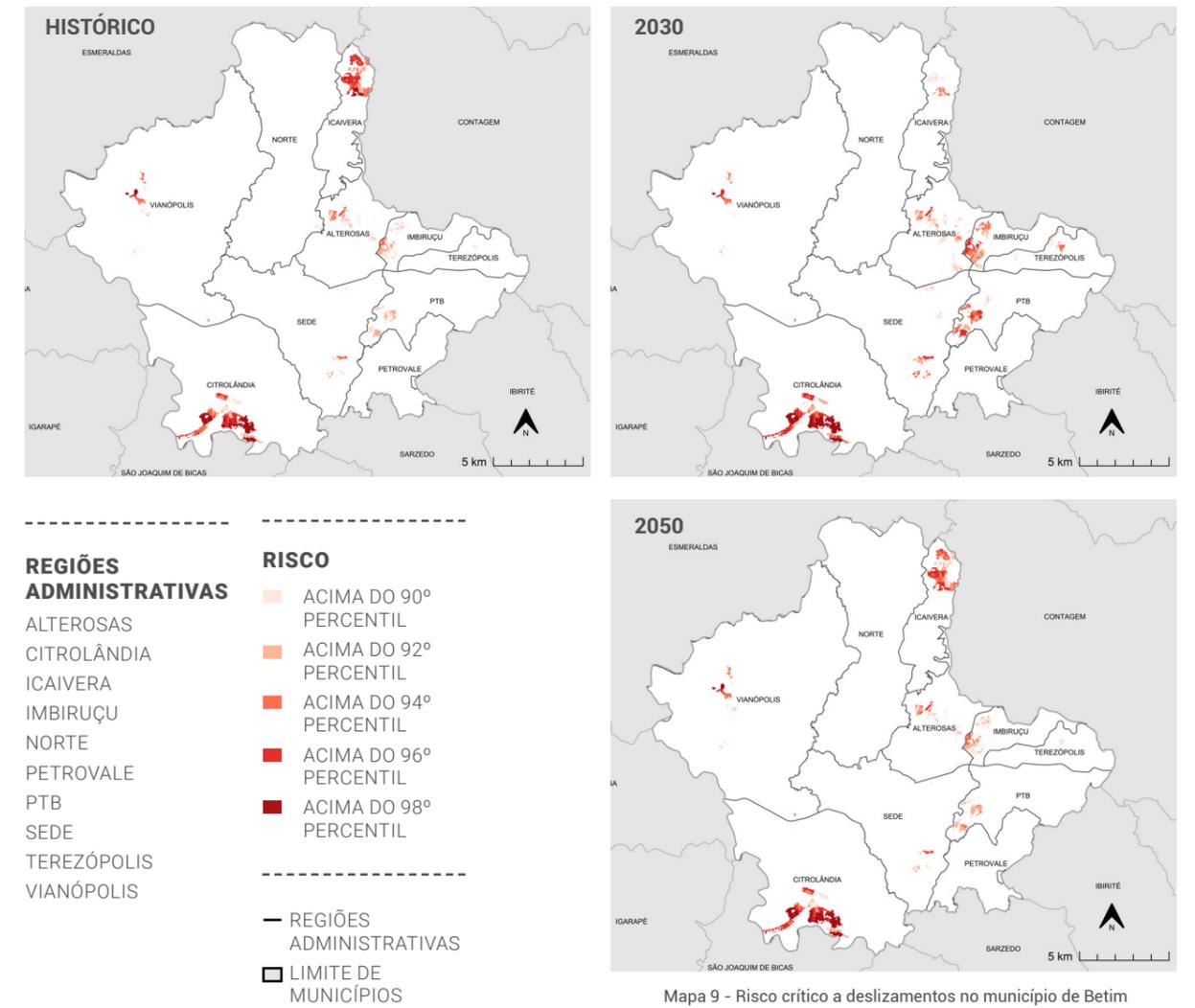
RISCOS - DESLIZAMENTOS



Mapa 8 - Risco a deslizamento no município de Betim

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

RISCO CRÍTICO - DESLIZAMENTOS



Mapa 9 - Risco crítico a deslizamentos no município de Betim

4.4 // ONDAS DE CALOR

4.4.1 // SÍNTESE

Ao observar o Mapa 10 em conjunto com o mapa de exposição da seção 4.1, nota-se que ao longo dos anos a região que a ameaça de ondas de calor é classificada como muito alta, concentra-se, em especial, na região onde possui um adensamento populacional maior. Entretanto, de forma geral, a ameaça de onda de calor pode ser observada ao longo do município de Betim como um todo, existindo poucas áreas classificadas como de média para muito baixa. Destaca-se ainda, que a parte norte da região administrativa Norte passa para uma ameaça classificada como média a muito baixa no período histórico para média a muito alta na projeção para o ano de 2030 e 2050.

O comportamento da ameaça de calor, ao longo dos anos, para o município pode ser compreendido ao analisar as variáveis dos extremos climáticos que são envolvidos no cálculo da ameaça de calor (Gráfico 7 e 8).

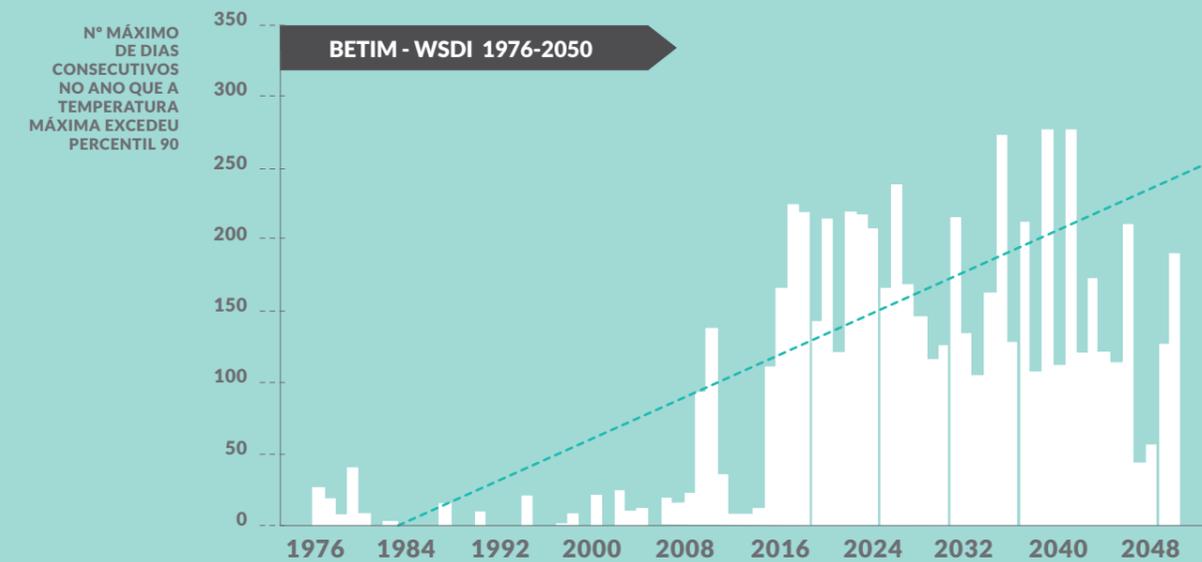


Gráfico 7 - Representa o número máximo de dias consecutivos no ano em que a temperatura máxima excedeu percentil 90, considerando-se 30° C conta-se o número de dias no ano em que temperatura máxima atingiu esse limiar Linha de tendência (em preto tracejada) indica aumento no período analisado.

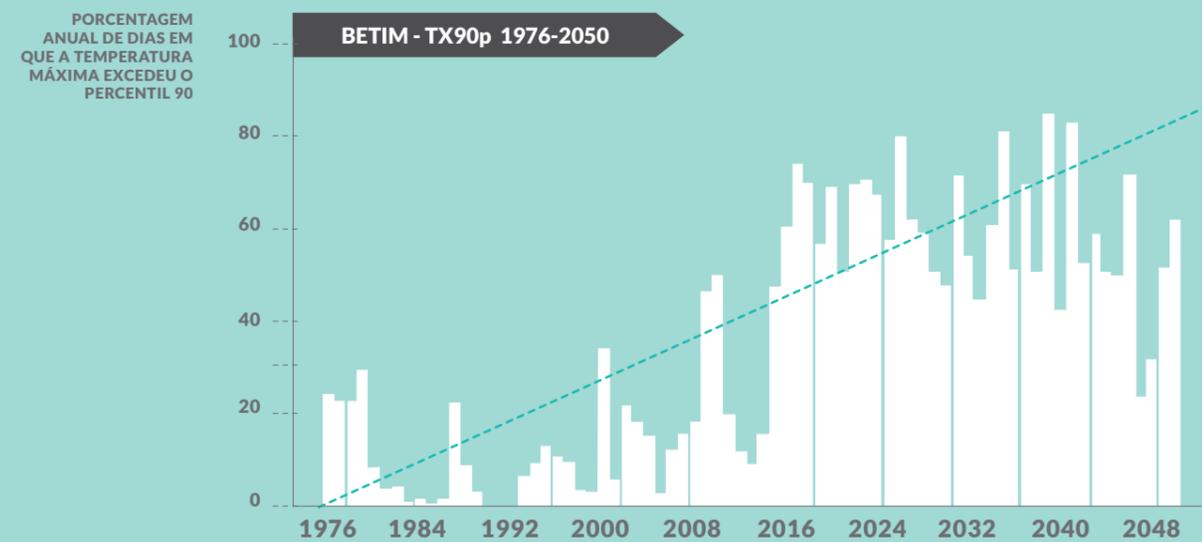


Gráfico 8 - Representa porcentagem anual de dias em que a temperatura máxima excedeu o percentil 90, não necessariamente consecutivos. Linha de tendência (em preto tracejada) indica aumento no período analisado

Nota-se que as duas variáveis consideradas no cálculo da ameaça de ondas de calor, WSDI (número máximo de dias consecutivos no ano em que a temperatura máxima excedeu percentil 90) e a TX90p (porcentagem anual de dias em que a temperatura máxima excedeu o percentil 90) apresentam um comportamento de aumento ao longo dos anos. A linha de tendências das suas variáveis demonstra esse aumento.

Em relação a vulnerabilidade, por meio do Mapa 11, é possível observar que todas as regiões administrativas do município de Betim possuem áreas em que a situação de vulnerabilidade é classificada como muito alta. É interessante apontar que ao analisar os elementos sensibilidade e capacidade adaptativa que resultam na vulnerabilidade, tem-se que a área que possui uma população em uma situação de maior sensibilidade frente a ondas de calor, ao mesmo tempo, é a mesma que possui uma maior capacidade adaptativa. Tal área abrange de forma mais expressiva as regiões administrativas Imbiruçu e Alterosa.

O risco de ondas de calor, mesmo ao passar dos anos, concentra-se mais na parte central e leste do município de Betim. Isto é, o risco de ondas de calor classificado como muito alto, concentram-se mais nessas regiões, possuindo outras pequenas áreas na parcela oeste e sul do município.

As áreas mais críticas (*hotspots*) quanto ao risco de ondas de calor podem ser observadas no Mapa 13. Nota-se que ao longo dos anos essas áreas mais críticas se encontram esparsas ao longo do território de Betim. Tal situação é corroborada pela análise do ranking dos bairros mais críticos em relação a ondas de calor (Tabela 4). Observa-se que os bairros mais críticos se encontram espalhados pelas regiões administrativas de Betim, mais especificadamente, nas regiões Vianópolis, Sede, PTB, Citrolândia e Alterosa.

	HISTÓRICO	2030	2050
RANKING			
1	QUINTAS DOS GODOY (RA: Vianópolis)	INDEPENDÊNCIA (RA: Alterosa)	INDEPENDÊNCIA (RA: Alterosa)
2	GUARUJA MANSOES (RA: Sede)	QUINTAS DOS GODOY (RA: Vianópolis)	QUINTAS DOS GODOY (RA: Vianópolis)
3	CONJ. HAB. DICALINO CABRAL (RA: Citrolândia)	SANTO AFONSO (RA: Vianópolis)	SANTO AFONSO (RA: Vianópolis)
4	INDEPENDÊNCIA (RA: Alterosa)	CRUZEIRO DO SUL - 2ª SECAO (RA: Alterosa)	CRUZEIRO DO SUL - 2ª SECAO (RA: Alterosa)
5	SANTO AFONSO (RA: Vianópolis)	VILA VERDE (RA: PTB)	GUARUJA MANSOESÃO (RA: Sede)

