



Produto P4.2

TOMO IV - LEVANTAMENTO DOS
PREJUÍZOS E ÔNUS CAUSADOS À
POPULAÇÃO E À ADMINISTRAÇÃO
PÚBLICA

PDGV-RE-P04-2-004-RO

Novembro, 2021



**PLANO DIRETOR DE
ÁGUAS URBANAS**
REGIÃO METROPOLITANA
DA GRANDE VITÓRIA
(PDAU-RMGV)

Plano Diretor de Águas Urbanas da Região Metropolitana da Grande Vitória (PDAU-RMGV)

ELABORADO POR

CONSÓRCIO TETRA TECH - CONCREMAT



CONTRATANTE:

COMPANHIA ESPÍRITO
SANTENSE DE SANEAMENTO



COMITÊ DIRETIVO DO PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E
DA PAISAGEM Projeto BIRD Empréstimo N° 8355 – BR

CONTRATO

CT00162020

DATA DE INÍCIO DO CONTRATO

08 de junho de 2020

CONCLUSÃO PREVISTA

08 de junho de 2022

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	METODOLOGIA – ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCOS DE EVENTOS DE CHEIA – DEFINIÇÃO DOS PREJUÍZOS	8
2.1	Limitações do estudo.....	8
2.2	Procedimentos metodológicos para valoração dos prejuízos.....	8
2.2.1	Identificação e classificação dos prejuízos.....	9
2.2.2	Valoração por tipo de prejuízo.....	13
3	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA: PDAU-RMGV - VALORAÇÃO DOS PREJUÍZOS	32
3.1	Descrição do evento de risco e cenários de análise.....	32
3.2	Premissas utilizadas para os cálculos	33
3.3	Valoração dos prejuízos por esferas.....	34
3.3.1	Danos a edificações e seu conteúdo	34
3.3.2	Danos aos veículos	37
3.3.3	Danos à infraestrutura pública básica.....	41
3.3.4	Realocação temporária da população afetada	43
3.3.5	Serviços de saúde e emergência.....	45
3.3.6	Compilação total por esfera	47
3.3.7	Compilação total por habitante.....	50
4	REFERÊNCIAS	52



Índice de Figuras

Figura 1 – Estrutura de pastas do site do IBGE.....	15
Figura 2 – Estrutura dos arquivos em “.txt” do CNEFE.....	16
Figura 3 – Linhas e colunas do arquivo “Layout.xls”.....	17
Figura 4 – Formatação obtida pelo tratamento em ambiente Excel.....	18
Figura 5 – Coluna de identificação dos estabelecimentos comerciais. A linha sem informação foi considerada como residencial.....	18
Figura 6 – Área do setor censitário 320500215080034 (esquerda) e área do mesmo setor censitário com sua respectiva área artificial (direita).....	21
Figura 7 – Mancha de inundação próxima à área litorânea do município de Serra, sendo a área vermelha as áreas artificiais do município.....	22
Figura 8 – Domicílios afetados resultante do cruzamento entre as áreas artificiais e a mancha de inundação.....	22
Figura 9 – Curva de Dano x Profundidade.....	24
Figura 10 – Valor dos danos às edificações e seu conteúdo, por cenário.....	37
Figura 11 – Valor dos danos aos veículos, por cenário.....	41
Figura 12 – Valor dos danos à infraestrutura pública básica, por cenário	43
Figura 13 – Custos associados à realocação temporária da população afetada, por cenário.....	45
Figura 14 – Custos associados aos serviços de saúde e de emergência, por cenário.....	47
Figura 15 – Valor dos prejuízos de cada esfera na valoração total de cada cenário.....	49
Figura 16 – Valor do prejuízo por habitante, por cenário	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Lista referencial dos prejuízos diretos.....	11
Tabela 2 – Lista referencial dos prejuízos indiretos.....	12
Tabela 3 - Critério de Classificação Econômica.....	20
Tabela 4 - Valores atribuídos às edificações, por classe econômica.	23
Tabela 5 – Valores atribuídos ao conteúdo, por classe econômica (2020).....	24
Tabela 6 - Inventário de Veículos para Municípios.	25
Tabela 7 - Valor Típico dos Automóveis por Classe Econômica para o Ano de 2021.....	26
Tabela 8 - Valor Típico dos Veículos (Outras Tipologias) para o Ano de 2021....	26
Tabela 9 - Percentual de dano ao veículo por profundidade de submersão. .	27
Tabela 10 – Nomenclatura dos cenários, conforme ano e TR de referência.....	33
Tabela 11 - Valores atribuídos às edificações, por classe econômica.	34
Tabela 12 – Percentual de Danos à Construção x Profundidade de inundação.	35

Tabela 13 – Valores atribuídos ao conteúdo, por classe econômica.	35
Tabela 14 – Percentual de Danos ao Conteúdo x Profundidade de inundação.	35

Tabela 15 – Valor dos danos às edificações e seu conteúdo, por cenário.	36
Tabela 16 - Quantidade de veículos pertencentes às pessoas físicas, por tipologia, municípios da RMGV (2020).....	38
Tabela 17 - Quantidade de veículos por domicílio, pertencentes às pessoas físicas, por tipologia, municípios da RMGV (2020).....	38
Tabela 18 - Valor médio (ponderado pela frota municipal) do Automóvel, por Classe Econômica por Domicílio (R\$) (2020).....	39
Tabela 19 - Valor médio dos Veículos por Tipologia, por Domicílio e por Município (R\$) (2020).	39
Tabela 20 - Valor do veículo típico (por classe econômica por domicílio) (R\$).	40

Tabela 21 – Valor dos danos aos veículos, por cenário.	40
Tabela 22 – Valor dos danos à infraestrutura pública básica, por cenário.	41
Tabela 23 – Custos associados à realocação temporária da população afetada, por cenário (R\$).....	44



Tabela 24 – Custos associados aos serviços de saúde e de emergência, por cenário.....	46
Tabela 25 – Custos associados aos serviços de saúde e de emergência, por cenário.....	46
Tabela 26 – Valoração total de todas as esferas analisadas, por cenário (R\$ Milhões).....	48
Tabela 27 – Prejuízo por habitante, por cenário.....	50

1 INTRODUÇÃO

Os desafios da gestão das águas urbanas e, em particular, do controle dos riscos de inundações envolvem, não apenas a execução de obras, manutenção e operação, mas também um conjunto de estudos e estimativas que precedem as etapas de tomada de decisão que definirão essas ações. Sendo assim, essa etapa precedente é fundamental para o planejamento e a concepção de um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas eficaz que seja viável com base na sua sustentabilidade econômica e no seu sistema de gestão.

O presente relatório tem como finalidade descrever os procedimentos para valoração monetária dos prejuízos decorrentes dos eventos de cheia por meio da aplicação do método de custos evitados específicos para cada esfera de prejuízos (danos às edificações e seu conteúdo, danos aos veículos, danos à infraestrutura pública básica, custos associados à realocação temporária da população afetada e custos associados aos serviços de saúde e de emergência), bem como aplicar a metodologia à Região Metropolitana da Grande Vitória, considerando as particularidades e características desse território.

O levantamento dos prejuízos e ônus causados à população e à administração pública abrange, portanto, temas fundamentais para a razão, justificativa e efetividade do PDAU. Trata-se de uma estimativa que permite a análise comparativa entre diferentes cenários, seus prejuízos às comunidades atingidas e aos cofres públicos.

Este estudo dará embasamento para análises subsequentes que justifiquem a execução das intervenções propostas pelo PDAU. Uma vez que, em certo instante, os custos dos investimentos serão equiparados aos custos evitados em consequência da melhoria da infraestrutura de drenagem urbana da RMGV. Ressaltando que quanto mais segura for a obra – ou seja, quanto maior o tempo de recorrência de determinado evento de cheia ela suportar – maiores deverão ser os custos e maiores os benefícios à população e às finanças públicas.

Contabilizar todos os benefícios decorrentes da implantação de obras de drenagem urbana é uma tarefa complexa, pois grande parcela desses benefícios é intangível e de difícil quantificação. Podem ser consideradas melhorias intangíveis a redução de doenças e mortalidade, a melhora nas condições sanitárias e ambientais e até mesmo a estética paisagística.

A metodologia, bem como a análise que se faz no presente estudo, constitui-se na determinação dos custos evitados através da quantificação dos prejuízos que potencialmente poderiam ser gerados por uma cheia, para eventos de diferentes magnitudes. A redução das cheias, consequentemente reduz os prejuízos, sendo essa redução o benefício gerado pelas ações propostas no PDAU.

Este Tomo IV do Produto 4.2 - *Diagnóstico Físico - Modelagem Hidráulica* apresenta, portanto, os prejuízos estimados para os cenários atual (2020) e futuros (2025, 2032 e 2040). Para a sequência da leitura deste documento destaca-se que, de forma

genérica, os alagamentos, enxurradas e inundações serão denominados *eventos de cheias* ou, simplesmente, *cheias*.