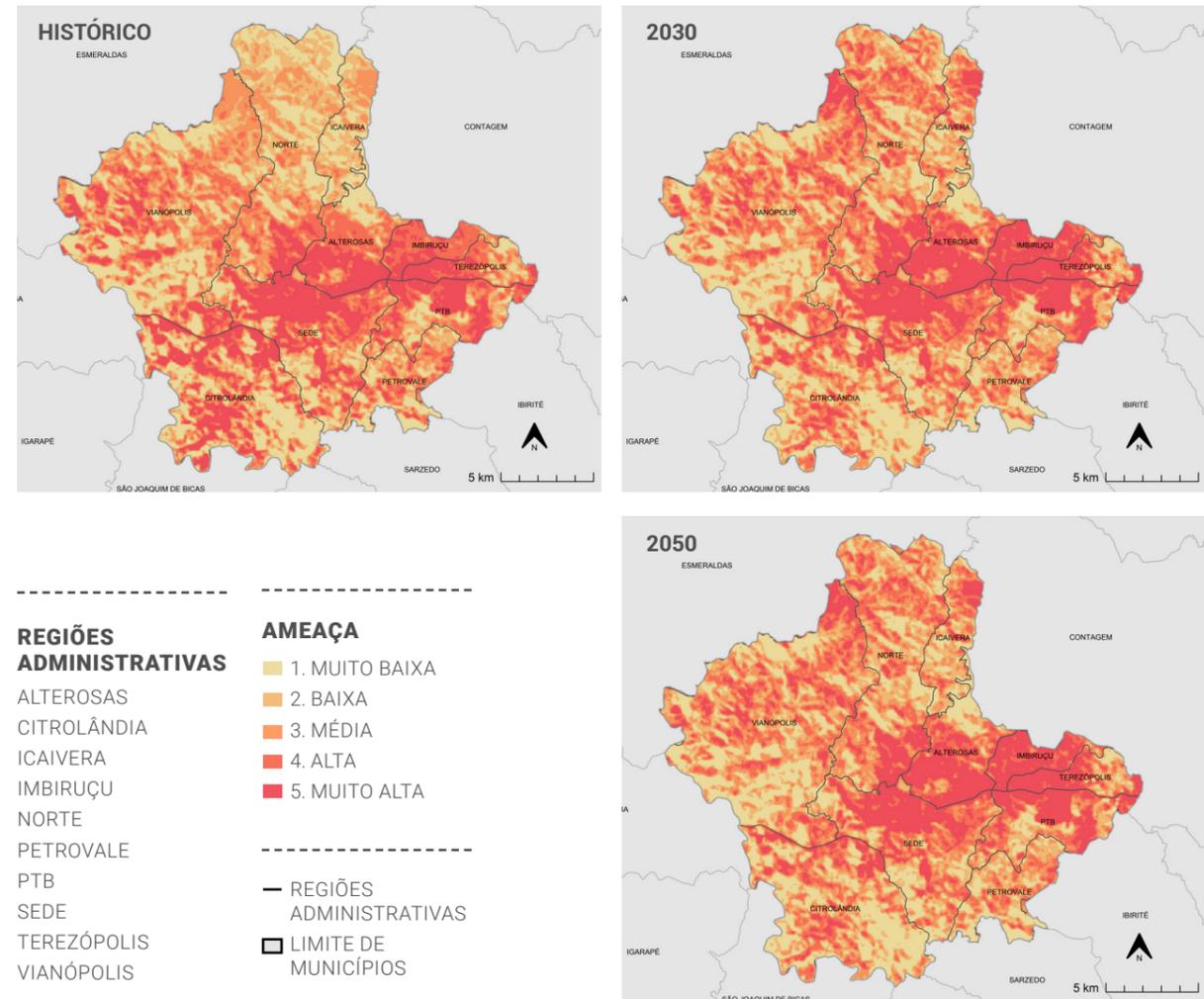
*RA: Região Administrativa

Tabela 3 - Ranking dos bairros mais críticos em relação a ondas de calor de Betim

4.4.2 // MAPAS

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

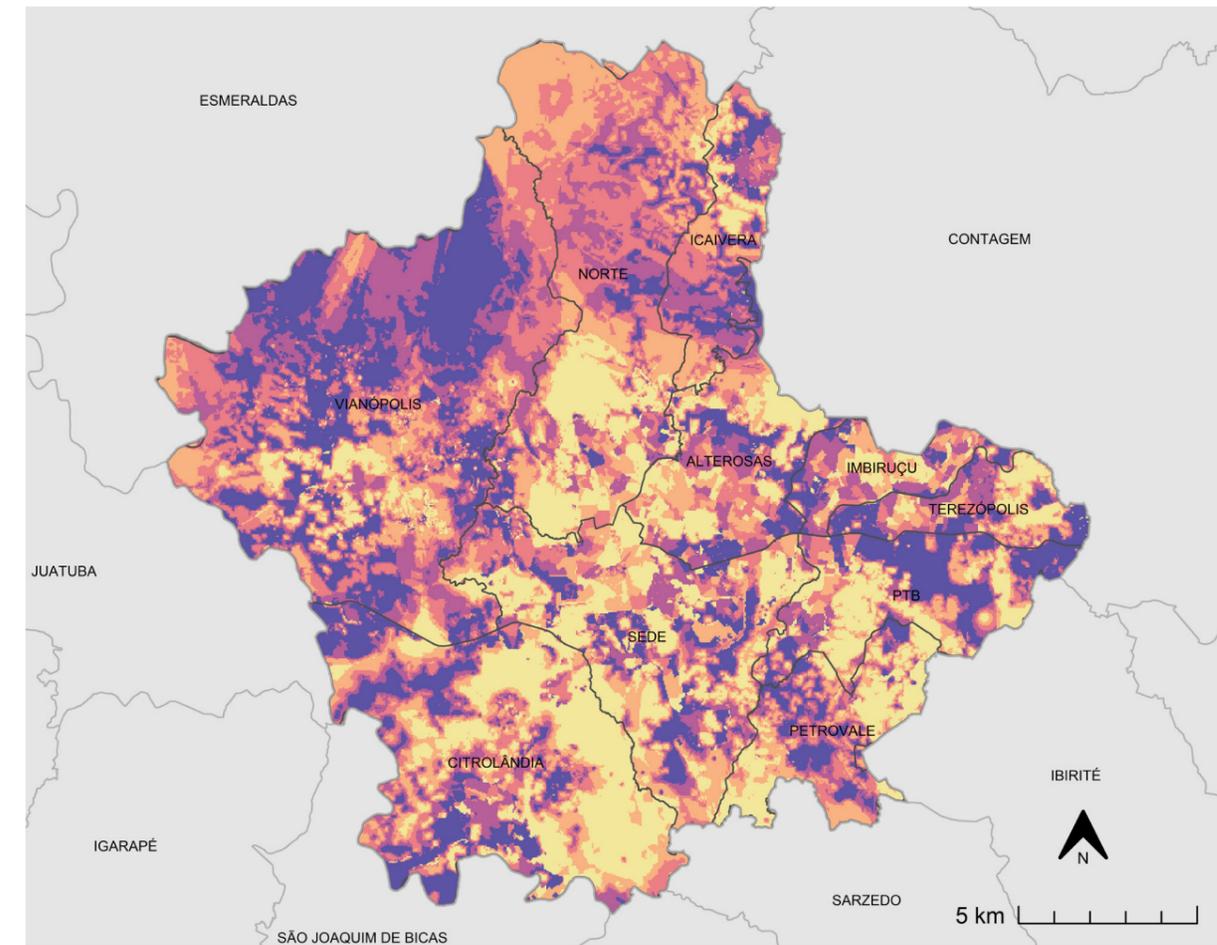
AMEAÇA PARA ONDAS DE CALOR



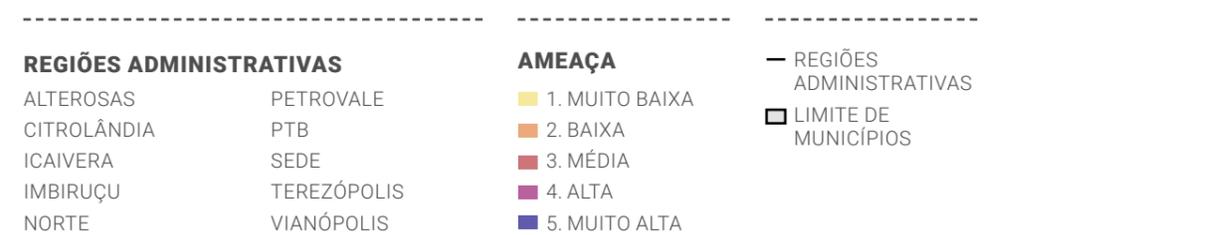
Mapa 10 - Ameaça a ondas de calor no município de Betim

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

VULNERABILIDADE PARA ONDAS DE CALOR

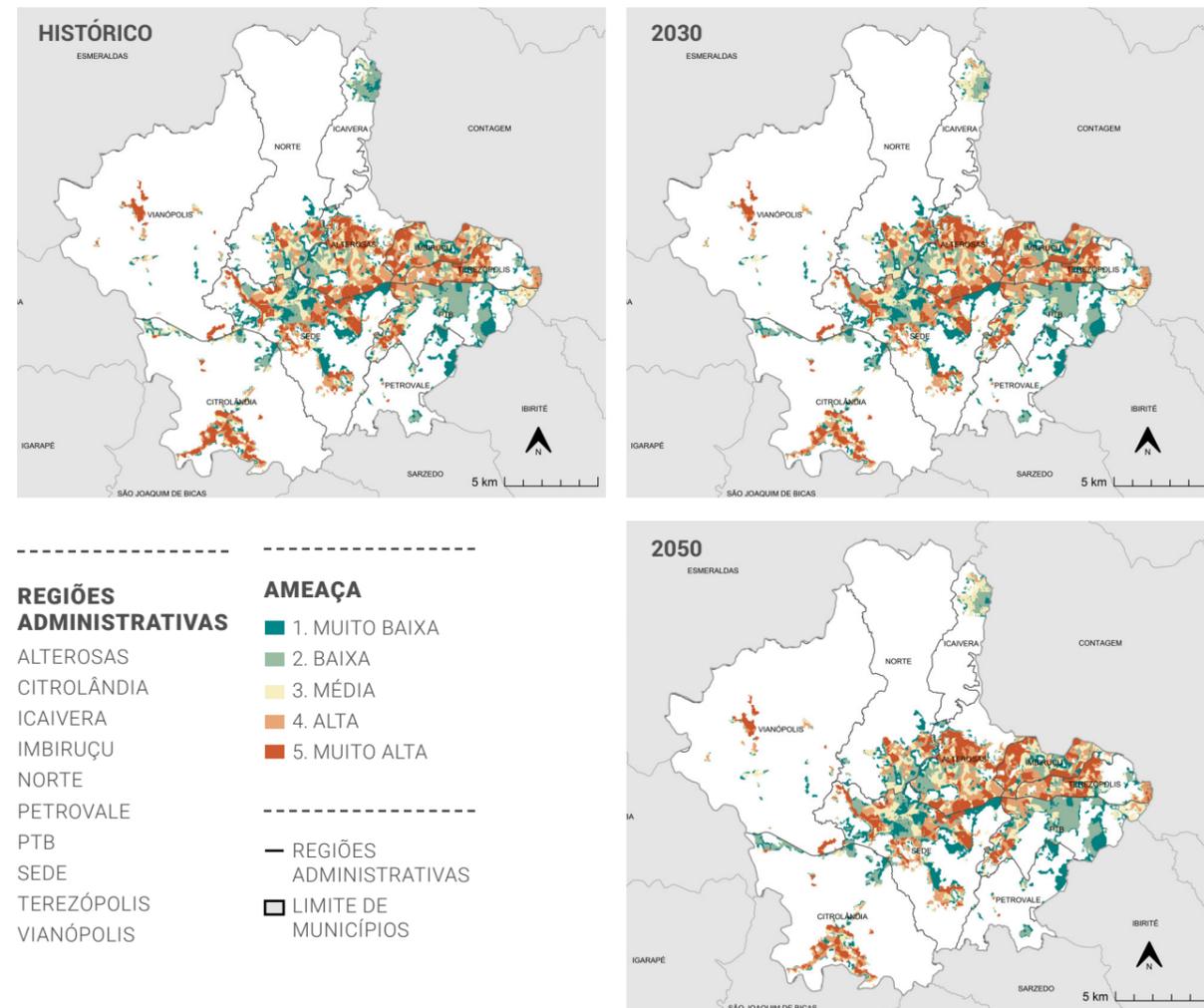


Mapa 11 - Vulnerabilidade a ondas de calor no município de Betim



ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

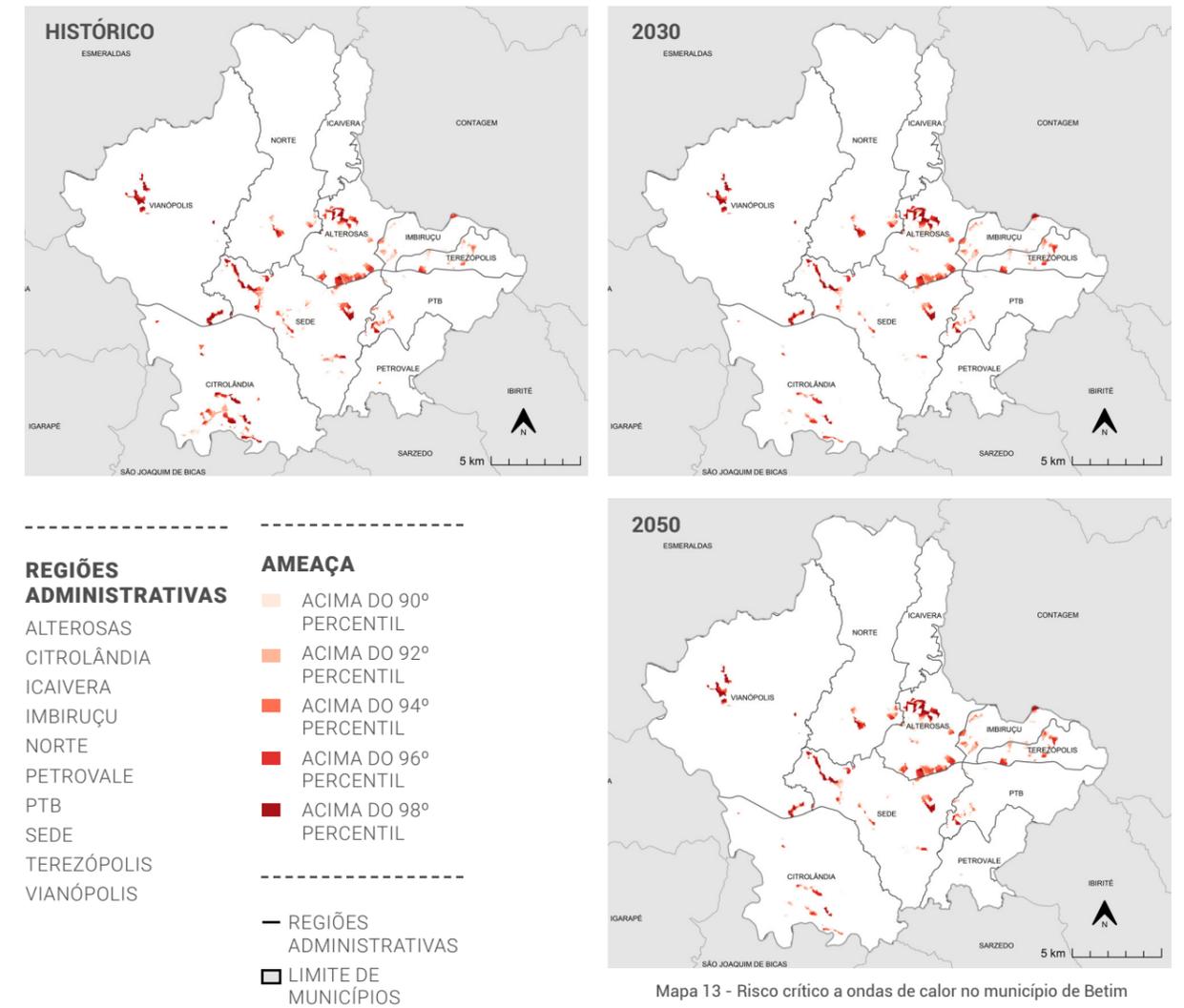
RISCOS - ONDAS DE CALOR



Mapa 12 - Risco a ondas de calor no município de Betim

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

RISCO CRÍTICO - ONDAS DE CALOR



Mapa 13 - Risco crítico a ondas de calor no município de Betim

4.5 // PROLIFERAÇÃO DE DOENÇAS

4.5.1 // SÍNTESE

Anteriormente a apresentação dos resultados, faz-se importante esclarecer que toda a população do município de Betim está sujeita em algum grau a ameaça de contração das doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*, visto a capacidade de dispersão e a taxa de eclosão dos vetores de transmissão de doença. Na análise realizada, o clima foi tratado como um fator condicionante para ocorrência do vetor, sendo o combate dos focos de acúmulo de água, isto é, locais propícios para a criação do mosquito transmissor de doença, a melhor forma de evitar a proliferação da doença.

Por meio dos resultados apresentados pelo Mapa 14 nota-se que a ameaça da proliferação do *Aedes aegypti* possui um comportamento interessante ao longo do período analisado. No período histórico nota-se que a ameaça classificada como muito alta concentra-se na extremidade da parte oeste e na extremidade da parte leste do município. No projetado para 2030 e 2050 essas extremidades continuam sendo classificadas como muito alta, mas nota-se que a classificação da ameaça vai aumentando do centro para as extremidades, sendo a região mais ao centro do município classificada como muito baixa. O comportamento da ameaça de proliferação de doenças, ao longo dos anos, para o município pode ser compreendido ao analisar as variáveis dos extremos climáticos que são envolvidos no cálculo da ameaça (Gráfico 9, 10 e 11).

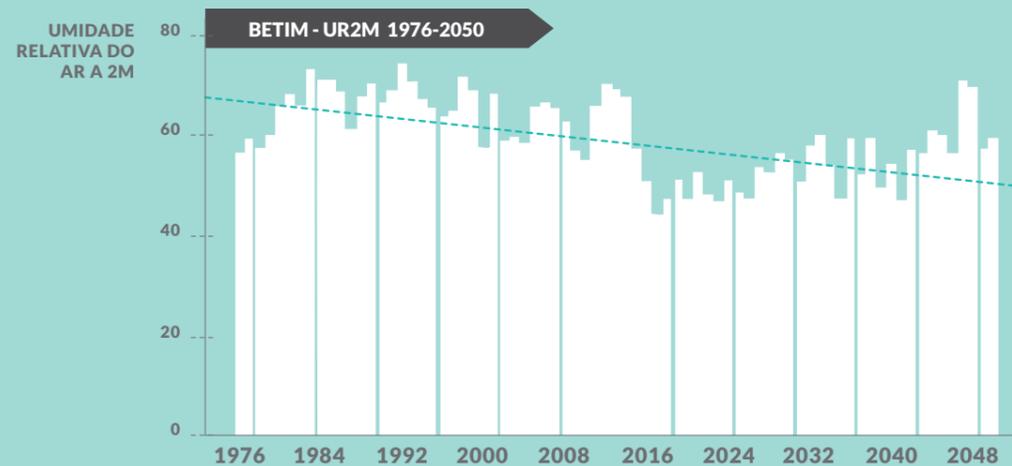


Gráfico 9 - Representa a evolução da umidade relativa do ar média anual projetada modelo ETA-HadGEM2-ES, cenário RCP8.5. Linha de tendência (em verde tracejada) indica redução no período analisado

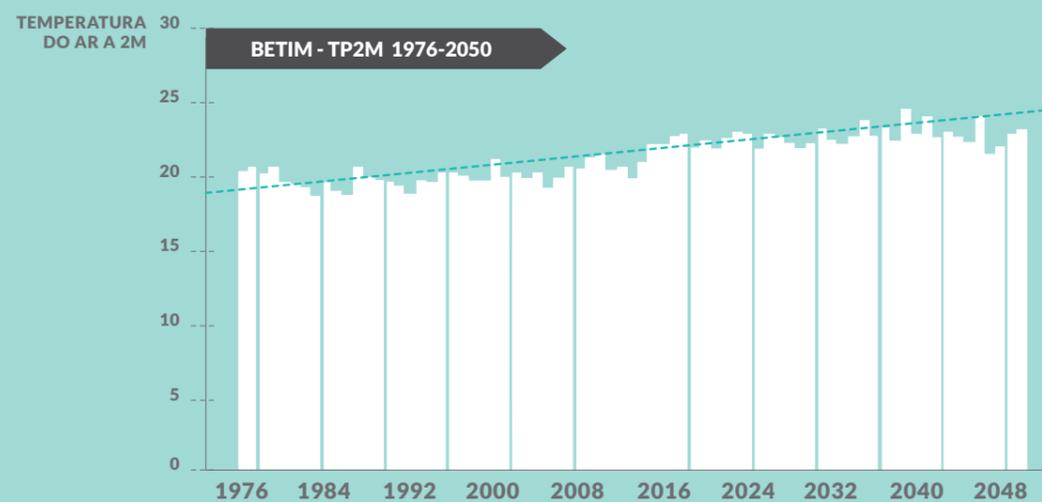


Gráfico 10 - Representa a evolução da temperatura média anual projetada modelo ETA-HadGEM2-ES, cenário RCP8.5. Linha de tendência (em verde tracejada) indica crescimento no período analisado

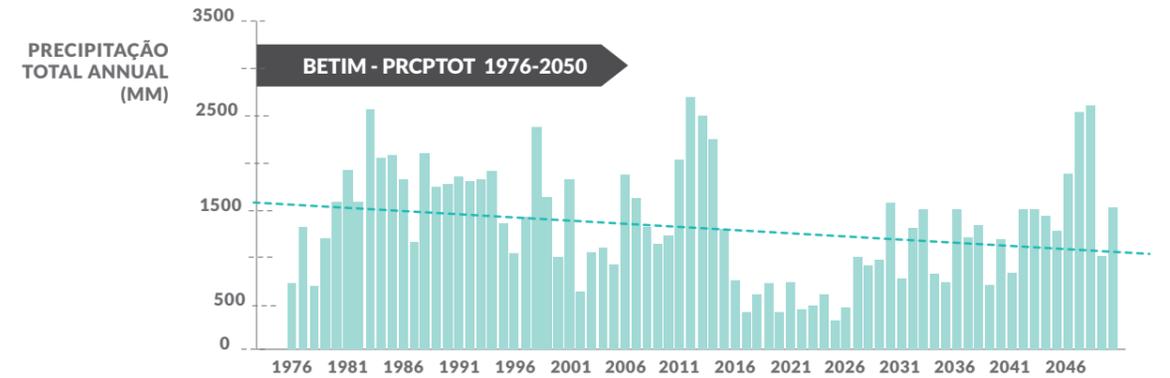


Gráfico 11 - Representa a evolução da precipitação total anual projetada modelo ETA-HadGEM2-ES, cenário RCP8.5. Linha de tendência (em verde tracejada) indica redução no período analisado

As variáveis climáticas condicionadoras da proliferação de vetores de doenças analisadas neste estudo apresentam tendências de aumento e redução, quais sejam: precipitação total (redução), temperatura (aumento) e umidade do ar (redução).

No que tange a vulnerabilidade, por meio do Mapa 15, nota-se que existem diversas áreas ao longo do território de Betim que são classificadas em uma situação de vulnerabilidade muito alta. É interessante apontar, que similarmente a análise a onda de calor, ao analisar os elementos sensibilidade e capacidade adaptativa que resultam na vulnerabilidade, tem-se que a área que possui uma população em uma situação de maior sensibilidade frente a proliferação de doenças, ao mesmo tempo, é a mesma que possui uma maior capacidade adaptativa. Tal área abrange de forma mais expressiva as regiões administrativas Imbiruçu e Alterosa.

Similarmente ao risco ondas de calor, o risco de proliferação de doenças, ao passar dos anos, mantém-se concentrado mais na parte central e leste do município de Betim. Isto é, o risco de ondas de calor classificado como muito alto, concentram-se mais nessas regiões, possuindo outras pequenas áreas na parcela oeste e sul do município. Vale a pena destacar que uma parte considerável região administrativa Sede em 2030 é classificada em baixa e muito baixa, e em 2050 essa parte fica mais heterogênea com classificações de muito baixa para muito alta.

As áreas mais críticas (hotspots) quanto ao risco de proliferação de doenças podem ser observadas no Mapa 17. Nota-se que no período histórico e no projetado para 2050 essas áreas se encontram mais esparsas ao longo do território de Betim e no período de 2030 elas tendem a se concentrar na parte leste do município. A Tabela 5 abaixo mostra o ranking dos bairros mais críticos em relação a proliferação de doenças. Nota-se que os bairros mais críticos variam muito ao longo do ano, sendo a região administrativa Teresópolis e Citrolândia com mais bairros críticos.

RANKING	HISTÓRICO	2030	2050
1	BOA VISTA (RA: Vianópolis)	JARDIM PERLA (RA: Imbiruçu)	OLARIA (RA: Vianópolis)
2	PARQUE DAS CACHOEIRAS (RA: Sede)	JARDIM PIEMONTE (RA: Teresópolis)	BOA VISTA (RA: Vianópolis)
3	ACUDE (AGRO-PECUARIA ADIR) (RA: Vianópolis)	FAZENDA CANDEIA (RA: Sede)	PARQUE DAS CACHOEIRAS (RA: Sede)
4	FAZENDA SARAIVA (RA: Vianópolis)	VILA BOA ESPERANCA (RA: Teresópolis)	VILA CRUZEIRO (RA: Citrolândia)
5	CRUZEIRO DO SUL - 3ª SECAO (RA: Alterosa)	AMAZONAS (RA: Teresópolis)	JARDIM PIEMONTE (RA: Teresópolis)

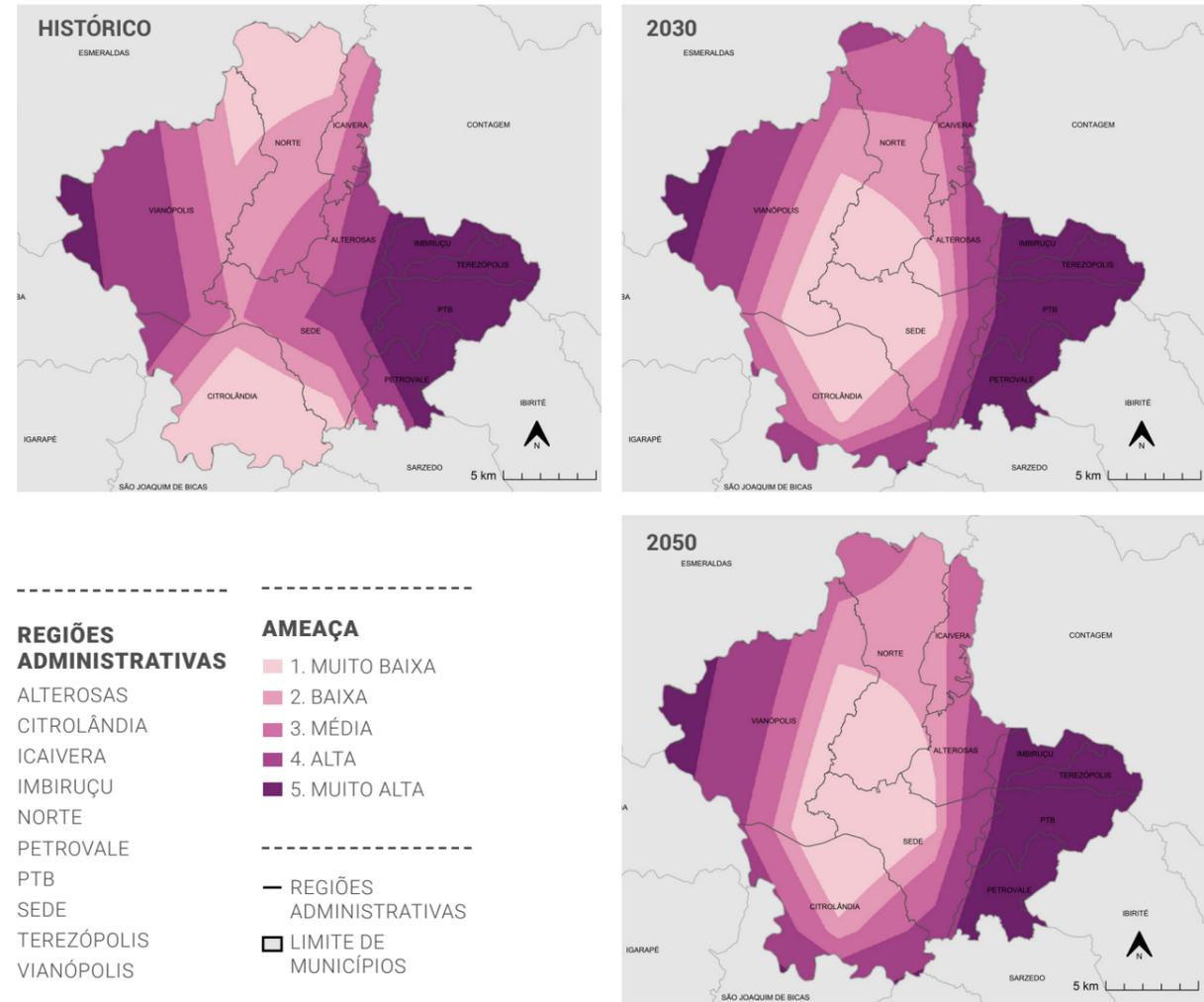
*RA: Região Administrativa

Tabela 4 - Ranking dos bairros mais críticos em relação a proliferação de doenças de Betim