As informações coletadas e o diagnóstico que constam deste relatório servirão de base para a proposição de soluções a serem desenvolvidas nos seguintes produtos subsequentes do PDAU-RMGV: P7 – Gestão Institucional das Águas Urbanas, P8 – Programas e P9 – Plano de Ação.

O presente relatório abarca quatro capítulos: a introdução no capítulo 1; a metodologia, contemplando a análise quantitativa de riscos para eventos de cheias e a definição de seus prejuízos, no capítulo 2; a aplicação da metodologia e a valoração dos prejuízos, no capítulo 3; e as referências utilizadas, no capítulo 4.

2 METODOLOGIA – ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCOS DE EVENTOS DE CHEIA – DEFINIÇÃO DOS PREJUÍZOS

2.1 Limitações do estudo

O levantamento dos prejuízos e ônus causados por um determinado evento de cheia na RMGV, aqui apresentado, se trata de uma estimativa e desempenha função teórica, baseada em métodos e bibliografias consagradas no tema. Por se tratar de uma estimativa, é importante ressaltar que o propósito do trabalho é o de proporcionar embasamento técnico que permita comparar diferentes situações (cenários).

Considerando-se que o estudo é feito a partir das manchas de inundação geradas pelo modelo computacional hidrológico/hidráulico e dados georreferenciados, ressalta-se que estes possuem suas limitações. Uma delas é a resolução das linhas que delimitam as manchas, cuja relação com o resultado da valoração monetária é direta. Deve-se destacar também que algumas ponderações tomaram como base estudos referentes a inundações realizados pelo Banco Mundial em outros estados brasileiros, o que pode resultar em alguma divergência de valores em relação à realidade observada na RMGV. Além disso, premissas econômicas foram necessariamente adotadas. Ainda que esse produto traga estimativas para os cenários futuros, o modelo econômico é elaborado em fluxo monetário real e os valores são apresentados a preços constantes de 2020;

Assim, cabe salientar uma super ou subestimação dos valores da ordem de 20%.

2.2 Procedimentos metodológicos para valoração dos prejuízos

Um evento de cheia é capaz de causar danos em diversos âmbitos, os quais podem ser definidos como toda mudança provocada nos sistemas naturais, sociais e econômicos. Os potenciais danos causados pelas consequências de um evento dessa natureza podem ser classificados quanto à sua tangibilidade, efeito e grupo de atores afetados. Logo, no processo de valoração dos prejuízos é necessário, inicialmente, listar os danos e classificá-los, para posteriormente definir as metodologias mais adequadas para cada tipo de dano e as informações necessárias para a sua mensuração.

Apresenta-se a seguir conceitos e revisão bibliográfica que subsidiam a compreensão e construção dos procedimentos metodológicos para a valoração dos prejuízos em eventos de cheias.

2.2.1 Identificação e classificação dos prejuízos

Neste item apresentam-se as propriedades dos prejuízos(danos) e suas possíveis classificações. Os prejuízos potenciais para eventos de cheias são descritas a seguir.

Quanto à tangibilidade, os danos podem ser distinguidos entre tangíveis e intangíveis. Os danos tangíveis são aqueles passíveis de mensuração em termos monetários, normalmente estimados por meio dos preços de mercado. Os danos intangíveis relacionam-se a bens, serviços e fluxos econômicos de difícil quantificação ou quando, por razões éticas ou ideológicas, é considerada indesejável ou inapropriada sua valoração, sendo um bem imaterial, ou seja, que não tem forma física ou reserva valor intrínseco. O grau de tangibilidade consiste na capacidade de um evento ou desastre ser percebido e de o impacto ser valorado em termos monetários.

Os danos intangíveis estão relacionados aos danos pessoais, como danos sobre a saúde ou efeitos relacionados ao estresse e à angústia, ou mesmo à degradação da saúde coletiva devido a condições sanitárias inadequadas (Machado, 2005). A vida humana, bens de valor histórico e arqueológico e objetos de valor sentimental também são exemplos de bens intangíveis. Existem técnicas para valoração monetária desses danos, porém sua estimativa é realizada com maior grau de incerteza (Meyer, Becker, Markantonis, & Schwarze, 2012). Destaca-se que, muitos bens, hoje intangíveis, podem tornar-se passíveis de mensuração no futuro (Cancado, 2009); (Green, Parker, & Tunstall, 2000).

Além do grau de tangibilidade, os prejuízos resultantes de um potencial evento de cheia também podem ser classificadas de acordo com a relação direta ou indireta com o evento:

- Diretas: aquelas que podem ser diretamente atribuídas à ocorrência de um acidente/incidente e, em geral, são resultantes do evento de cheia. Nessa categoria estão incluídos os danos decorrentes da destruição ou degradação de propriedades públicas e privadas e a perda ou desgaste de bens públicos e privados decorrente da ação física, química e biológica das águas relacionados ao acidente (Machado, 2005);
- Indiretas: ocorrem quando atividades sociais e econômicas são interrompidas por causa da interrupção da rota de transporte. Como simplificação, qualquer dano que não seja direto, é considerado indireto. Os danos indiretos levam à redução da atividade econômica, bem como perdas de arrecadação de impostos, custos de serviços de emergência e de defesa civil, custos de limpeza de áreas atingidas, perdas de valor de propriedades, aumentos em valores de seguros para cobrir danos, desemprego ou redução de salários, entre outros (Machado, 2005).

A seguir apresenta-se uma síntese dos principais prejuízos identificadas para o caso da ocorrência de um evento de cheia, com base nos estudos de Machado (2005), Imam e Chryssanthopoulos (2011) e (2012), e Cook (2014). Os prejuízos estão classificados por esferas e de acordo com o efeito (direto ou indireto). Deve-se utilizar

estas informações como uma forma de orientação, sendo que a tipologia dos danos deve ser específica para cada tipo de evento e objetivos a serem alcançados com a mensuração dos prejuízos.

A Tabela 1 e a Tabela 2 apresenta a lista referencial dos prejuízos diretos e indiretos mapeadas no estudo de eventos de cheia para a RMGV.

Tabela 1 – Lista referencial dos prejuízos diretos.

PREJUÍZOS DIRETOS	GRAU DE TANGIBILIDADE	CONSIDERADO NO PRESENTE ESTUDO DE VALORAÇÃO
Socioeconômicos		
Dano a edifícios públicos e privados: Avarias ou perdas na estrutura de edificações.	Tangível	Sim
Dano ao conteúdo de edifícios públicos e privados: Relativo ao mobiliário, instalações e bens do interior dos edifícios.	Tangível	Sim
Dano a veículos: Avarias ou perdas de veículos.	Tangível	Sim
Dano e destruição de infraestrutura: Os danos à infraestrutura em função das benfeitorias existentes nas áreas potencialmente atingidas.	Tangível	Sim
Realocação temporária da população afetada: gastos referentes à criação de abrigos temporários, aluguel de imóveis etc.	Tangível	Sim
Perda de vidas humanas (óbitos). Ainda que a literatura apresente formas de valorar a perda de vidas, optou-se por não atribuir valor a vidas humanas na presente estimativa, considerando-se que o valor da vida humana é um tema polêmico com grande divergência de opiniões, metodologias controversas, elevado grau de incerteza e levanta questões éticas e morais, pois muitos consideram impossível definir um valor para a vida.	Intangível	Não
Dano ao patrimônio cultural: Objetos de valor sentimental, bens arqueológicos, de valor histórico.	Intangível	Não
Danos a obras de arte especiais, como pontes e ferrovias.	Tangível	Não
Saúde e Segurança		
Stress psicológico: Efeito relativo a estresse e angústia de uma experiência de inundação.	Intangível	Não
Ferimentos: Ferimentos físicos das pessoas envolvidas.	Tangível	Sim
Demais efeitos sobre a saúde (custos de saúde): Efeito relativo à degradação da saúde coletiva relativo a condições sanitárias inadequadas.	Intangível	Não
Ações emergenciais de segurança: Ações e recursos necessários ao controle efetivo da emergência, de forma a agilizar a neutralização e extinção da ocorrência minimizando os impactos e prejuízos causados.	Tangível	Sim
Medidas de defesa civil: Custo dos serviços de atendimento à emergência, como polícia, defesa civil, corpo de bombeiros, setores da administração pública ligada à assistência social e educação, serviços de ambulância e voluntários. Medidas permanentes que visam evitar, prevenir ou minimizar as consequências dos eventos desastrosos e a socorrer e assistir as populações atingidas, preservando seu moral, limitando os riscos de perdas materiais e restabelecendo o bem-estar social.	Tangível	Sim

Fonte: PDAU - RMGV (2021).



Tabela 2 – Lista referencial dos prejuízos indiretos.