4.5.2// MAPAS

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

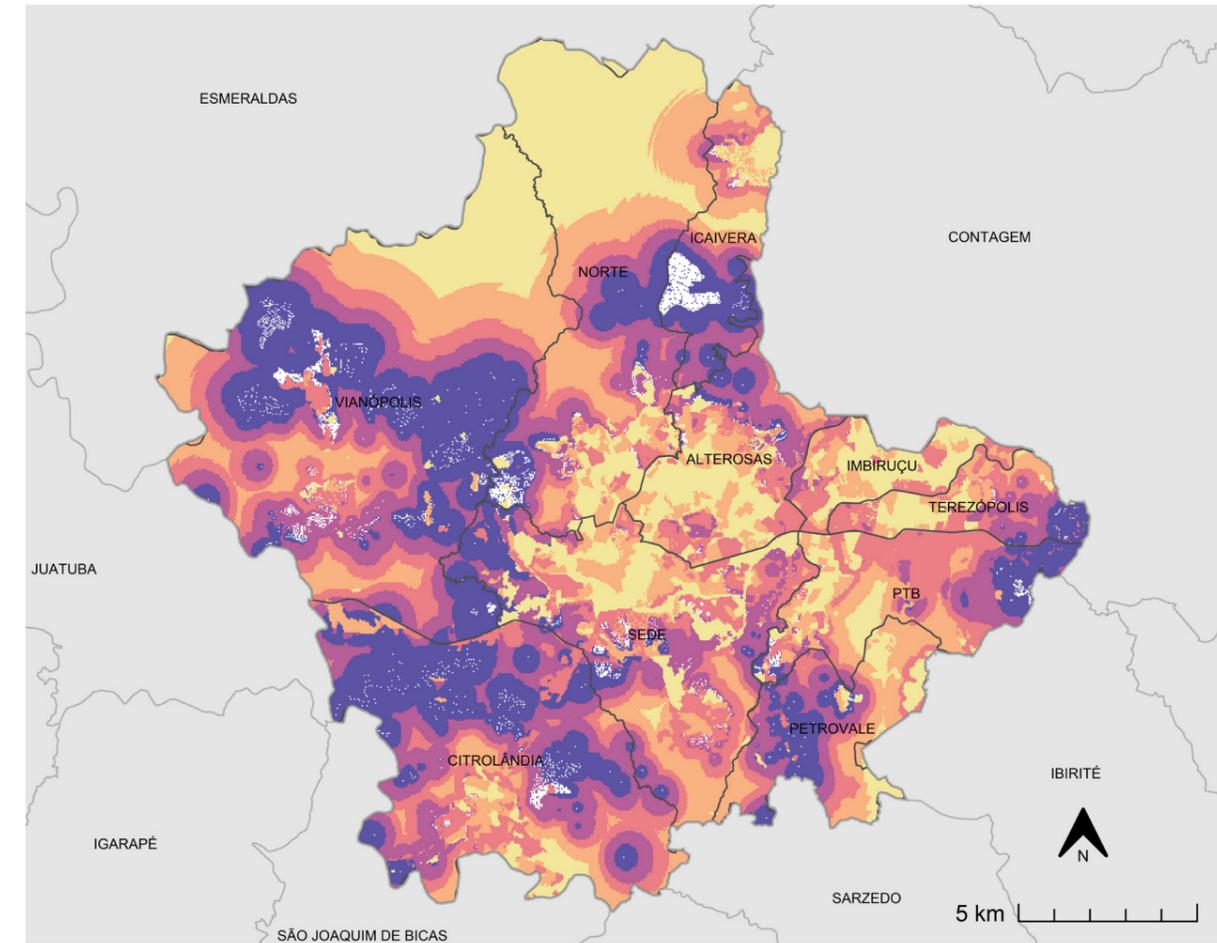
AMEAÇA PARA DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS



Mapa 14 - Ameaça a proliferação de vetores (*Aedes aegypti*) no município de Betim

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

VULNERABILIDADE PARA DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS

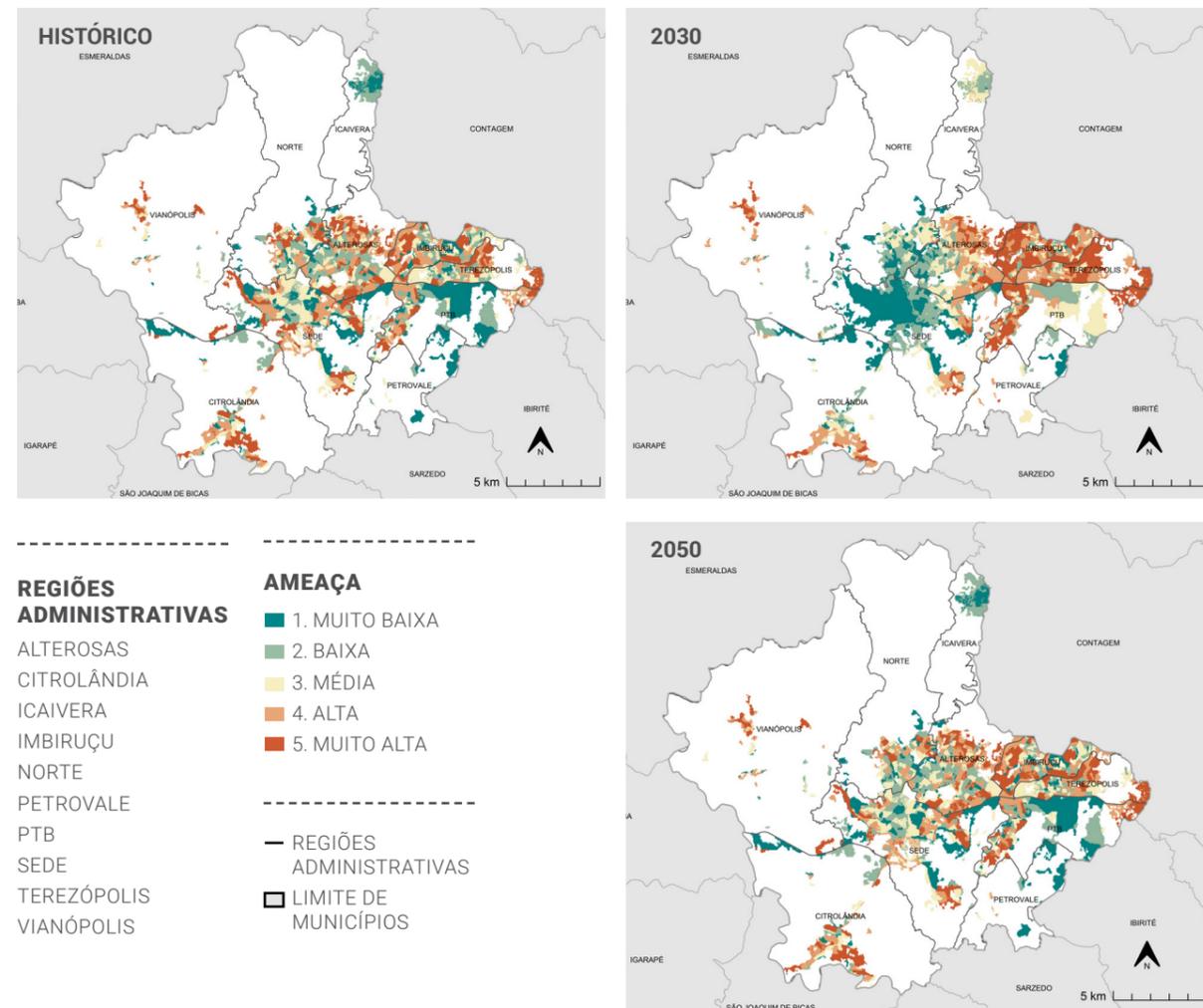


Mapa 15 - Vulnerabilidade a proliferação de vetores (*Aedes aegypti*) no município de Betim



ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

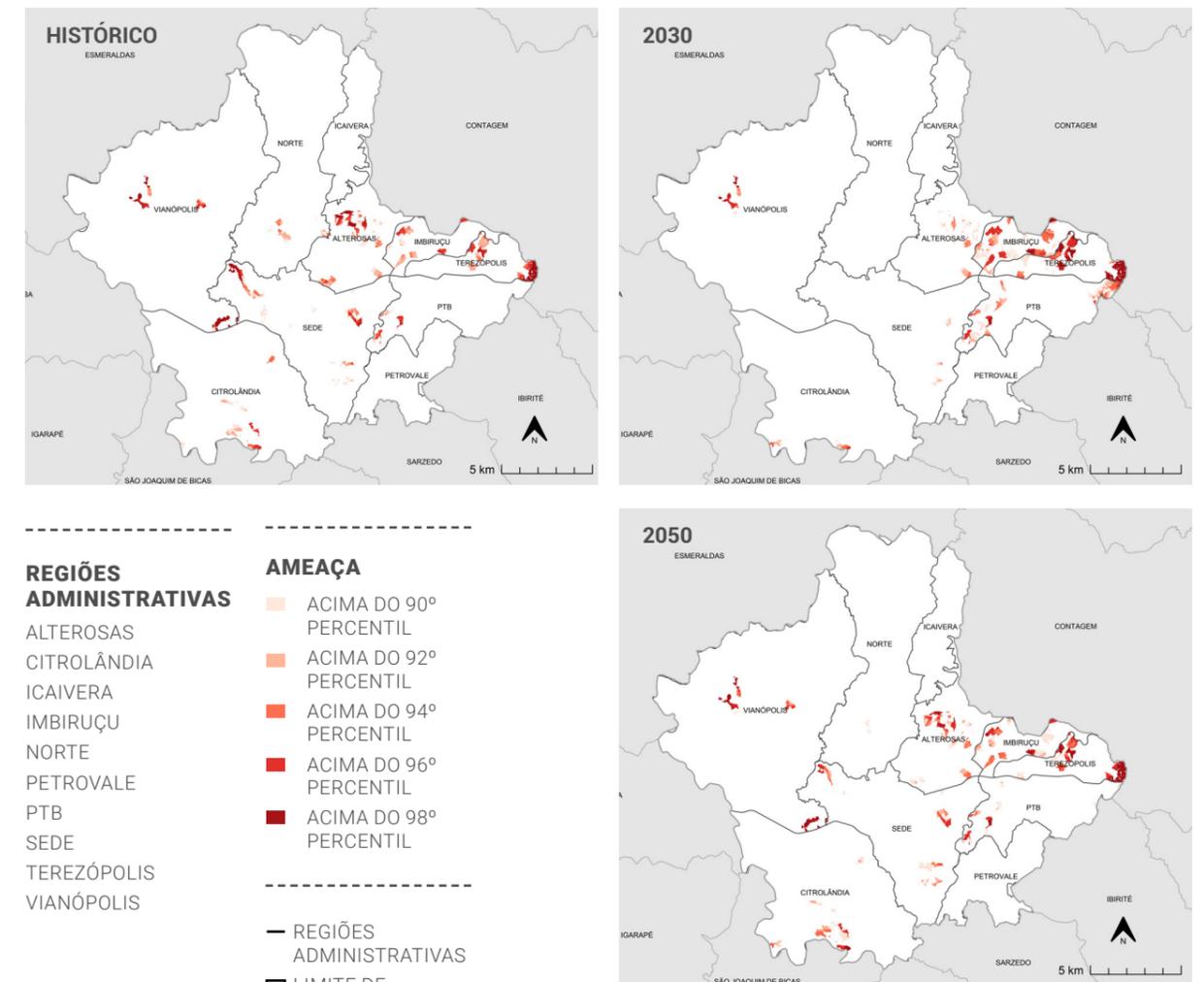
RISCOS - DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS



Mapa 16 - Risco a proliferação de vetores (*Aedes aegypti*) no município de Betim

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

RISCO CRÍTICO - DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS



Mapa 17 - Risco crítico a proliferação de vetores (*Aedes aegypti*) no município de Betim

4.6 // SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS

As análises espaço-temporal das variáveis climáticas projetadas pelo modelo regionalizado Eta-HadGEM2-ES no cenário RCP8.5, combinadas às características da população e do meio físico (natural e estrutural), permitem avaliar potenciais riscos de inundação, deslizamento, ondas de calor e doenças no município de Betim.

Os resultados apresentados na seção 4 apontam que, na etapa de elaboração e formulação de medidas de adaptação para o município de Betim, a região administrativa Citrolândia deve ter uma atenção especial por abranger bairros presentes no ranking dos cinco bairros mais críticos em todas as ameaças analisadas, em especial, em relação à ameaça de deslizamento. Além de Citrolândia, destacam-se as regiões administrativas Vianópolis e Sede, tendo em vista que essas duas regiões possuem bairros em áreas críticas em relação a quase todas as ameaças, com exceção ao deslizamento.