PREJUÍZOS INDIRETOS	GRAU DE TANGIBILIDADE	CONSIDERADO NO PRESENTE ESTUDO DE VALORAÇÃO
Socioeconômicos		
Trauma (psicológico): Efeito relativo a estresse e angústia de uma experiência de um evento de inundação.	Intangível	Não
Doenças mentais: Efeito relativo a estresse e angústia de uma experiência de um evento de inundação.	Intangível	Não
Invalidez: Incapacidade física ou mental permanente que impossibilita o exercício de atividade profissional, sendo justificativa para a aposentadoria.	Intangível	Não
Efeitos econômicos regionais (perda de produção, inflação): Impactos da redução da produção na economia brasileira e regional. Considerado não significativo para os cenários hipotéticos de análise considerando que teria curta duração e o dano causado seria recuperado rapidamente. Não haveria perdas de empregos, queda do nível de produção ou interrupção de rota de transporte por tempo significativo.	Tangível	Não
Redução da arrecadação fiscal: Em virtude da perda de produção causada pela interrupção da operação dos setores de atividade econômica.	Tangível	Não
Perda de produção em empresas fora da área afetada: Perda de produção induzidas em empresas fora da área afetada por problemas com fornecedores impactados.	Tangível	Não

Fonte: PDAU - RMGV (2021).

2.2.2 Valoração por tipo de prejuízo

Nos itens que se seguem são descritas as etapas e processos envolvidos na quantificação de cada tipo de prejuízo.

2.2.2.1 Danos a edificações e seu conteúdo

Os danos a edificações e infraestrutura pública ocasionados no momento de um evento de cheia ou em períodos posteriores próximos podem ser classificados como danos diretos externos. De forma geral, são considerados neste grupo as edificações, conteúdo das edificações, veículos e infraestrutura pública (ruas, rodovias, ferrovias, sistema de abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica etc.), ou seja, danos a bens públicos ou de propriedade de terceiros. É importante destacar que, estes quatro itens foram elencados como itens de referência neste processo de valoração. Entretanto, os itens a serem valorados devem ser avaliados caso a caso, de modo a verificar a necessidade de inclusão de novos itens e/ou a possibilidade de supressão de um ou mais itens de referência considerados.

Em situações em que um evento de cheia danifique edificações, faz-se necessário sua valoração. Assim, a estimativa de perdas monetárias diretas nestas situações deve ser baseada no cruzamento do custo de cada edificação posicionada na área afetada pela cheia. Para cada edificação, também deverá estar associado o valor de conteúdo e de veículos em função da classe econômica (classes A, B, C, D e E). O processo consiste em associar ao inventário de estruturas, o número de habitantes na área atingida, os dados socioeconômicos da região impactada e as cotas altimétricas das edificações afetadas.

A partir da caracterização socioeconômica da área de estudo, é realizado o inventário (arquivo vetorial de pontos) que identifica individualmente cada benfeitoria em uma restituição sobre imagem de satélite da área de interesse. A estes pontos é associada uma tabela de atributos que contém o número de residentes, características construtivas, conteúdo passível de dano e dados auxiliares de identificação.

A seguir, são apresentadas as etapas do procedimento adotado para a quantificação dos danos às edificações e conteúdo.

- Dados utilizados para as análises

As análises relativas aos domicílios afetados pela mancha de inundação nos cenários de 2020, 2025, 2032 e 2040 foram realizadas a partir do cruzamento da malha de setores censitários de 2010, da classe de áreas artificiais do uso do solo atual e futuro, e das manchas de inundação dos cenários de 2020, 2025, 2032 e 2040, além dos dados adquiridos na base de dados do IBGE referentes ao Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos – CNEFE (IBGE, 2010), produto integrante do censo demográfico de 2010.

A metodologia e descrição do uso do solo atual e futuro foi apresentado no *Relatório P 6.1 Tomo I – Capítulo 2.5*, enquanto as manchas de inundação dos cenários de 2020, 2025, 2032 e 2040 foram descritas no *Tomo I - Modelagem Hidrológica e Hidráulica*.

deste produto.

Cronologicamente, a metodologia seguiu as seguintes etapas:

- Tratamento dos dados advindos do CNEFE (IBGE, 2010);
- Interpolação dos dados para os anos de estudo (2020, 2025, 2032 e 2040);
- Alocação dos dados do CNEFE na malha de setores censitários de 2010 da área de estudo. Cruzamento destes dados com as áreas artificiais de uso do solo dos anos de estudo;
- Cruzamento destes dados com a mancha de inundação e cálculo do número de domicílios afetados;
- Cálculo dos valores de construção;
- Cálculo dos valores de conteúdo.

Os itens a seguir descrevem as etapas supracitadas.

- Tratamento de dados - CNEFE

O CNEFE, produto do censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010), apresenta de forma organizada as características dos endereços levantados no censo, constando informações como setor censitário, rua, endereço, número, tipo de estabelecimento, coordenadas, entre outros. É possível adquirir estes dados no site do IBGE, na aba “Estatísticas → Downloads → Censos → Censo_Demográfico_2010 → Cadastro_Nacional_de_Endereços_Fins_Estatísticos”, sendo necessária nesta etapa a inserção do estado a ser estudado (no caso, o Espírito Santo). Pode-se escolher entre realizar o download dos dados do estado inteiro, no arquivo “32.zip” (referente ao ES) ou dos subdistritos, como no caso de um subdistrito de Vitória, cujo código seria “32053090500.zip”. A Figura 1 ilustra a representação destes dados no site.

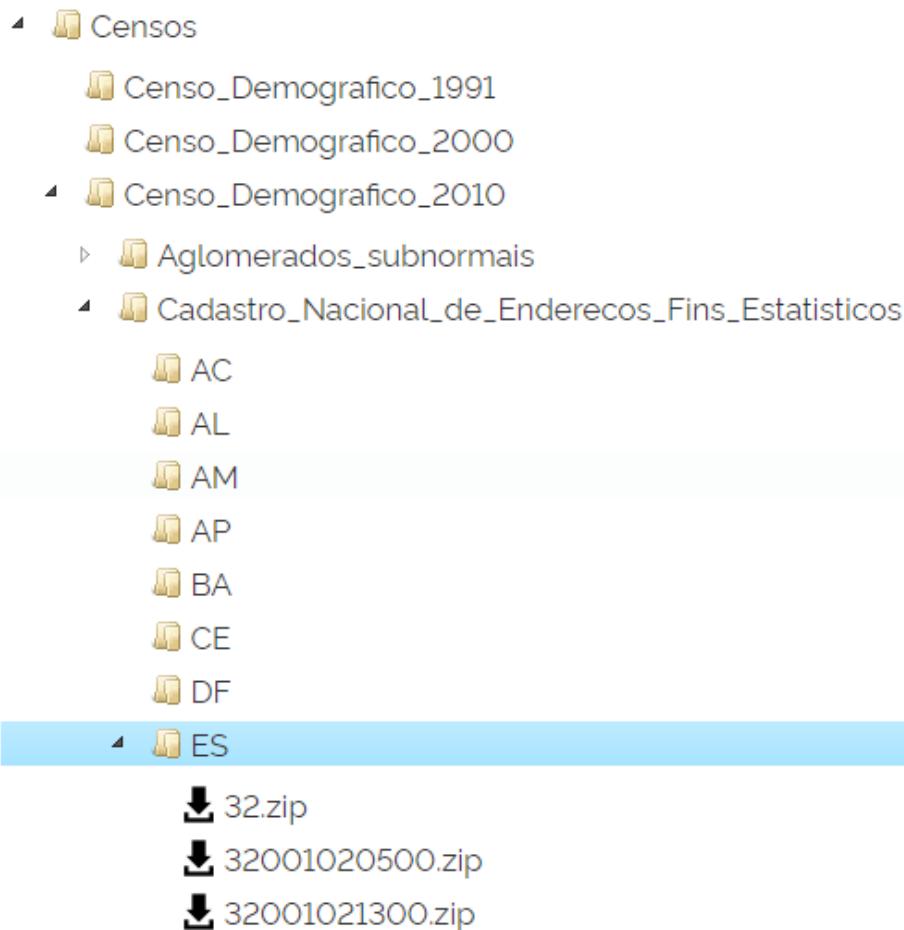


Figura 1 – Estrutura de pastas do site do IBGE.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

Os dados são fornecidos de forma compactada, na extensão “.zip”. Após a descompactação de um arquivo referente ao subdistrito, obtém-se um arquivo em formato “.txt” com as informações de endereços, conforme exemplificado na Figura 2.

32053090500.TXT - Notepad		
File	Edit	Format
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	65SUCAM
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	66SUCAM
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	0SN
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	0SN
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	0SN CASA
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	55
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	0SN CASA
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	59SUCAM
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	56SUCAM
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	58SUCAM
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	0SN
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	15
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	14SUCAM
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	0SN CASA
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	13SUCAM
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	11SUCAM
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	0SN
32 5309 5 0 11RUA	DA FELICIDADE	0SN

Figura 2 – Estrutura dos arquivos em “.txt” do CNEFE.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

Os arquivos em “.txt” não possuem cabeçalhos, o que dificulta sua compreensão e utilização. O IBGE fornece também um arquivo denominado “Layout.zip” na pasta do CNEFE de acordo com o caminho citado anteriormente. Este arquivo, ao ser descompactado, fornece uma planilha no formato “.xls”, sendo possível sua manipulação no software Excel. A planilha “Layout.xls” pode ser visualizada na Figura 3. Ela fornece o cabeçalho que estava faltando no arquivo de formato “.txt” obtido para os subdistritos de estudo.

Variável	Posição Inicial	Tamanho	Categorias
Código da UF	1	2	
Código do município	3	5	
Código do distrito	8	2	
Código do subdistrito	10	2	
Código do setor	12	4	
Situação do setor	16	1	
			1=urbano 2=rural
Tipo do logradouro	17	20	
Título do logradouro	37	30	
Nome do logradouro	67	60	
Número no logradouro	127	8	
Modificador do número	135	7	
Complemento			
Elemento 1	142	20	
Valor 1	162	10	
Elemento 2	172	20	
Valor 2	192	10	
Elemento 3	202	20	
Valor 3	222	10	
Elemento 4	232	20	
Valor 4	252	10	
Elemento 5	262	20	
Valor 5	282	10	
Elemento 6	292	20	
Valor 6	312	10	
Latitude	322	15	
Longitude	337	15	
Localidade	352	60	
Nulo	412	60	Campo sem uso
Espécie de endereço	472	2	
			01=domicílio particular 02=domicílio coletivo 03=estabelecimento agropecuário 04=estabelecimento de ensino 05=estabelecimento de saúde 06=estabelecimento de outras finalidades 07=edificação em construção
Identificação estabelecimento	474	40	
Indicador de endereço	514	1	
			1=único 2=múltiplo
identificação domicílio coletivo	515	30	
Número da quadra (*)	545	3	
Número da face	548	3	
CEP	551	8	
Cada registro representa uma espécie existente no endereço.			
* Endereços em áreas não urbanizadas possuem número de quadra = 0			

Figura 3 – Linhas e colunas do arquivo “Layout.xls”.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

Em ambiente Excel, a partir do uso da fórmula “=EXT.TEXTO(texto;núm_inicial;núm_caract)” foi possível a formatação dos dados dos subdistritos de estudo, já que esta fórmula permitiu a separação da linha do texto selecionado (texto) do arquivo dos subdistritos a partir de uma posição inicial na linha (núm_inicial) e a quantidade de caracteres que se quer obter do texto a partir da posição inicial (núm_caract). Esta fórmula foi aplicada para todas as variáveis do arquivo “Layout.xls”, resultando na formatação visualizada na Figura 4.

Código da UF	Código do município	Código do distrito	Código do subdistrito	Código do setor	Situação do setor	Tipo do logradouro	Título do logradouro	Nome do logradouro
32	2207	5	0	1	1	RUA		EDUARDO CASTRO
32	2207	5	0	1	1	RUA		EDUARDO CASTRO
32	2207	5	0	1	1	RUA		EDUARDO CASTRO

Figura 4 – Formatação obtida pelo tratamento em ambiente Excel.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

Então, com os dados formatados, foi dado início ao tratamento dos dados para adequação à malha de setores censitários. O código dos setores censitários se refere à seguinte formatação, de acordo com informações do censo demográfico do IBGE (2010):

UFMMMMMDDSDSSSS

Em que:

UF: Unidade da Federação;

MMMMM: Município;

DD: Distrito;

SD: Subdistrito;

SSSS: Setor.

O código 320530905000001, por exemplo, ilustra a UF do Espírito Santo (32), o município de Vitória (05309), o distrito (05), o subdistrito (00), e o setor censitário (0001). Portanto, os dados advindos dos arquivos do CNEFE foram adaptados à formatação supracitada.

Após a formatação dos dados, foi considerado que cada linha dos arquivos do CNEFE correspondia a uma residência, sendo a forma na qual foram quantificadas as residências presentes em um setor censitário em 2010. A única exceção dada foi quando a coluna “Identificação estabelecimento” do “Layout.xls” apresentava alguma informação, sendo esta linha considerada como um estabelecimento comercial (Figura 5).

Espécie de endereço	Identificação estabelecimento
01	
06	LOJA DE ROUPAS
06	LOJA DE ARTIGOS PARA PRESENTES
06	COMERCIO VAREGISTA DE ARTIGOS DE PAPELAR

Figura 5 – Coluna de identificação dos estabelecimentos comerciais. A linha sem informação foi considerada como residencial.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

Por fim, uma planilha foi obtida com as informações referentes à quantidade de domicílios e estabelecimentos comerciais em um determinado setor censitário. Para a espacialização desta informação foi utilizada a ferramenta “Join” do software QGIS, que permite a indexação de informações entre um arquivo *shapefile* e um arquivo .csv (do software Excel) a partir de uma coluna de atributos em comum, resultando em um *shapefile* com as informações tabeladas anteriormente.

Além dos dados de domicílios e estabelecimentos comerciais, foi acrescido ao *shapefile* resultante os dados de renda média domiciliar por setor censitário, sendo cada setor classificado entre as classes de renda (A, B, C, D e E).

No Brasil, existem restrições legais quanto à publicação de dados individualizados da população, motivo pelo qual o Censo Demográfico apresenta apenas dados agregados, e submetidos a uma série de procedimentos de proteção dos dados dos informantes (IBGE, 2013). Desta forma, a estrutura utilizada pelo IBGE permite o conhecimento de: renda média dos domicílios de um setor, quantidade de domicílios em um setor que se enquadra em uma dada faixa de renda, população média residente nos domicílios do setor, quantidade de domicílios do setor que possuem população em uma dada categoria de ocupação domiciliar, número de carros, faixa etária da população, características dos domicílios e entorno etc.

A determinação do padrão de construção das edificações e do seu conteúdo pode ser realizada através de parâmetros do Critério de Classificação Econômica Brasil, desenvolvido pela Associação Brasileira de Empresas e Pesquisas (ABEP, 2021). Neste critério de classificação, estabelece-se os conteúdos (ex. aparelhos domésticos) usualmente encontrados no domicílio em cada classe econômica. Já para o padrão de construção, área de uma edificação típica por classe econômica e determinação do valor da construção, um novo cruzamento pode ser realizado utilizando os parâmetros da norma técnica NBR 12.721/2006 (ABNT, 2006).

Para se calcular a renda média domiciliar de cada setor censitário, divide-se o valor total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares pelo número de domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes. Assim, chega-se ao valor da renda média domiciliar de cada setor censitário no ano de 2010, o qual deve ser atualizado pelo índice IPCA até a data de interesse.

Com base nos valores de renda estimados dos domicílios, segmenta-se com base no critério de classificação do IBGE os domicílios conforme as classes econômicas (A, B, C, D e E). Ilustrativamente, na Tabela 3 é apresentado o critério de classificação econômica, considerando-se as faixas de renda definidas pelo IBGE e o valor do salário mínimo no ano de 2020. Deve-se salientar que essa classificação deve ser atualizada sempre que necessário.

Tabela 3 - Critério de Classificação Econômica.

Classe Socioeconômica	Faixa de Renda	Renda média domiciliar mensal (R\$)	
		Limite Inferior	Limite Superior
A	Maior que 20 SM	20.900,00	-
B	10 a 20 SM	10.450,00	20.900,00
C	4 a 10 SM	4.180,00	10.450,00
D	2 a 4 SM	2.090,00	4.180,00
E	0 a 2 SM	0,00	2.090,00

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

- Interpolação dos dados do CNEFE e cruzamento com as áreas artificiais dos anos de estudo

Os tratamentos realizados nos dados do CNEFE, apresentados no *bullet* anterior, descrevem a quantidade de domicílios e estabelecimentos comerciais de um setor censitário no ano de 2010. Para as análises futuras, se fez necessária a interpolação dos dados de domicílios e estabelecimentos comerciais do ano de 2010 para 2020, 2025, 2032 e 2040, devido à ausência de um censo demográfico de 2020, e, consequentemente a ausência de dados atuais do CNEFE.

A metodologia empregada para esta interpolação referenciou os estudos de projeção populacional realizados no âmbito do *P6.1 Tomo I – Capítulo 2.3*. Tomando a população nos setores censitários de 2010 como base, foram aplicadas as taxas de crescimento populacional entre 2010 e os demais anos (2020, 2025, 2032 e 2040) para interpolar o número de domicílios e estabelecimentos comerciais futuros.

Após a determinação do número de domicílios e estabelecimentos comerciais para os anos futuros, estes dados foram aderidos à malha de setores censitários de 2010. Esta malha, com as informações de domicílios e estabelecimentos comerciais e classe socioeconômica de acordo com a renda média, serviu como base para o cruzamento da malha de setores censitários com as áreas artificiais do uso do solo dos anos de estudo (2020, 2025, 2032 e 2040).