Entre os riscos climáticos apresentados, o risco de onda de calor se destaca, visto que as duas variáveis que compõem o cálculo da ameaça climática tendem a aumentar ao longo do período analisado, sendo elas: WSDI (o número máximo de dias consecutivos no ano em que a temperatura máxima excedeu o percentil 90) e TX90p (porcentagem anual de dias em que a temperatura máxima excedeu o percentil 90, não necessariamente consecutivos). Tanto o mapa da ameaça climática quanto o mapa da vulnerabilidade da população betinense frente à onda de calor apresentam áreas classificadas como muito altas, dispersas ao longo do município. Tal cenário reflete no resultado do mapa de risco crítico à onda de calor que aponta áreas críticas espalhadas pelas regiões administrativas de Betim, estando presente em cinco de nove delas, ao observar o ranking de bairros mais críticos em relação à ameaça no município.

Nota-se que o risco de proliferação de doenças (*Aedes aegypti*), apesar de se concentrar na parte leste de Betim, segundo os resultados, as áreas mais críticas à ameaça, ou seja, que representam risco crítico, encontram-se esparsas ao longo do município, estando presentes em seis das nove regiões administrativas, ao observar o ranking de bairros mais críticos em relação à proliferação de doenças (*Aedes aegypti*). Nesse sentido, tendo em vista a elevada capacidade de dispersão e a elevada taxa de eclosão dos vetores de transmissão de doença, tal situação deve ser analisada cautelosamente pela cidade, levando em consideração medidas estratégicas que abarquem o município como um todo.

A observação dos mapas do período analisado mostra que tanto o risco de inundação quanto o risco de deslizamento tendem a se manter constantes no município de Betim. Entretanto, ao se observar o comportamento das ameaças, nota-se que, em termos de inundação, as variáveis que compõem o cálculo de tal ameaça apontam uma tendência à redução no período analisado, sendo elas: R95p (precipitação total anual quando a taxa de precipitação diária > 95 percentil), R25mm (nº de dias no ano com chuva acima de 25 mm) e RX1day (máxima precipitação diária anual). Em termos de deslizamento, nota-se que, enquanto a variável RX5day (máxima precipitação anual em acumulada 5 dias consecutivos) se mantém constante ao longo do período analisado, a variável CWD (nº máximo de dias consecutivos com chuva no ano) tende a aumentar.

Do ponto de vista das áreas críticas, tais áreas em relação à inundação se encontram esparsas ao longo do município de Betim, estando presentes em quatro de nove regiões administrativas, ao observar o ranking bairros mais críticos em relação a ameaça no município. Já em termos de deslizamento, destaca-se que, como apontado anteriormente, a região administrativa Citrolândia possui os cinco bairros mais críticos em relação à ameaça de deslizamento no período analisado.

Agregando os mapas de risco crítico referentes às ameaças abordadas nesse estudo (Mapas 5, 9, 13 e 17) a partir do registro das áreas apontadas como o risco crítico, pode-se observar as regiões onde há sobreposição de riscos (Mapa 18). Por meio dessa análise é possível identificar bairros e regiões administrativas onde a questão climática pode vir a ser proeminente em diversas frentes. Essas regiões apresentam maior vulnerabilidade socioeconômica, mas também uma convergência de intensificação dos extremos climáticos apontados pelas análises de risco individuais. Esse mapa serve como síntese do problema climático e também como ponto de partida para priorização de ações.

Faz-se importante esclarecer que a análise aqui apresentada deve ser atualizada no futuro, levando em consideração as particularidades do dinamismo de uma cidade e a atualização de dados fundamentais, como os dados do IBGE. Tais atualizações permitem a melhoria contínua da análise e a atualização das medidas e ações de adaptação, e, conseqüentemente, das ações de desenvolvimento do município de Betim. Além disso, as atualizações devem ser

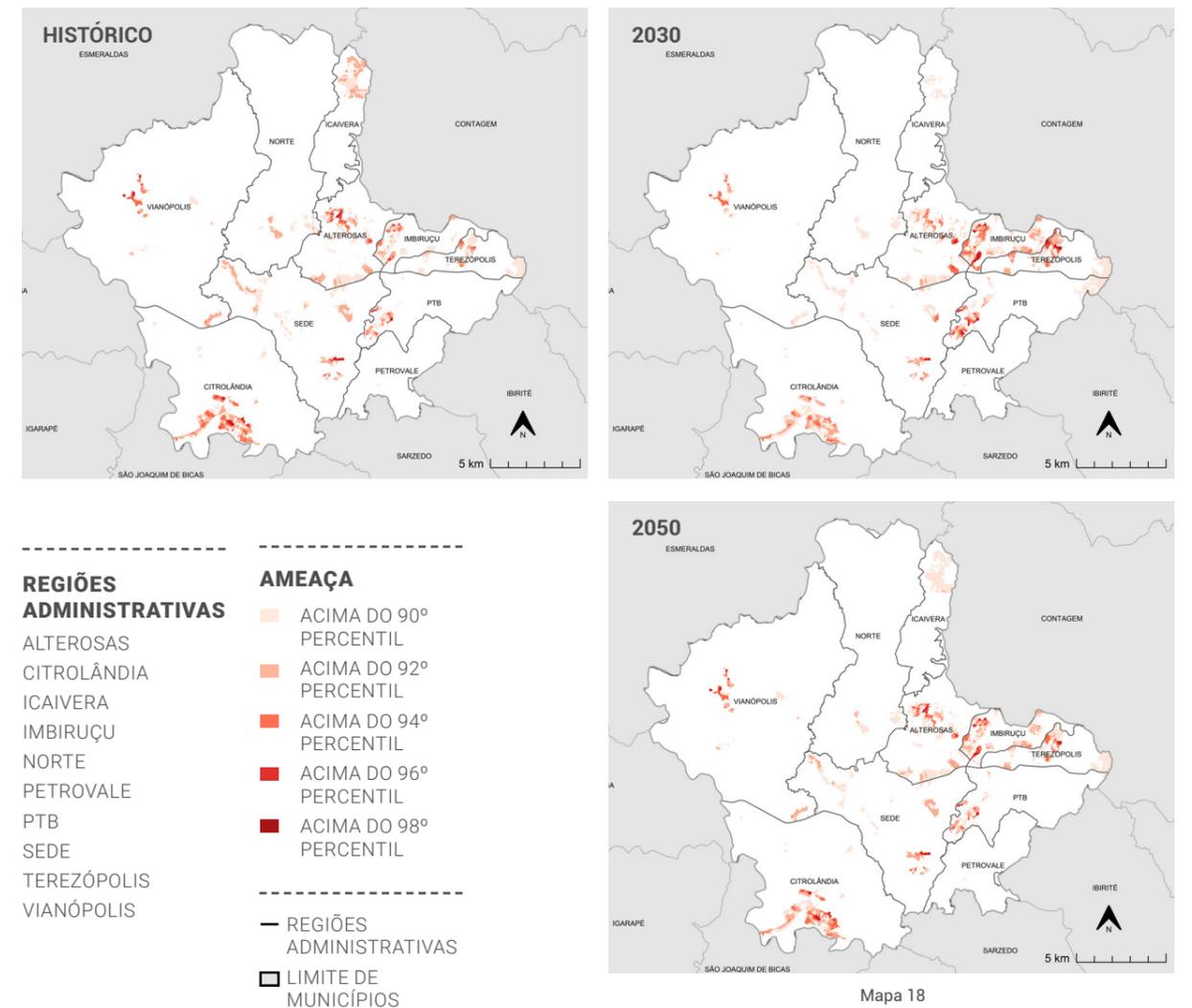
planejadas de forma a reconhecer a relevância de outras ameaças climáticas, como a ameaça de incêndios florestais que, apesar de não ter sido contemplada no presente estudo devido a uma questão de escopo, reconhece-se sua importância.

Por fim, os resultados da Análise de Risco Climático são um importante instrumento técnico para apoiar a formulação de medidas e ações adaptativas para aumentar a resiliência do município de Betim frente à mudança do clima.

4.6.1 // MAPAS

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO DE BETIM

RISCO COMPOSTO



// 05 RESILIÊNCIA CLIMÁTICA: PRINCIPAIS CONCEITOS

Tendo em vista os impactos relacionados aos eventos climáticos extremos que as cidades já enfrentam e que, de acordo com o IPCC (2014), mesmo se a estabilização da temperatura global da superfície for atingida, os efeitos da mudança do clima ainda poderão ocorrer durante centenas de anos, reforça-se que tanto ações de mitigação quanto de adaptação são essenciais. A mitigação se refere a ações, por meio da intervenção humana, para reduzir as fontes ou aumentar os sumidouros⁶ de gases de efeito estufa. Já a adaptação se refere ao processo de ajuste dos sistemas humanos e naturais ao clima atual e esperado e aos seus efeitos.

De forma geral, a adaptação à mudança do clima consiste primeiramente na redução da vulnerabilidade e na exposição dos sistemas naturais e humanos. A integração da adaptação ao planejamento, incluindo o desenho de políticas públicas e a tomada de decisões, pode promover sinergias com o desenvolvimento e a redução de riscos de desastres (IPCC, 2014). Isso porque as intervenções de adaptação visam a reforçar a resiliência do sistema, melhorando a sua capacidade de responder ao estresse do clima e/ou reduzir a sua deficiência física, ambiental e socioeconômica, garantindo oportunidades adicionais para a sustentabilidade, o crescimento e o desenvolvimento.

A adaptação deve ser pensada levando em consideração as características específicas de cada contexto local. Segundo Noble *et al.* (2014), a identificação das necessidades decorrentes dos riscos e as vulnerabilidades climáticas fornecem uma base para a seleção de medidas de adaptação mais efetivas. De forma geral, existem três tipos ou grupos de medidas de adaptação: estrutural, institucional e social (Figura 8).

6- Sumidouro: Qualquer processo, atividade ou mecanismo que remova um gás de efeito estufa (IPCC, 2014).

MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO

ESTRUTURAL

ENGENHARIA E ÁREAS CONSTRUÍDAS

Paredes marítimas e estruturas de proteção costeiras; diques de inundação e alcatrões; armazenamento de água; melhor drenagem; engodamento de praias; abrigos contra inundações e ciclones; código de construção; adaptação das infraestruturas viárias e rodoviárias; e ajuste de usinas e redes elétricas.

TENOLOGIAS

Novas variedades de culturas; modificação genética; irrigação eficiente; armazenamento da água da chuva; instalações de armazenamento e preservação dos alimentos; sistemas de alerta precoce; e isolamento de edifícios.

ADAPTAÇÃO BASEADA EM ECOSISTEMAS (AbE) / SOLUÇÕES BASEADA NA NATUREZA (SbN)

Restauração ecológica, incluindo zonas úmidas e de várzeas; aumento da biodiversidade; reflorestamento; conservação e replantio de manguezais; árvores de sombra; telhados verdes; gestão de pesca; migração assistida ou controlada; corredores ecológicos; gestão de recursos naturais baseada na comunidade; e gestão adaptativa do uso do solo.

SERVIÇOS

Redes de segurança e proteção social; bancos de alimentos e distribuição de excedentes alimentares; programas de vacinação; e serviços essenciais de saúde pública

INSTITUCIONAL

ECONOMIA

Incentivos financeiros, incluindo impostos e subsídios; seguros; títulos de catástrofes; fundos rotativos; pagamento por serviços ambientais; tarifas de água; microfinanciamento; fundos de contingência para desastres; e transferências de dinheiro vivo.

POLÍTICAS E PROGRAMAS NACIONAIS E GOVERNAMENTAIS

Planos de adaptação nacionais e regionais que integrem a mudança do clima; programas de melhoria urbana; planejamento e preparação contra desastres naturais; planos diretores de cidades; planos setoriais; manejo integrado de recursos hídricos; gestão de zonas costeiras; manejo baseado em ecossistemas; manejo de pescas; e adaptação de base comunitária.

EDUCAÇÃO

Sensibilização e integração na educação; serviços de extensão; compartilhamento de conhecimento local e tradicional, incluindo a integração no planejamento da adaptação; e comunicação por meio da mídia.

SOCIAL

INFORMAÇÃO

Mapeamento de perigos e vulnerabilidades; sistema de alerta rápido e de resposta, incluindo alertas precoces voltados para a saúde; monitoramento sistemático e sensoriamento remoto; previsões mais confiáveis; planos de adaptação baseado na comunidade, incluindo o upgrading de comunidades; e o desenvolvimento de cenários participativos.

COMPORTAMENTO

Alojamento; preparação de domicílios e planejamento para evacuação; conservação do solo e da água; diversificação dos meios de subsistência; alteração nas práticas de gado e de aquicultura; mudanças nas culturas agrícolas; mudanças em práticas de cultivo, padrões e datas de plantio; e alternativas de silvicultura; sensibilização e treinamento com as comunidades sobre como agir em situações de evento extremos.

* As medidas de engenharia devem ser planejadas, sempre que possível, considerando as soluções baseadas na natureza (SbN)

Figura 7 - Tipos e exemplos de medida de adaptação

Fonte: Adaptado de IPCC (2014)

5.1 // ADAPTAÇÃO E MITIGAÇÃO

As ações de adaptação e de mitigação são de extrema importância no enfrentamento da mudança do clima e devem ser analisadas de forma complementar, tendo em vista a redução e o gerenciamento dos riscos associados à mudança do clima. A implementação eficaz dessas ações depende de políticas e da cooperação em todas as escalas, podendo, ainda, ser aprimoradas por meio de respostas que vinculam mitigação e adaptação a outros objetivos da sociedade, como ações e políticas de desenvolvimento da cidade. Por exemplo, uma ação de expansão do transporte público em um município pode ser implementada tendo em vista as ações de mitigação e adaptação.

Ao selecionar uma medida de adaptação, é essencial que se avalie a relação desta com a mitigação, mais especificadamente, os efeitos da medida de adaptação nos objetivos de mitigação. Isso porque, ao mesmo tempo em que uma ação adaptativa pode ter uma relação sinérgica com os objetivos da mitigação, ela pode também ter efeitos contrários, como, por exemplo, aumentar as emissões de GEE ao disponibilizar ar-condicionado em alguns ambientes que estão sofrendo com o aumento da temperatura. De acordo com o C40 (2018), as relações entre as ações de adaptação e mitigação podem ser classificadas em:

SINERGIA:

- ações que reduzem tanto as emissões de GEE quanto o risco climático.

AÇÕES COM EFEITOS CONTRÁRIOS (TRADE-OFF):

- ações com efeitos contrários à mitigação e adaptação, isto é, ações de mitigação que aumentam o risco climático ou as ações de adaptação que aumentam as emissões.

MAU INVESTIMENTO

- ações que podem ser desfeitas ou menos eficazes pelos efeitos da mudança do clima se não forem suficientemente resilientes.

AÇÕES COMPLEMENTARES (PIGGYBACKING):

- ações que são complementares quando projetadas e/ou implementadas em conjunto; por exemplo, projetos com oportunidades para adicionar ações de mitigação ou adaptação a um pequeno custo marginal de investimento.

5.2 // MÁ ADAPTAÇÃO (MALADAPTATION)

Ao tomar a decisão de quais medidas de adaptação serão implementadas, deve-se levar em consideração a má adaptação. A má adaptação pode ser entendida como as ações que, em vez de reduzir a vulnerabilidade e a exposição de pessoas, lugares ou setores, aumentam esses fatores. Tal conceito foi desenvolvido a partir de medidas e ações de adaptação que não funcionaram como tais, uma vez que prejudicaram os recursos, limitaram opções futuras, pioraram a problemática da vulnerabilidade da população, e ainda, transferiram a responsabilidade de encontrar soluções para as futuras gerações (UNEP, 2019).

De acordo com Anguelovski *et al.* (2016), se uma ação de adaptação vai contra o desenvolvimento sustentável, os objetivos de erradicação da pobreza e da igualdade social, sobretudo sobrecarregando desproporcionalmente os mais vulneráveis, ela é considerada uma ação de má adaptação. É importante ressaltar que as ações de adaptação malsucedidas não devem ser confundidas com a má adaptação, visto que as ações malsucedidas são neutras, ou seja, são apenas ações que não atingiram seu objetivo final, mas, ao mesmo tempo, não geraram nenhum impacto negativo (BARNETT e O'NEILL, 2010).

Vale destacar que uma das formas de se introduzir uma agenda de adaptação no contexto das cidades, considerando as incertezas inerentes à projeção dos cenários futuros, é implantar as chamadas medidas de "não arrependimento" (no regrets). Tais medidas aumentam a resiliência das cidades e geram benefícios mesmo desconsiderando a concretização dos efeitos da mudança do clima, isto é, independentemente da mudança do clima, essas medidas oferecem cobenefícios para outras questões sociais, de desenvolvimento e econômicas da cidade.

5.3 // PROPOSIÇÃO DE AÇÕES DE ADAPTAÇÃO PARA BETIM

O processo de levantamento de medidas de adaptação levou em consideração os resultados da análise de risco climático para o município de Betim, buscando identificar as possíveis ações que reduzirão os riscos de inundação, ondas de calor, deslizamento e proliferação de vetores de doença para o município. Tal processo foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica de experiências realizadas no contexto nacional e internacional, em cidades que enfrentam riscos climáticos semelhantes aos identificados para Betim e por meio da análise documental das ações e medidas existentes no município. Ressalta-se que as ações de adaptação dizem respeito às iniciativas, planos, programas ou projetos físicos. Portanto, ao considerar as medidas existentes em Betim, observou-se quais ações o município já está colocando em prática e quais poderiam ser revisadas e/ou alteradas para incluir ou reforçar a pauta de adaptação.

No total, foram selecionadas e sistematizadas em uma lista com mais de 30 ações para o município de Betim (Tabela 6 a 8). Tais ações foram categorizadas em medidas estruturais (Tabela 6), sociais (Tabela 7) e institucionais (Tabela 8), com indicação a(s) qual(is) ameaça(s) climática(s) poderão responder. Além disso, por meio da coluna de classificação, é possível identificar se a ação é uma ação proposta, existente, ou se poderia ser revisada, isto é, se tal medida já existe na cidade, mas pode vir a ser adequada para incluir e/ou reforçar a questão da adaptação.

	MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	CLASSIFICAÇÃO
1	IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRUTURAS PROJETADAS PARA CAPTURA DE CHUVA	Implementar praças, jardins, quadras poliesportivas e outras estruturas que sejam projetadas, como uma grande bacia de água, que podem capturar e reter a água da chuva. Quando não está chovendo, a bacia pode ser usada para outros fins, como esportes.	Inundação	Proposta
2	IMPLEMENTAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS E RUAS COM PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	Promover e priorizar a implementação de revestimento e pavimento permeável em espaços públicos.	Inundação	Proposta
3	IMPLEMENTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA VERDE E OUTRAS MEDIDAS DE DRENAGEM DE BAIXO IMPACTO	Implementar infraestrutura verde e natural para drenagem, como jardins de chuva, biovaletas, rotatórias drenantes, áreas alagáveis (wetlands), além de pisos permeáveis e cisternas, com atenção especial para as áreas com alto risco de inundação. Essas medidas ajudam a diminuir a velocidade de escoamento da água pluvial, a capturar e absorver a água da chuva, reduzindo a carga sobre o sistema convencional de drenagem, atenuando os picos de cheia durante períodos de chuva intensa.	Inundação	Proposta
4	CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIOS	Construir reservatórios no sistema de macrodrenagem para armazenamento e retenção de águas pluviais em áreas com alto risco de inundação. Sempre que possível, incorporando medidas de soluções baseadas na natureza – infraestrutura verde.	Inundação	Proposta

	MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	CLASSIFICAÇÃO
ID 5	AMPLIAÇÃO DO FLUXO DE INFORMAÇÃO	Ampliar o fluxo de informação aos usuários de transporte público e motoristas sobre incidentes climáticos (antecipado e pronta-resposta).	Inundação	Proposta
6	CONSTRUÇÃO DE BARREIRAS CONTRA DETRITOS PROVENIENTES DE DESLIZAMENTOS	Implementar barreiras resistentes a detritos oriundos de deslizamentos de terra que protejam a infraestrutura urbana e vias expressas.	Deslizamento	Proposta
7	REDUÇÃO DE CORTES AUTORIZADOS E NÃO AUTORIZADOS EM ENCOSTAS	Fiscalizar, coibir e atender a denúncias anônimas sobre cortes nos terrenos de encostas sem autorização da Prefeitura, para evitar o agravamento da declividade. Adicionar critérios mais severos para a autorização de cortes nessas áreas.	Deslizamento	Proposta
8	INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE ALERTA EM COMUNIDADES	Promover a instalação de sistemas de alertas em comunidades classificadas como de alto risco por deslizamentos, e promover o treinamento junto à Defesa Civil sobre como agir de forma preventiva e após o desastre.	Deslizamento	Proposta
9	MONITORAMENTO E REDUÇÃO DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM ENCOSTAS	Monitorar permanentemente a redução de disposição de resíduos sólidos em áreas de encostas.	Deslizamento	Proposta
10	APRIMORAMENTO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	Melhorar a experiência do usuário no sistema de transporte público, com especial atenção a investimentos em conforto térmico de veículos, segurança e melhorias nos pontos de ônibus, estações e terminais de transportes).	Ondas de calor	Proposta
11	PROMOÇÃO DO RETROFIT DA FROTA DE ÔNIBUS	Promover o retrofit da frota de ônibus existente com telhados brancos para reduzir o ganho de calor solar e ventilação para garantir a circulação de ar adequada.	Ondas de calor	Proposta
12	PROMOÇÃO DA PINTURA DE TELHADOS, ESTACIONAMENTOS E RUAS	Promover a pintura de telhados, estacionamentos e ruas com tinta branca visando ao aumento da reflexão da radiação solar, e, conseqüentemente, à redução da sensação de calor e abafamento na cidade.	Ondas de calor	Proposta

	MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	CLASSIFICAÇÃO
ID 13	PROMOÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE MUROS VERDES, PAREDES E TELHADOS VERDES, E JARDINS VERTICAIS	Promover a implementação de muros verdes, paredes verdes e jardins verticais ao longo do município, priorizando áreas críticas em relação a ondas de calor, de forma a melhorar o conforto térmico dessas áreas. Além disso, melhora o aspecto visual da cidade e reduz a poluição no entorno dessas áreas.	Ondas de calor	Proposta
14	INSTALAÇÃO DE BEBEDOUROS PÚBLICOS ACESSÍVEIS A PCD EM PONTOS DE ALTA CIRCULAÇÃO DA CIDADE	Instalar fontes e bebedouros de água potável, públicos, de acesso gratuito e convenientes à população, para dessedentação e frescor. Tais bebedouros podem ser instalados em áreas comerciais movimentadas, pontos turísticos, distritos de negócios, rotas de passageiros de transporte público rodoviário e ferroviário e espaços verdes populares como parques e praças.	Ondas de calor	Proposta
15	REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE ARBORIZAÇÃO	Promover a manutenção e a ampliação das áreas verdes urbanas e de unidades de conservação, restaurar as áreas degradadas, manter as áreas verdes existentes com enriquecimento de espécies, bem como expandir ações de plantio levando em consideração áreas prioritárias do Plano de Arborização e as áreas críticas apresentadas no estudo de risco climático para o município.	Ondas de calor	Sugestão de revisão
16	PROGRAMAS UMA VIDA UMA ÁRVORE E DISQUE PLANTIO	Promover a participação do cidadão no programa de Arborização Municipal. O primeiro, realizado em parceria como a Globo Minas, tem como meta plantar uma muda de árvore para cada criança nascida no município e cadastrada no programa. O segundo, denominado Disque Plantio, busca plantar árvores gratuitamente e sem ônus direto aos cofres públicos, em residências, estabelecimentos comerciais, calçadas, praças públicas, dentre outros. A solicitação é realizada pelo próprio munícipe.	Ondas de calor	Existente
17	REALIZAÇÃO DE CAMPANHAS DE SENSIBILIZAÇÃO	Realizar campanhas de sensibilização para alertar a população sobre os riscos do calor excessivo, a insolação e as medidas para mitigar seus efeitos.	Ondas de calor	Proposta

	MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	CLASSIFICAÇÃO
ID				
18	AMPLIAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA O COMBATE À DENGUE	Ampliar o Plano de Contingência para o Combate à Dengue para as áreas críticas em relação à doença, organizando ações preventivas para o controle da dengue, apoiando a capacitação dos profissionais envolvidos no enfrentamento da doença e promovendo assistência adequada ao paciente nessas áreas.	Proliferação de vetores de doenças	Existente com propostas
19	PROMOÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE SOLUÇÕES SBN EM NOVAS OBRAS DE REQUALIFICAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICOS	Promover e priorizar soluções do tipo Soluções baseadas na Natureza (SbN) nas obras de requalificação de espaços públicos e de equipamentos de sombreamento em praças selecionadas.	Inundação e ondas de calor	Proposta
20	MANUTENÇÃO E AMPLIAÇÃO DE PARQUES PRAÇAS	Promover a manutenção e a ampliação de parques e praças visando a amenizar as ilhas de calor e atenuar as inundações, priorizando áreas críticas.	Inundação e ondas de calor	Proposta
21	AVALIAÇÃO DAS ROTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	Avaliar se as rotas de transporte público estão em áreas críticas visando a proposição de medidas adaptativas, bem como a proposição de novas rotas fora das áreas de risco.	Deslizamento e Inundação	Proposta
22	REVISÃO DA DELIBERAÇÃO NORMATIVA CODEMA Nº 05 DE 26 DE AGOSTO DE 2004	Propor a revisão da taxa permeável do solo urbano no Município de Betim em áreas críticas de deslizamento e inundação, de forma a reduzir o risco nessas regiões.	Deslizamento e inundação	Existente com propostas
23	REVITALIZAÇÃO DO PARQUE NATURAL MUNICIPAL FELISBERTO NEVES	Revitalizar o parque visando à melhoria do atendimento à população em diversas atividades que são elaboradoras no parque, bem como a preservação da área verde. Os parques são importantíssimos para a manutenção do microclima local e a redução do impacto de eventos extremos de chuvas.	Geral	Existente

	MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	CLASSIFICAÇÃO
ID				
24	IMPLEMENTAÇÃO DE CORREDORES DE BIODIVERSIDADE	Implementar, com base no Plano Diretor, conexões ecológicas visando à promoção da preservação de áreas verdes existentes, à regeneração das áreas degradadas do município e, consequentemente, promoção de qualidade de vida para a população.	Geral	Existente
25	MANUTENÇÃO DO IPTU ECOLÓGICO	Manter o IPTU Ecológico, que dá descontos de até 50% na cobrança do Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) de quem promove medidas ecologicamente sustentáveis em imóveis localizados em área urbana. Entre as medidas para promover a prática ecologicamente sustentável, destacam-se: os sistemas de Energia Elétrica Solar Fotovoltaica; de Aquecimento Solar de água; e de Captação e Reutilização de Água de Chuva.	Geral	Existente
26	PROGRAMA ADOTE UMA ÁREA PÚBLICA	Descontos de até 20% no valor do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) para aqueles que aderirem ao programa, adotando praças, jardins, parques, áreas verdes, canteiros centrais de avenidas no município, dentre outros locais públicos. O projeto permite que qualquer cidadão, associação de bairro, escola, estabelecimento bancário, comércio, sindicato, empresas, indústrias, ONGs possam adotar.	Geral	Existente
27	PERMANECIMENTO DO COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ECOEFICIÊNCIA (CMMCE)	Permanecer no comitê o que é responsável por promover a atuação na discussão das políticas públicas e da iniciativa privada que visem à redução das emissões de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos, por meio de propostas de medidas de mitigação e adaptação, além da redução da produção de resíduos sólidos, e, consequentemente, sua reutilização e reciclagem.	Geral	Existente
28	EXPANSÃO DO PROJETO ESCOLA SUSTENTÁVEL	Expansão do projeto para outras escolas do município de Betim, como forma de aumentar o impacto positivo nas comunidades. O projeto consiste na adoção e aplicação de medidas de sustentabilidade no cotidiano das escolas e fomento da responsabilidade ambiental.	Geral	Existente com propostas

	MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	CLASSIFICAÇÃO
ID 29	AMPLIAÇÃO DO PROGRAMA SEMENTES DO BEM	Ampliar as atividades de capacitação dos profissionais da educação infantil do município, buscando inserir a temática sobre mudança do clima e as ações de aumento da resiliência para as cidades, promovendo a replicação do conhecimento às crianças de dois a cinco anos e, conseqüentemente, para as famílias de Betim.	Geral	Existente com propostas
30	REVISÃO DO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE BETIM	Ao revisar o Plano Diretor, considerar os resultados da análise de risco climático para o município, isto é, as áreas e os bairros críticos em relação às ameaças climáticas analisadas.	Geral	Existente com propostas
31	LEI Nº 6.299, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2017 (LICENCIAMENTO)	Os empreendimentos que, nos termos da ABNT NBR ISSO 14.001, apresentarem certificação de Sistema de Gestão Ambiental (SGA) por empresa certificadora acreditada por sistema nacional ou internacionalmente reconhecida, poderão fazer jus ao acréscimo de 01 (um) ano, no prazo de validade da Licença em vigor, para as Classes 0 (zero), 01 (um) e 02 (dois), desde que devidamente requerida antes do término da vigência da LAS e comprovada a condição no processo de licenciamento.	Geral	Existente
32	REVISÃO DO PLANO LOCAL DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL	Revisar o plano, e, em especial, o Programa de Reassentamento Habitacional, considerando os resultados da análise de risco climático para o município, incluindo critérios de adaptação para os projetos básicos e executivos, principalmente de infraestrutura verde e de princípios de sustentabilidade e eficiência para as construções.	Geral	Existente com propostas
33	MANUTENÇÃO DA POLÍTICA DE PROTEÇÃO, PRESERVAÇÃO, CONSERVAÇÃO, CONTROLE E RECUPERAÇÃO DO MEIO AMBIENTE E DE MELHORIA DA QUALIDADE DE VIDA	Manter a política que visa a melhorar a qualidade de vida no Município de Betim, mediante a proteção, a preservação, a conservação, o controle e a recuperação do meio ambiente, patrimônio público a ser defendido e garantido pelo Poder Público e pela comunidade às atuais e futuras gerações.	Geral	Existente

	MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	CLASSIFICAÇÃO
ID 34	REVISÃO DO PROGRAMA DE APROVEITAMENTO DE TERRENOS PÚBLICOS	Revisar o Programa de aproveitamento de Terrenos Públicos, propondo a utilização dessas áreas de forma sustentável, e de forma a reduzir os impactos climáticos na região desse terreno.	Geral	Existente com propostas
35	COMUNICAÇÃO DE SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	Construir parcerias para a criação de novos canais de comunicação para envio de mensagens de emergência para locais de grande circulação/aglomeração de pessoas e grandes redes de relacionamento da cidade.	Geral	Proposta
36	CONSTRUÇÃO DE BANCO DE DADOS CLIMÁTICOS	Construir banco de dados e monitorar séries históricas sobre os perigos climáticos: escorregamento de massa, ilha e onda de calor e inundação.	Geral	Proposta
37	CAPACITAÇÃO DOS SERVIDORES PÚBLICOS E SOCIEDADE EM GERAL	Implementar amplo programa de capacitação da resposta para situações críticas relacionadas a eventos climáticos extremos para a rede escolar, servidores públicos, agentes comunitários, associações de moradores, síndicos de condomínios, associações comerciais e de lojistas, jornalistas, organizações sociais, para que todos sejam agentes multiplicadores de conhecimento, sobre as ameaças climáticas a que o município está exposto e os riscos envolvidos.	Geral	Proposta
38	CAPACITAÇÃO DOS FUNCIONÁRIOS DA ÁREA DE SAÚDE	Capacitação dos funcionários da área de saúde para estarem preparados para dar suporte à população em relação aos riscos climáticos.	Geral	Proposta

Tabela 5 - Lista longa das medidas estruturais de adaptação para o município de Betim

5.4 // PROCESSO DE PRIORIZAÇÃO DE MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO

A partir da lista de ações de adaptação apresentadas, recomenda-se um processo de seleção, priorização e adequação ao contexto local das ações visando a alcançar as que se aproximam mais da realidade e do interesse de Betim, e, conseqüentemente, quais delas serão implementadas e em que ordem de prioridade.

Para a seleção e a priorização das medidas de adaptação, indica-se a utilização de um método específico, intitulado “análise multicritérios”. Esse tipo de análise constitui um instrumento de apoio à tomada de decisão, que permite comparar medidas heterogêneas por meio da combinação de diferentes critérios (ex: custo, eficácia, viabilidade, tempo de resposta, cobenefícios, equidade de gênero, recursos humanos existentes, não arrependimento etc.). Os critérios são determinados para cada caso, sendo estabelecidos de acordo com a sua relevância para a tomada de decisão, a partir da atribuição de valores para cada um deles. Um exemplo disso seria: três pontos para medidas que atendem muito bem aos critérios, dois pontos para as que atendem bem e um ponto para aquelas que atendem mal. Ademais, é possível estabelecer critérios mais importantes, que têm um peso maior que os demais, valendo o dobro, por exemplo. Com base nesse processo, avaliam-se as opções elencadas para determinar quais

medidas serão implementadas e em que prazo. Ressalta-se que é de suma importância reconhecer nesse processo o papel das mulheres como líderes e tomadoras de decisão, tendo em conta que, com frequência, seus conhecimentos são ignorados ou considerados não relevantes.

Tendo em vista que a seleção de medidas de adaptação se constitui um desafio, principalmente devido às incertezas e os impactos cumulativos da mudança do clima, a inclusão das partes interessadas nas etapas da avaliação da vulnerabilidade se constitui como, além de essencial, uma das formas de se evitar uma má adaptação. O IPCC (2014) aponta que o reconhecimento de diversos interesses, circunstâncias, contextos socioculturais e expectativas pode beneficiar os processos de tomada de decisão e aumentar a eficácia da adaptação.

// 06 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entender como os eventos extremos causados pela mudança do clima podem afetar Betim evidenciando os problemas que já são inerentes à complexidade da dinâmica urbana da cidade é fundamental. Portanto, o desenvolvimento de análises quantitativas que resultem em insumos técnicos que possam ser um instrumento catalisador na identificação de ações efetivas de adaptação são essenciais para o município.

A capacidade de resposta aos extremos climáticos é fortemente dependente da estrutura social, seus mecanismos de proteção e assistência, bem como da capacidade econômica e educacional de indivíduos e comunidades; a adaptação depende de ajustes estruturais

e conjunturais nos sistemas socioecológicos e econômicos. Para isso, a gestão ambiental urbana deve partir de pressupostos que envolvam, por exemplo: (i) a participação dos diversos setores econômicos, comunidades e poder público; (ii) ações integradas e coordenadas em diferentes escalas e temas, visando à transversalidade (p. ex., emprego e renda, educação, infraestrutura, habitação, saúde e meio ambiente); e (iii) maior cooperação e coordenação entre os

Entender como os eventos extremos causados pela mudança do clima podem afetar Betim evidenciando os problemas que já são inerentes à complexidade da dinâmica urbana da cidade é fundamental. Portanto, o desenvolvimento de análises quantitativas que resultem em insumos técnicos que possam ser um instrumento catalisador na identificação de ações efetivas de adaptação são essenciais para o município.

A capacidade de resposta aos extremos climáticos é fortemente dependente da estrutura social, seus mecanismos de proteção e assistência, bem como da capacidade econômica e educacional de indivíduos e comunidades; a adaptação depende de ajustes estruturais e conjunturais nos sistemas socioecológicos e econômicos. Para isso, a gestão ambiental urbana deve partir de pressupostos que envolvam, por exemplo: (i) a participação dos diversos setores econômicos, comunidades e poder público; (ii) ações integradas e coordenadas em diferentes escalas e temas, visando à transversalidade (p. ex., emprego e renda, educação, infraestrutura, habitação, saúde e meio ambiente); e (iii) maior cooperação e coordenação entre os agentes que compõem os governos locais, em especial, as agências responsáveis por questões urbanísticas, ambientais e de saúde.

Assim, a Análise de Risco Climático para o município de Betim apresentou um primeiro diagnóstico abordando como as ameaças climáticas devem ser tratadas de maneira sobrepostas às condições de exposição e vulnerabilidade da população. Entende-se que melhorias na condição de vulnerabilidade da população devem refletir a diminuição do risco. Ainda que seja uma relação complexa, ações de adaptação devem ser pensadas considerando a inclusão social ao mesmo tempo do desenvolvimento sustentável. Assim, baseados nos dados iniciais deste estudo, as ações devem ser pensadas, de maneira transversal, replicáveis e de custo acessível no curto prazo. Medidas mais estruturais e de custo elevado, devem ser pensadas no longo prazo, podendo, ainda, considerar o custo marginal de duplo dividendo, uma vez que investimentos em resiliência permitem não apenas a redução do risco climático, mas também a melhoria das infraestruturas urbanas e da qualidade de vida.

De forma geral, o presente estudo se constitui em uma importante ferramenta para auxiliar a elaboração de políticas públicas que visam ao desenvolvimento sustentável da cidade de Betim. Entretanto, tendo em vista as incertezas da mudança do clima, a cidade deve considerar a atualização do estudo de risco climático e o monitoramento das medidas de adaptação, considerando que o processo de adaptação é um processo cíclico e contínuo.

6.1 // LIMITES E BARREIRAS

As análises de risco apresentadas neste relatório possuem limitações que estão ligadas, principalmente, à disponibilidade e à escala de dados, ao limite geográfico da área de estudo e a questões inerentes ao processo de modelagem e projeções climáticas.

A disponibilidade e escala de dados, isto é, a ausência dessas informações, torna-se uma barreira para a análise de risco climático e, embora haja a tentativa de se contornar tais deficiências por meio da utilização de proxies, ainda assim, existem alguns casos em que essas proxies não se aplicam. Ainda em termos de disponibilidade de dados, há a questão de as informações não estarem georreferenciadas, e não serem passíveis de serem convertidas para tal formato, o que impossibilita sua utilização na plataforma, e, conseqüentemente, torna-se uma barreira para um resultado mais robusto.

Quanto ao limite geográfico da área de estudo, o escopo do estudo apenas abrangeu a área do município de Betim, sendo que a análise de risco climático, tal como para inundações e deslizamentos, é mais apropriada quando são levados em consideração os limites naturais, como, por exemplo, a área da bacia hidrográfica em que o município se insere.

A análise de risco climático, seja ela baseada nos modelos climáticos globais e/ou regionais, não é uma previsão sobre o futuro e sim de uma projeção de possíveis alterações climáticas que podem vir a acontecer. Isto é, existem incertezas inerentes a essas projeções, bem como incertezas da dinâmica do clima e da própria vida na Terra. Isso não significa que ações fundamentadas nos resultados não serão efetivas no futuro, mesmo porque o investimento em medidas de adaptação agem como investimentos em desenvolvimento socioeconômico e são importantes para preparar e adequar a cidade, diminuindo sua vulnerabilidade e se preparando para não ser surpreendida pelos efeitos da mudança do clima.

// GLOSSÁRIO

ADAPTAÇÃO

processo de adaptação ao clima e seus efeitos reais ou esperados. Em sistemas humanos, a adaptação procura diminuir ou evitar danos, ou mesmo explorar oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, a intervenção humana pode facilitar a adaptação ao clima esperado e seus efeitos.

AMEAÇAS CLIMÁTICAS

ocorrência potencial de um evento natural ou fisicamente induzido pelo ser humano, impacto físico ou tendência a este que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, bem como perdas e danos à propriedade, infraestrutura, meios de subsistência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos ambientais. Por exemplo, aumento da temperatura, diminuição/aumento da precipitação, inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor, secas, aumento do nível do mar etc. Neste relatório, o termo "ameaça" geralmente se refere a eventos relacionados ao clima, impactos físicos ou tendência a estes.

CENÁRIO

nas previsões, a partir de uma dada condição inicial, os modelos matemáticos são utilizados para prever as condições climáticas num horizonte de tempo futuro. Nas projeções, são incluídas suposições no futuro e os modelos são utilizados para representar o clima nestes cenários supostos; por exemplo, de diferentes taxas de emissão dos gases de efeito estufa ou de diferentes forçantes radiativas (ex. RCP8.5W/m²).

CLIMA

sucessão habitual de tipos de tempo atmosférico sobre determinado lugar da superfície terrestre, descrita por meio de estudos e parâmetros estatísticos.

ECOSSISTEMAS

comunidade de seres vivos e ambiente onde se encontram, ambos tratados como um sistema funcional de relações interativas, com transferência e circulação de energia e matéria.

EMISSÕES DE GEE

massa total de um GEE liberado para a atmosfera em um dado intervalo de tempo.

EVENTO CLIMÁTICO EXTREMO

evento raro em função de sua frequência estatística em determinado local.

EXPOSIÇÃO

presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções ecossistêmicas, serviços e recursos, infraestrutura ou recursos econômicos, sociais ou culturais em locais e configurações que podem ser afetadas adversamente.

GÁS DE EFEITO ESTUFA (GEE)

constituente atmosférico, de origem natural ou antropogênica, que absorve e emite radiação em comprimentos de onda específicos dentro do espectro de radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, pela atmosfera e pelas nuvens. Entre os GEE, pode-se citar o Dióxido de Carbono (CO₂), o Metano (CH₄), o Óxido Nitroso (N₂O), os Hidrofluorcarbonos (HFC), os Perfluorcarbonos (PFC) e o Hexafluoreto de Enxofre (SF₆).