Os setores censitários representam uma porção do território definida pelo IBGE para os estudos referentes aos censos demográficos aplicados pelo instituto, não separando os diferentes usos do solo que existem dentro de um setor censitário. Ou seja, o setor censitário, em toda sua extensão, não apresenta de forma precisa a concentração de domicílios/estabelecimentos comerciais dentro do setor. Por conta disto, o cruzamento da malha dos setores censitários de 2010 com as áreas artificiais do uso do solo atual e futuro se fez necessário, já que conceitualmente as áreas artificiais são descritas como sendo uma “Área caracterizada por uso urbano, estruturado por edificações e sistema viário, onde predominam superfícies artificiais não agrícolas.” (IBGE, 2016). Com este tratamento, foi possível aumentar a precisão da localização dos domicílios e estabelecimentos comerciais pertencentes aos setores censitários em todos os anos de estudo. Na Figura 6 é possível verificar a diferença entre as áreas artificiais e a área do setor censitário 320500215080034.



Figura 6 – Área do setor censitário 320500215080034 (esquerda) e área do mesmo setor censitário com sua respectiva área artificial (direita).

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

O cruzamento foi feito utilizando a ferramenta “Unir” do software QGIS, que realiza o cruzamento entre dois *shapefiles* e retorna a união de atributos espacialmente coerentes, o que permitiu “transferir” os domicílios do domínio dos setores censitários para as áreas artificiais presentes dentro dos setores, refinando assim a espacialização dos domicílios e estabelecimentos comerciais atuais e futuros.

- Cruzamento com as manchas de inundação e cálculo do número de domicílios afetados

Com os *shapefiles* tratados com informações dos domicílios e estabelecimentos comerciais atuais e futuros nas áreas artificiais, foi possível realizar então o cruzamento com as manchas de inundação para cada ano de estudo, bem como para cada Tempo de Retorno (TR), abrangendo TRs de 05, 10, 25, 50 e 100 anos.

O *shapefile* das manchas de inundação tem características parecidas com a de um *shapefile* de curvas de nível, sendo neste caso apresentados polígonos cujos limites representam isolinhas com atributos referentes à elevação mínima e máxima da mancha de inundação a partir do terreno. Desta forma, foi utilizada novamente a ferramenta “Unir” do software QGIS para unir espacialmente as manchas de inundação com as áreas artificiais contendo as informações de domicílios e estabelecimentos comerciais, resultando em uma camada com apenas aquelas áreas artificiais atingidas pelas manchas de inundação. O resultado pode ser verificado na Figura 7 e Figura 8.

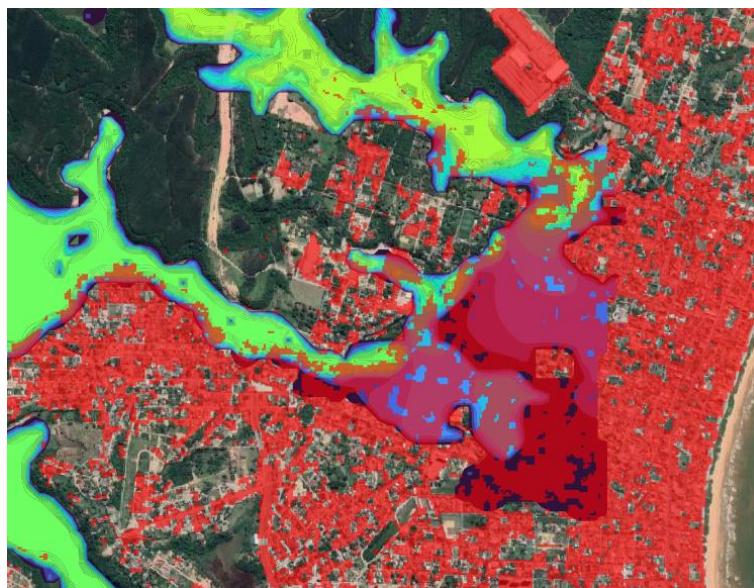


Figura 7 – Mancha de inundação próxima à área litorânea do município de Serra, sendo a área vermelha as áreas artificiais do município.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

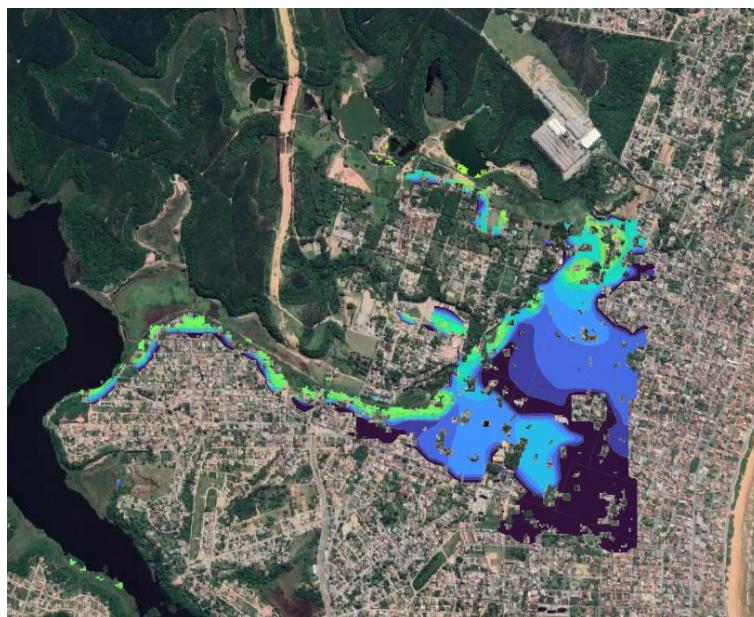


Figura 8 – Domicílios afetados resultante do cruzamento entre as áreas artificiais e a mancha de inundação.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

O cálculo do número de domicílios afetados pela mancha de inundação se deu a partir do cálculo da área do *shapefile* das áreas artificiais com informações dos domicílios e estabelecimentos comerciais e do cálculo da área do *shapefile* resultante do cruzamento entre a mancha de inundação e as áreas artificiais. Com estas duas áreas em mãos, foi possível dividir a segunda pela primeira, compreendendo à proporcionalidade entre as áreas artificiais atingidas pela mancha de inundação e sua

área total no setor. O resultado desta divisão foi então multiplicado pelo número de domicílios e estabelecimentos comerciais do setor censitário, sendo estes dados posteriormente arredondados, para que se obtivesse a quantidade de domicílios e estabelecimentos comerciais afetados e a elevação máxima da mancha de inundação correspondente.

Obteve-se, então, os domicílios e estabelecimentos comerciais afetados pela mancha de inundação nos anos de estudo (2020, 2025, 2032 e 2040) e nos TRs de estudo (05, 10, 25, 50 e 100 anos).

- Valores de construção

Para cada classe econômica (A, B, C, D e E), se estabelece o valor total do imóvel com base na área de uma edificação típica em função da classe econômica (definida a partir da NBR 12.721/2006) e no valor do Custo Unitário Básico¹ (CUB), divulgado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil (Sinduscon) do estado correspondente. Desta forma, o valor da edificação é dado pelo produto da área base da edificação pelo Custo Unitário Básico, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores atribuídos às edificações, por classe econômica.

Classe	Padrão Construtivo	Tipo	Categoria NBR 12.721	Área Base (m ²)	Custo Unitário Básico (R\$/m ²)	Valor da Construção (R\$)
A	Alto	Unifamiliar	R1-A	224,82	Valor definido pelo Sinduscon	Área Base x CUB
B	Normal	Unifamiliar	R1-N	106,44	Valor definido pelo Sinduscon	Área Base x CUB
C	Baixo	Unifamiliar	R1-B	58,64	Valor definido pelo Sinduscon	Área Base x CUB
D/E	Popular	Unifamiliar	RP1Q	39,56	Valor definido pelo Sinduscon	Área Base x CUB

Fonte: ABNT (2006).

¹ Custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado mensalmente de acordo com a metodologia estabelecida, pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para avaliação de parte dos custos de construção das edificações.

- Valores de conteúdo

Nos estudos de valoração, são considerados os preços do conteúdo novo, não sendo aplicado nenhum percentual de depreciação dos itens típicos considerados nas edificações. Atribui-se para cada domicílio o valor do conteúdo associado à respectiva classe econômica com base no trabalho de Cançado (2009). O valor do conteúdo deve ser atualizado pelo índice IPCA acumulado até a data de interesse.

Tabela 5 – Valores atribuídos ao conteúdo, por classe econômica (2020).

CLASSE	Valor do Conteúdo Novo (R\$)
A	106.472
B	44.698
C	13.779
D/E	10.878

Fonte: Adaptado de Cançado (2009).

Ainda, com base no trabalho de Machado (2005), para cada estrutura classificada de acordo com a altura máxima da mancha de inundação, são atribuídas as curvas de dano apresentadas na Figura 9. Ressalta-se que a máxima profundidade de inundação resultante da modelagem hidráulica para a RMGV foi de 7,1m.

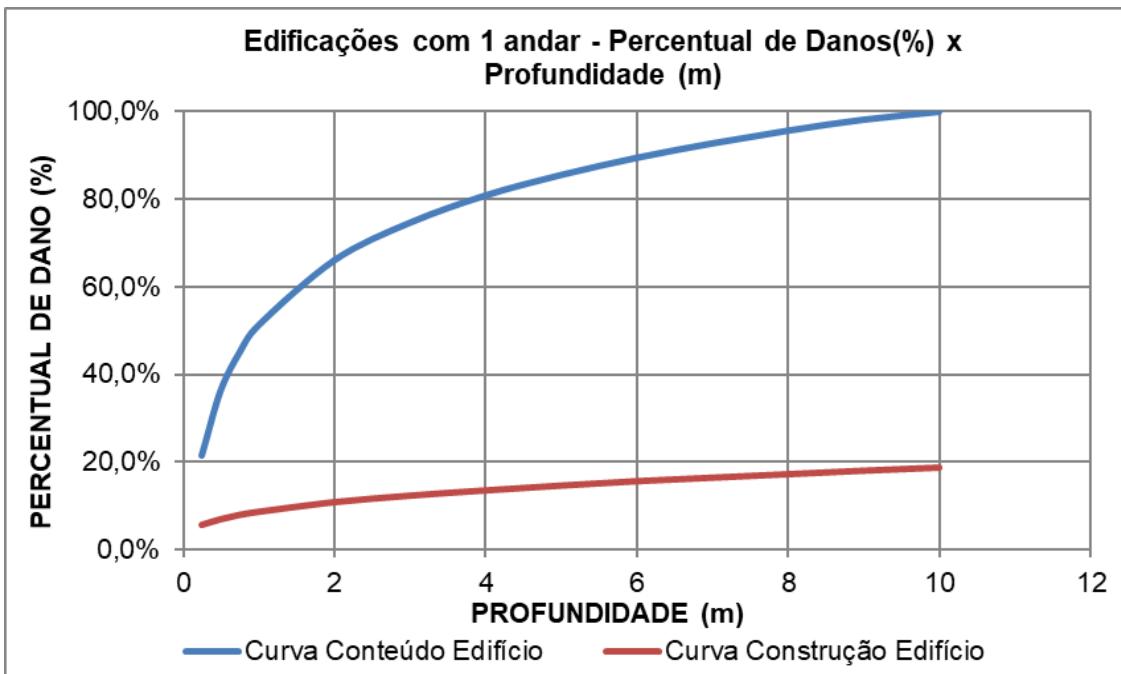


Figura 9 – Curva de Dano x Profundidade.

Fonte: Machado (2005).

2.2.2.2 Danos aos veículos

A seguir, são descritas as etapas necessárias para a quantificação dos danos aos veículos:

- Elaboração do inventário de veículos a partir da definição da frota dos municípios.

A definição da frota pode ser realizada a partir dos dados publicados pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), disponíveis no Sítio IBGE CIDADES (2020).

- Segmentação dos veículos pertencentes a pessoas físicas e pessoas jurídicas. O percentual de veículos pertencente a pessoas físicas pode ser obtido com base nos dados da Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (Fenabrade). Como recomendação prática pode-se adotar que 74% da frota de automóveis, motocicletas e motonetas e que 59% da frota dos demais veículos (caminhões, caminhões trator, caminhonetes, caminhonetes, micro-ônibus, ônibus e utilitários) pertencem a pessoas físicas. Com base na quantidade de veículos pertencentes a pessoas físicas, obtém-se o número de veículos por domicílio a partir da divisão pelo número de domicílios existentes no município, conforme indicado a seguir.

$$V_{ED} = N_{VF} / N_D$$

Em que:

V_{ED} = Veículos por domicílio (por tipo de veículo);

N_{VF} = Número de veículos pertencentes a pessoas físicas (por tipo de veículo);

N_D = Número de domicílios.

- Distribuição dos veículos de pessoa física pelo número total de domicílios de um município. A Tabela 6 apresenta a metodologia de cálculo da quantidade de veículos por tipologia.

Tabela 6 - Inventário de Veículos para Municípios.

Tipologia	MUNICÍPIO: (n domicílios ^(a))			
	Quantidade de Veículos ^(b)	Percentual Aplicado ^(c)	Quantidade de Veículos - Pessoas Física	Quantidade de Veículos por Domicílio
			Col1 * Col2	Col4 = Col3 / n
Automóveis	-	74%	-	-
Caminhões	-	59%	-	-
Caminhões-trator	-	59%	-	-
Caminhonetas	-	59%	-	-
Caminhonetas	-	59%	-	-
Micro-ônibus	-	59%	-	-
Motocicletas	-	74%	-	-
Motonetas	-	74%	-	-
Ônibus	-	59%	-	-
Utilitários	-	59%	-	-
TOTAL	-	-	-	-

^(a) Número de domicílios do município.

(b) Dados obtidos do IBGE Cidades.

(c) Percentual definido pela Fenabrade.

- Estimativa dos custos dos veículos do tipo automóvel tendo como base os valores típicos apresentados na Tabela 7. Esses valores são referentes ao mês de setembro de 2021 e foram adaptados de Cançado (2009). No trabalho, a autora classificou os tipos de veículos de acordo com a classe econômica e construiu séries históricas desses valores para estimação dos valores dos veículos para cada uma das classes econômicas consideradas. Salienta-se que esses valores devem ser atualizados utilizando o indexador IPCA acumulado, tendo como data base o período definido entre o mês de setembro de 2021 até o mês em que estiver sendo realizada a valoração.

Tabela 7 - Valor Típico dos Automóveis por Classe Econômica para o Ano de 2021.

Classe Econômica	Valor dos Automóveis (R\$) (set/2021)
A	92.319
B	58.635
C	36.791
D/E	17.602

Fonte: Adaptado de Cançado (2009).

- Cálculo do custo médio do veículo tipo automóvel por classe econômica por domicílio pela seguinte equação:

$$V_{AE} = Q_{AD} * V_{MA}$$

Em que:

V_{AE} = Valor do automóvel por classe econômica por domicílio (R\$);

Q_{AD} = Quantidade de automóveis por domicílio;

V_{MA} = Valor de referência do automóvel por classe econômica (Tabela 7).

- Estimativa dos custos dos veículos de outras tipologias conforme apresentado na Tabela 8. Salienta-se que esses valores devem ser atualizados utilizando o indexador IPCA acumulado tendo como data base o período definido entre o mês de setembro de 2021 até o mês em que estiver sendo realizada a valoração.

Tabela 8 - Valor Típico dos Veículos (Outras Tipologias) para o Ano de 2021.

Classe Econômica	Valor dos Automóveis (R\$) (set/2021)
Caminhões	121.972
Caminhões Trator	264.591
Caminhonetas	79.555

Classe Econômica	Valor dos Automóveis (R\$) (set/2021)
Caminhonetas	74.297
Micro-ônibus	96.932
Motocicletas	6.911
Motonetas	5.385
Ônibus	132.622
Utilitários	41.272

Fonte: Adaptado de Fipe (2021).

- Estimativa do custo do veículo típico por domicílio por classe econômica pela seguinte fórmula:

$$V_{VT} = V_{AE} + (V_{D1} \times N_{D1} + V_{D2} \times N_{D2} + \dots + V_{Dn} \times N_{Dn})$$

Em que:

V_{VT} = Valor do veículo típico (por classe econômica por domicílio);

V_{AE} = Valor do veículo automóvel (por classe econômica);

V_{Dn} = Valor dos demais veículos (por tipo de veículo);

N_{Dn} = Número de demais veículos por domicílio (por tipo de veículo).

- Ainda, com base no trabalho de Cançado (2009), para cada altura da mancha de inundação correspondente, são atribuídos os percentuais de dano aos veículos apresentadas na Tabela 9. A partir de um metro, já é evidenciada a perda total.

Tabela 9 - Percentual de dano ao veículo por profundidade de submersão.

Altura da inundação (m)	% de dano ao veículo
0,1	0%
0,2	0%
0,3	0%
0,4	2%
0,6	3%
0,7	34%
0,8	39%
0,9	48%
1	100%
1,2	100%
1,5	100%
1,8	100%
2,1	100%

Fonte: Adaptado de Cançado (2009).

2.2.2.3 Danos à infraestrutura pública básica

A infraestrutura pública básica consiste em equipamentos públicos, redes de distribuição de água, eletricidade e telefonia, sistemas de drenagem pluvial e coleta de esgotos, ruas e praças e demais itens que podem ser afetados por um evento de cheia. Como referência, cita-se os estudos realizados pelo Banco Mundial para inundações ocorridas em alguns estados brasileiros (Rio de Janeiro, Pernambuco, Alagoas e Santa Catarina), que indicam que os custos relacionados à infraestrutura pública variam de 12,5% a 30% do custo total da inundação (direto e indireto). Já Milograna (2009) identificou valores da ordem de 7% a 9% do custo composto por danos às residências e ao comércio e serviços. Adotando-se uma postura conservadora, procede-se à estimativa dos custos associados aos danos à infraestrutura pública básica como 30% dos danos referentes a edificações, conteúdos e veículos.

$$C_{DPB} = 0,3 \times D_{ECV}$$

Em que:

C_{IPB} : Custos associados aos danos à infraestrutura pública básica;

D_{ECV} : Somatório dos danos referentes a edificações, conteúdos e veículos (R\$).

2.2.2.4 Realocação temporária da população afetada

A realocação temporária de uma população pode ser classificada como um dano direto e a sua valoração econômica pode ser baseada na estimativa do valor dos custos de uma possível realocação temporária das pessoas afetadas (gastos referentes à criação de abrigos temporários, aluguel de imóveis etc.).

De acordo com o Ministério Público do Paraná (2014), é dever do Poder Público garantir a materialização do direito à moradia após um evento de calamidade em três momentos distintos: curto, médio e longo prazo. Em um primeiro momento, deve-se garantir a alocação temporária das famílias em abrigos públicos (medida de curto prazo); posteriormente, deve ser proporcionada a saída dessas pessoas dos abrigos mediante o pagamento de aluguéis sociais (medida de médio prazo); e, por fim, deve-se garantir a entrega da moradia definitiva aos desabrigados e desalojados (medida de longo prazo). Um momento não pode ser encerrado sem que seja iniciado o outro. Por essa razão, independentemente do prazo previsto em lei, apenas poderá cessar o pagamento do aluguel social caso seja dada solução habitacional definitiva para as famílias (art. 6º da Constituição Federal):

"Art. 6º. São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição."

O Aluguel Social é um recurso assistencial mensal destinado a atender, em caráter de urgência, famílias que se encontram sem moradia. É um subsídio concedido por período de tempo determinado. A família beneficiada recebe uma quantia



equivalente ao custo de um aluguel popular (Prefeitura de Porto Alegre, 2014). Como família em situação de emergência que será beneficiada, considera-se aquela que teve sua moradia destruída ou interditada em função de deslizamentos, inundações, incêndio, insalubridade habitacional ou outras condições que impeçam o uso seguro da moradia (Prefeitura de Criciúma, 2012).

Esse benefício em situações de calamidade tem respaldo legislativo, como segue abaixo:

A Lei Orgânica da Assistência Social (Brasil, 1993) prevê a possibilidade de criação de benefícios eventuais para atender necessidades advindas de vulnerabilidade temporária e calamidade pública.

"Art. 22. Entendem-se por benefícios eventuais aqueles que visam ao pagamento de auxílio por natalidade ou morte às famílias cuja renda mensal per capita seja inferior a 1/4 (um quarto) do salário-mínimo.

(...)

§ 2º. Poderão ser estabelecidos outros benefícios eventuais para atender necessidades advindas de situações de vulnerabilidade temporária, com prioridade para a criança, a família, o idoso, a pessoa portadora de deficiência, a gestante, a nutriz e nos casos de calamidade pública."

O Decreto nº 6.307/07 (Brasil, 2007) regulamenta o art. 22 da Lei nº 8.742/93 (Brasil, 1993) e dispõe sobre o pagamento de benefícios eventuais aos cidadãos e às famílias em situações de vulnerabilidade temporária e calamidade pública, como aponta sua redação:

"Art.1º. Benefícios eventuais são provisões suplementares e provisórias, prestadas aos cidadãos e às famílias em virtude de nascimento, morte, situações de vulnerabilidade temporária e calamidade pública.

(...)

Art.8º. Para atendimento das vítimas de calamidade pública, poderá ser criado benefício eventual de modo a assegurar-lhes a sobrevivência e a reconstrução de sua autonomia, nos termos do §2º do art. 22 da Lei nº 8.742 de 1993.

Parágrafo único. Para os fins deste Decreto, entende-se por estado de calamidade pública o reconhecimento pelo poder público de situação anormal, advinda de baixas ou altas temperaturas, tempestades, enchentes, inversão térmica, desabamentos, incêndios, epidemias, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade ou à vida de seus integrantes."

No contexto de um evento de cheia, os custos referentes à realocação da população afetada serão considerados somente quando causados danos às residências. Nestes casos, deve-se considerar somente situações com necessidade de realocação de médio e longo prazo, pois se entende que abrigos temporários não tem custos consideráveis, sendo na maioria das vezes realizado em galpões, escolas, ginásios e

salões de igrejas.

Caso o cenário de determinado evento de cheia identifique a necessidade de realocação temporária de população, deve-se realizar os cálculos dos custos relacionados a esta consequência. Estes custos são resultantes do produto de três variáveis: o número de famílias/domicílios afetadas, o valor do aluguel social e o número de meses considerados.

A seguir é apresentada a formulação para a estimativa dos custos associados à realocação temporária das famílias afetadas.

$$C_{RP} = AS \times FPA \times T_{AS}$$

Em que:

C_{RP} : Custos associados à realocação temporária da população afetada;

AS : Custo mensal do aluguel social;

FPA : Número de famílias/domicílios potencialmente afetadas;

T_{AS} : Número de meses de aluguel social.

O custo do aluguel social deve ser com base no maior valor do benefício assistencial de cunho temporário promovido pela União, com a cooperação técnica de estados e municípios, para promover o atendimento de famílias em estado de vulnerabilidade social. Já o número de meses do aluguel social decorre do evento de cheia.

2.2.2.5 Serviços de saúde e emergência

O serviço de saúde objetiva facilitar a vida do indivíduo na coletividade, pondo à sua disposição serviços que lhe proporcionarão mais conforto e bem-estar. O dano a esses serviços pode ser considerado indireto e a sua valoração pode abranger uma área mais ampla, pois além de ter efeito na área diretamente atingida também pode afetar regiões adjacentes a ela.

Os custos com os serviços de saúde decorrentes de eventos de cheias correspondem àqueles relacionados ao risco de vida, doenças incapacitantes, efeitos à saúde diversos, tratamento de enfermos, as perdas de horas de trabalhos para tratamento e convalescença, os medicamentos, além de prejuízos relativos à insegurança e ansiedade dos enfermos e de sua família. Também podem ser relacionados aos custos, doenças de veiculação hídrica e a proliferação de vetores causadores de enfermidades.

A função dos serviços de emergência é minimizar as perdas totais devido à cheia. Tanto o Estado, quanto organizações voluntárias ajudam vítimas potenciais ou reais e auxiliam na proteção de propriedades. Entre os agentes envolvidos nos serviços de emergência, tem-se a polícia, a defesa civil, o corpo de bombeiros, os setores da administração pública ligada à assistência social e educação, os serviços de ambulância, os engenheiros e os voluntários, como Cruz Vermelha, Lions Club e outras organizações não governamentais (Cançado, 2009).

Muitos serviços prestados em uma situação crítica são concebidos para lidar com vários tipos de emergência (incêndio, acidente, inundação, desmoronamento), dificultando sua valoração, sendo necessária uma análise espaço-temporal minuciosa.

Apesar de ser de difícil valoração, dependendo essencialmente de recolhimento de dados locais e de entrevista à população que sofreu com eventos do gênero, os custos associados aos serviços de saúde podem ser determinados com aproximação por meio de pesquisas realizadas pela academia. Para a valoração dos custos associados aos serviços de emergência, usualmente associa-se um custo marginal adicional para cada recurso que seja requisitado durante e após o evento. Contudo, no presente estudo, optou-se por realizar uma ponderação tendo como base estudos realizados pelo Banco Mundial para inundações ocorridas em alguns estados brasileiros (Rio de Janeiro, Pernambuco, Alagoas e Santa Catarina), com o objetivo de se apresentar valores os mais próximos possíveis de um caso real.

Dessa forma, com o intuito de se estipular um valor o mais próximo possível da realidade, procede-se a uma ponderação, considerando-se todos os custos de atendimentos médicos, resgates, defesa civil, medicamentos e reconstrução de unidades de saúde públicas e privadas calculados e a população total atingida em cada evento de inundação supracitado.

A seguir é apresentada a formulação para a estimativa dos custos associados aos serviços de saúde e de emergência:

$$C_{SSE} = \frac{VM_{CSSE-BM}}{P_{BM}} \times P_{PA}$$

Em que:

C_{SSE} : Custos associados aos serviços de saúde e de emergência;

$VM_{CSSE-BM}$: Valor médio dos custos associados aos serviços de saúde e de emergência nos eventos de inundação (Banco Mundial);

P_{BM} : População total afetada nos eventos de inundação (Banco Mundial);

P_{PA} : Número de famílias/domicílios potencialmente afetadas.

3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA: PDAU-RMGV - VALORAÇÃO DOS PREJUÍZOS

Este capítulo refere-se à valoração monetária dos prejuízos decorrentes de eventos hipotéticos de cheia na RMGV, por meio da aplicação de metodologias específicas para cada tipo definido nos itens anteriores (danos às edificações e seu conteúdo, danos aos veículos, danos à infraestrutura pública básica, realocação temporária da população afetada e serviços de saúde e emergência), como parte do levantamento de prejuízos e ônus causados à população e à administração pública no caso da ocorrência de evento desse tipo.

O relatório de valoração monetária e todo seu conteúdo foi elaborado através da utilização de métodos inovadores, com seu devido embasamento, e metodologias consagradas, referenciadas em outros estudos similares renomados. Os procedimentos adotados seguem a metodologia apresentada no item 2.2.2 Valoração por tipo de prejuízo do presente documento.

Enseja-se neste relatório de valoração monetária contextualizar o objeto de análise, apresentar os procedimentos utilizados, detalhar as premissas adotadas e relatar o resultado da valoração dos prejuízos decorrentes de um evento de cheia.

3.1 Descrição do evento de risco e cenários de análise

A metodologia de custos evitados para a valoração econômica ambiental dos prejuízos é específica para cada esfera em análise. Tem-se como ponto de partida as manchas de inundação resultantes da modelagem computacional hidráulica e a definição de hipotéticos eventos de cheias para a delimitação dos principais danos decorrentes, apresentados no *Tomo I - Modelagem Hidrológica e Hidráulica* do presente produto.

Para a definição dos cenários, dois fatores foram considerados: tempo de recorrência (TR) para eventos pluviométricos intensos e ano de referência. Os acumulados pluviométricos considerados na fase de modelagem hidráulica são para 5 diferentes hipóteses: tempo de recorrência de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Quanto aos anos de interesse, foi utilizado o ano de 2020 como estimativa atual, enquanto os anos de 2025, 2032 e 2040 compõem a estimativa para os cenários futuros. Portanto, combinados esses dois fatores, serão analisados 20 cenários nesse estudo de valoração de danos.

Ressalta-se que o valor apresentado para cada um dos cenários representa uma estimativa de prejuízos no caso da ocorrência de um evento de TR = X no Ano Y. Por exemplo: o valor apresentado para o cenário C20 refere-se aos prejuízos estimados em caso de ocorrência de um evento pluviométrico de TR = 100 anos no ano de 2040.

A Tabela 10 apresenta essa combinação e a nomenclatura adotada para cada um desses cenários.

Tabela 10 – Nomenclatura dos cenários, conforme ano e TR de referência.

Tempo de Recorrência (anos)	Códigos dos cenários (C) para cada ano avaliado			
	2020	2025	2032	2040
5	C1	C2	C3	C4
10	C5	C6	C7	C8
25	C9	C10	C11	C12
50	C13	C14	C15	C16
100	C17	C18	C19	C20

Fonte: PDAU - RMGV (2021).

Importante destacar que na fase de modelagem hidrológica e posterior geoprocessamento das informações, foram consideradas as contribuições de vazões hídricas de alguns municípios do entorno da RMGV. Uma vez que esses se localizam à montante da área de interesse do estudo, acabam dando significantes aportes às estimativas por comporem a mesma bacia hidrográfica.

Ainda nesse contexto, avaliando o cenário do ano de 2020 com uma chuva de Tempo de Recorrência de 100 anos (C5), o modelo computacional indicou que uma parte do Rio Santa Maria da Vitória acabaria extrapolando os limites da RMGV, alcançando o município de Santa Leopoldina. Porém, a área atingida possui características predominantemente rurais e nenhum domicílio seria afetado por um hipotético evento de cheia. Constatase ainda que, para todos os outros cenários contemplados nesse estudo, a mancha tem seu limite idêntico, isto significa que não haveria perdas ou prejuízos à população de municípios que não compõem a RMGV.

3.2 Premissas utilizadas para os cálculos

As seguintes premissas econômico-financeiras foram utilizadas para a valoração dos prejuízos decorrentes de eventos hipotéticos de cheia na Região Metropolitana da Grande Vitória:

- O modelo econômico é elaborado em fluxo monetário real e os valores são apresentados a preços constantes de 2020;
- Utiliza-se como índice de inflação para correções monetárias o IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo), produzido pelo Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor – SNIPC (IBGE, 2021);

- Determina-se como data-base adotada o dia 31 de dezembro de 2020.

As demais premissas utilizadas para determinação dos prejuízos são descritas no cenário de análise ou, caso específicas, na valoração do respectivo item.

3.3 Valoração dos prejuízos por esferas

No presente item, apresenta-se a valoração dos prejuízos identificados por esferas de risco, conforme catalogação realizada anteriormente. Para cada esfera e prejuízo valorado, aponta-se previamente a metodologia de cálculo de acordo com o item 2.2.2 Valoração por tipo de prejuízo.

3.3.1 Danos a edificações e seu conteúdo

A seguir, são apresentados os resultados de valoração dos danos às edificações e seus conteúdos. A avaliação se deu por meio de dados secundários, considerando-se residências e estabelecimentos comerciais da área de estudo.

O valor de uma construção está diretamente relacionado à classe social à qual ela pertence. Para cada uma das classes econômicas (A, B, C e D/E), foram atribuídos valores construtivos com base na área de uma edificação típica em função da classe econômica segundo a NBR 12.721/2006 (ABNT, 2006) e do Custo Unitário Básico (CUB), que representa o custo por metro quadrado de construção do projeto padrão considerado, calculado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Espírito Santo para o mês de dezembro de 2020 (SINDUSCON-ES, 2020). De tal maneira, o valor das construções é determinado pelo produto entre a área base (m^2) e o CUB (R/m^2$) para cada classe econômica, conforme expõe a Tabela 11. Ressalta-se que todas as edificações comerciais foram definidas como de classe B.

Tabela 11 - Valores atribuídos às edificações, por classe econômica.

Classe	Padrão Construtivo	Tipo	Categoria NBR 12.721	Área Base (m^2)	CUB-ES (R/m^2$) (dez/2020)	Valor da Construção (R\$)
A	Alto	Unifamiliar	R1-A	224,82	2.571,84	578.201,07
B	Normal	Unifamiliar	R1-N	106,44	2.100,99	223.629,38
C	Baixo	Unifamiliar	R1-B	58,64	1.759,26	103.163,01
D/E	Popular	Unifamiliar	RP1Q	39,56	1.762,58	69.727,66

Fonte: SINDUSCON-ES (2020) e ABNT (2006).

Ainda, atribuiu-se um percentual de danos à construção para cada estrutura classificada de acordo com a altura máxima da mancha de inundação correspondente, com base no trabalho de Machado (2005) (Tabela 12).

Tabela 12 – Percentual de Danos à Construção x Profundidade de inundação.

Profundidade (m)	Percentual de Danos Construção (%)
0 - 2,0	10,0%
2,0 - 4,0	12,5%
4,0 - 6,0	15,0%
6,0 - 7,0	17,5%

Fonte: Machado (2005).

O valor do conteúdo, isto é, aquilo que está no interior da estrutura (móveis, eletrodomésticos etc.) é associado à cada classe econômica e foi atribuído conforme a o trabalho de Cançado (2009), atualizado pelo índice IPCA para valores de dezembro de 2020, conforme apresentado na Tabela 13. Ressalta-se que nos estudos de valoração são considerados os preços do conteúdo novo, não sendo aplicado nenhum percentual de depreciação dos itens típicos considerados nas edificações. Todas as edificações comerciais foram fixadas como classe B.

Tabela 13 – Valores atribuídos ao conteúdo, por classe econômica.

Classe	Valor do Conteúdo Novo (R\$)
A	100.218,18
B	42.072,96
C	12.969,45
D/E	10.239,01

Fonte: Adaptado de Cançado (2009).

Ainda, atribuiu-se um percentual de danos ao conteúdo para cada estrutura classificada de acordo com a altura máxima da mancha de inundação correspondente, com base no trabalho de Machado (2005), (Tabela 14).

Tabela 14 – Percentual de Danos ao Conteúdo x Profundidade de inundação.

Profundidade (m)	Percentual de Danos Conteúdo (%)
0 - 0,5	40,00%
0,5 - 1,0	50,00%
1,0 - 1,5	60,00%
1,5 - 2,0	65,00%
2,0 - 2,5	70,00%
2,5 - 3,0	73,33%
3,0 - 3,5	76,67%
3,5 - 4,0	80,00%
4,0 - 4,5	82,50%
4,5 - 5,0	85,00%
5,0 - 5,5	87,50%

Profundidade (m)	Percentual de Danos Conteúdo (%)
5,5 - 6,0	90,00%
6,0 - 6,5	91,25%
6,5 - 7,0	92,50%

Fonte: Machado (2005).

Por fim, a Tabela 15 mostra os valores calculados dos danos às edificações e seu conteúdo para os cenários de análise.

Tabela 15 – Valor dos danos às edificações e seu conteúdo, por cenário.

Cenário	TR	Ano	Danos às edificações (R\$ Milhões)	Danos ao conteúdo (R\$ Milhões)	Danos às edificações e conteúdo (R\$ Milhões)
C1	5	2020	723	466	1.