IMPACTOS

Efeitos sobre os sistemas naturais e humanos. Neste relatório, o termo impacto é utilizado principalmente para se referir aos efeitos sobre os sistemas naturais e humanos dos eventos climáticos e meteorológicos extremos e da mudança do clima. Impactos geralmente são os efeitos sobre a vida, meios de vida, saúde, ecossistemas, economia, sociedade, cultura, serviços e infraestrutura, resultantes da interação entre os eventos climáticos perigosos ou ameaças que ocorrem dentro de um período de tempo específico e a vulnerabilidade de uma sociedade ou um sistema exposto a certo perigo. Impactos também são referidos como consequências e resultados.

INDICADOR

Parâmetro utilizado para quantificar informações sobre um sistema/processo e monitorar a sua evolução no tempo relativo a uma linha de base (baseline). Os indicadores são também utilizados para comparar performances de diferentes áreas de estudo (estados, comunidades etc.). Os indicadores podem ser simples quando descrevem somente uma variável, como a temperatura, ou compostos (chamados também de índices), quando resumem múltiplas informações, como o PIB, ou o índice de desenvolvimento tecnológico ou o índice de vulnerabilidade.

MITIGAÇÃO

Ações que visam a reduzir, retardar ou eliminar os efeitos e consequências da mudança do clima. A mitigação em geral é incorporada na estratégia de desenvolvimento dos governos e se reflete em ações que passam por políticas governamentais. Essas políticas podem ser baseadas em instrumentos econômicos (subsídios, taxas, isenção de taxas e crédito), instrumentos regulatórios (padrões de desempenho mínimo, controle de emissão veicular) e processos políticos (acordos voluntários, disseminação da informação e planejamento estratégico). A redução de emissões requer uma ação conjunta envolvendo o governo, a sociedade civil e o capital privado e, no contexto de emissões de gases de efeito estufa, exige a redução das emissões por fontes e o fortalecimento das remoções por sumidouros de carbono, tais como florestas e oceanos. As ações de mitigação, diferentemente das de adaptação, têm alcance global e de longo prazo.

MUDANÇAS DO CLIMA

As alterações climáticas referem-se a uma mudança no estado do clima que pode ser identificada – por meio de testes estatísticos – por alterações na média e/ou na variação das suas propriedades e que persistem durante um longo período de tempo. A mudança climática pode ocorrer tanto por meio de processos internos naturais ou forças externas, como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e as mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso da terra. Nota-se que a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (UNFCCC), em seu artigo 1º, define a mudança climática como "uma mudança do clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, que altera a composição da atmosfera terrestre e que vai além da variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis". A UNFCCC faz, assim, uma distinção entre a mudança do clima atribuídas às atividades humanas que alteram a composição atmosférica e a variabilidade do clima atribuída a causas naturais.

RESILIÊNCIA

Capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ambientais de lidar com um evento, tendência ou distúrbio perigoso, responder ou se reorganizar de modo a manter a sua função essencial, identidade e estrutura e, ao mesmo tempo, manter a capacidade de adaptação, aprendizado e transformação.

RISCO

Consequência potencial em uma situação em que algo de valor está em jogo e que o resultado é incerto, reconhecendo a diversidade de valores. O risco é muitas vezes representado como a probabilidade de ocorrência de eventos perigosos ou tendências multiplicadas pelos impactos de esses eventos ou tendências ocorrerem. O risco resulta da interação entre vulnerabilidade, exposição e ameaças. Neste relatório, o termo risco é usado principalmente para referir-se aos riscos oriundos dos impactos relacionados às mudanças do clima.

SBN (SOLUÇÃO BASEADA NA NATUREZA)

procedimento que visa à adoção de práticas sustentáveis, inspiradas em ecossistemas saudáveis e que sirvam para enfrentar desafios urgentes, tendo como ponto de partida das soluções a própria natureza.

SUMIDOURO

processo, atividade ou mecanismo que remova, da atmosfera, Gases de Efeito Estufa (GEE), aerossol ou precursor de gás de efeito estufa.

VULNERABILIDADE

Propensão ou pré-disposição a ser adversamente afetada. Vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou susceptibilidade a danos e falta de capacidade para lidar e se adaptar.

// REFERÊNCIAS

ANGUELOVSKI, I. *et al.* Equity Impacts of Urban Land Use Planning for Climate Adaptation. *Journal of Planning Education And Research*, [s.l.], v. 36, n. 3, p. 333-348, 8 jul. 2016. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0739456x16645166>.

BARIFOUSE, Rafael. BBC News (org.). Por que o mosquito *Aedes aegypti* transmite tantas doenças? 2015. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151202_aedes_aegypti_vetor_doencas_rb>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BARNETT, Jon; O'NEILL, Saffron. Maladaptation. In: BARNETT, Jon; LEBEL, L.; NEW, M.; SETO, K. *Global Environmental Change: human and policy dimensions*. Human and Policy Dimensions. Sciencedirect, 2010. p. 211-213.

C40 CITIES. Adaptation and Mitigation Interaction Assessment (AMIA) tool. 2018. Disponível em: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Adaptation-and-Mitigation-Interaction-Assessment-AMIA-tool?language=en_US. Acesso em: 19 out. 2020.

CAMARINHA, P. I. M.; CANAVESI, V.; ALVALÁ, R. C. S. Shallow landslide prediction and analysis with risk assessment using a spatial model in a coastal region in the state of São Paulo, Brazil. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 14, n. 9, p. 2449-2468, 2014.

CANAVESI, V., CAMARINHA, P. I. M., ALGARVE, V. R., CARNEIRO, R. L.C. e ALVALA, R. C. S. (2013). Análise da susceptibilidade a deslizamentos de terra: estudo de caso de Paraibuna, SP, in: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu – PR, Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 5251–5258, 2013

CASTRO, A. L. C. de., 2003. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional. 182 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

CHOU, S. C., LYRA, A.; MOURÃO, C., DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J., BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D., CHAGAS, D., SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P. and MARENGO, J. (2014a) Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. *American Journal of Climate Change*, 3, 438-454. doi:10.4236/ajcc.2014.35039. http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=52887#.VakHg_IViko

CHOU, S. C., LYRA, A.; MOURÃO, C., DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J., BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D., CHAGAS, D., SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P. and MARENGO, J. (2014b) Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. *American Journal of Climate Change*, 3, 512-527. doi: 10.4236/ajcc.2014.35043. http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=52877#.Vaklh_IVikp

FULLERTON, L. M. *et al.* Mapping global vulnerability to dengue using the water associated disease index United Nations University. 2014

Fundação Seade (2017). População idosa em Betim aumentará 80% até o ano de 2030. Disponível em: <<https://www.seade.gov.br/populacao-idosa-em-Betim-aumentara-80-ate-o-ano-de-2030/>>. Acesso em: 29 de set. 2020.

[seade.gov.br/populacao-idosa-em-Betim-aumentara-80-ate-o-ano-de-2030/](https://www.seade.gov.br/populacao-idosa-em-Betim-aumentara-80-ate-o-ano-de-2030/)>. Acesso em: 29 de set. 2020.

GIZ (2014). A Framework for Climate Change Vulnerability Assessment. GIZ. A Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. New Delhi.

HACON, S. *et al.* (2016). Vulnerabilidade, riscos e impactos das mudanças climáticas sobre a saúde no Brasil. Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil. Brasília, DF, Brasil: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010) Censo Brasileiro. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>> Acesso em: 25 jun. 2020

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017) Produto Interno Bruto dos Municípios. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/betim/pesquisa/38/46996>>. Acesso em: 25 jun. 2020

INSTITUTO GEOLÓGICO (2004). MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A ESCORREGAMENTO E INUNDAÇÃO. Betim. 192p.

IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

JORNAL CRUZEIRO DO SUL. Betim, 14 jan. 2020a. Disponível em: <<https://www.jornalcruzeiro.com.br/Betim/Betim-tem-88-areas-de-risco-mapeadas-pela-defesa-civil/>>. Acesso em: 01 out. 2020.

JORNAL CRUZEIRO DO SUL. Betim, 7 jan. 2020b. Disponível em: <<https://www.jornalcruzeiro.com.br/Betim/Betim-teve-o-registro-de-1-076-casos-de-dengue-em-2019/>>. Acesso em: 01 out. 2020.

JORNAL CRUZEIRO DO SUL. Betim, 10 out. 2020b. Disponível em: <[https://www.jornalcruzeiro.com.br/Betim/Betim-registra-maior-temperatura-da-historia/#:~:text=Betim%20registrou%20nesta%20quarta%20feira,Nacional%20de%20Meteorologia%20\(Inmet\)](https://www.jornalcruzeiro.com.br/Betim/Betim-registra-maior-temperatura-da-historia/#:~:text=Betim%20registrou%20nesta%20quarta%20feira,Nacional%20de%20Meteorologia%20(Inmet))>. Acesso em: 27 out. 2020c.

LYRA, A.; TAVARES, P.; CHOU, S. C.; SUEIRO, G.; DEREZYNSKI, C. P.; SONDERMANN, M.; SILVA, A.; MARENGO, J.; GIAROLLA, A. (2017). Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution *Theor Appl Climatol*. doi:10.1007/s00704-017-2067-z. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-017-2067-z>

MAPBIOMAS, 2018. Projeto MapBiomas – Coleção 4.1 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 12 jan. 2020.

MOORE C. G. Predicting *Aedes aegypti* abundance from climatological data. In: Lounibos LP, Rey JR, Frank JH, editors. *Ecology of mosquitoes*. Vero Beach (FL): Florida Medical Entomology Laboratory; 1985. p. 223-33.

NOBLE, I., *et al.* (2014). Adaptation Needs and Options, in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental

Panel on Climate Change, C. Field, *et al.*, Editors. 2014, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Switzerland, 51.

PATZ, Jonathan A. *et al.* Impact of regional climate change on human health. *Nature*, v. 438, n. 7066, p. 310, 2005.

REID, C. E. *et al.* Mapping Community Determinants of Heat Vulnerability. 2009

ROUQUAYROL, M. Z.; VERAS, F. M. F.; FAÇANHA, M. C. Doenças transmissíveis e modo de transmissão. In: ROUQUAYROL M. Z., ALMEIDA FILHO, N. (orgs.). *Epidemiologia & saúde*. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1999.

SILVA, Alindomar Lacerda; SILVA, Edelci Nunes da. ANÁLISE HIGROTÉRMICA DO CAMPO E DA CIDADE DURANTE A PASSAGEM DE UM SISTEMA FRONTAL NO PERÍODO DE INVERNO, BETIM, SP. *Revista Geonorte, Manaus*, v. 3, n. 9, p. 123-134, 06 out. 2012.

TAVARES R. O Clima Local de Betim (SP) Tendências e Análise Comparativa Cidade Campo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo [dissertação de mestrado] São Paulo, 1997.

Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Executive Summary: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/branc3es.pdf>

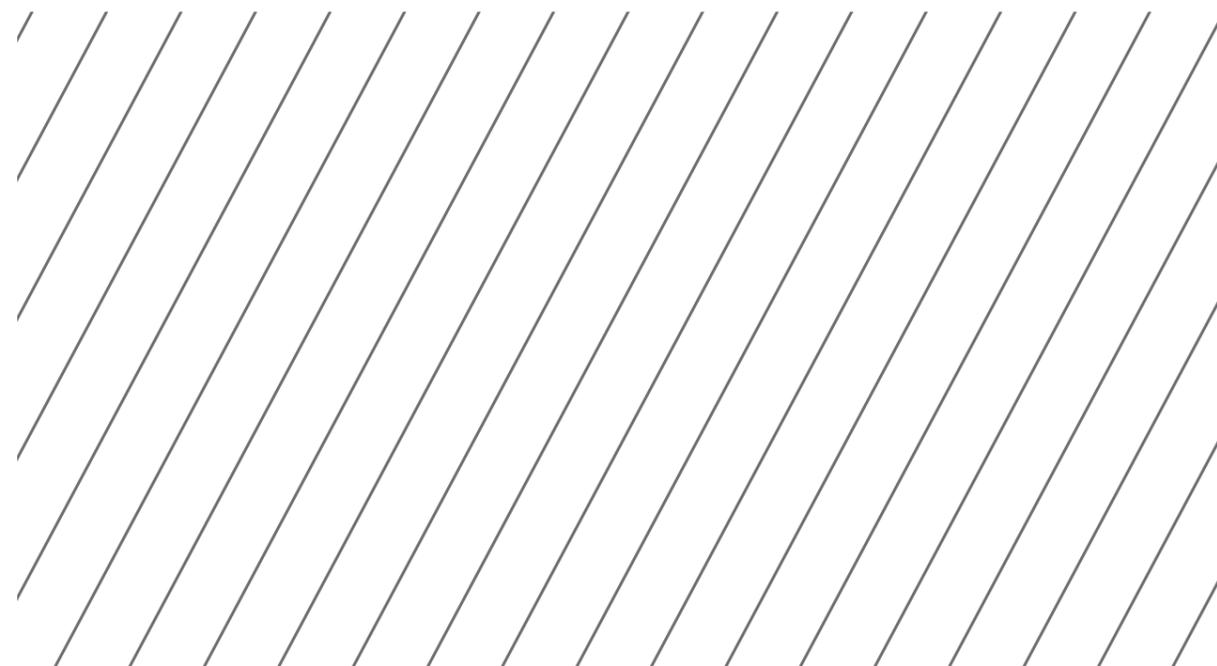
Volume 1: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/branc3v1.pdf>

Volume 2: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/branc3v2.pdf>

Volume 3: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/branc3v3.pdf>

TUCCI, C. E. M. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Porto Alegre: EDUSP, 2005.

UNEP. *Frontiers 2018/19*: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27545/frontiers1819_ch5.pdf. Nairobi: Unep, 2019. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27545/Frontiers1819_ch5.pdf>. Acesso em: 04 maio 2020.



ORGANIZAÇÃO:



APOIO:



FINANCIAMENTO:

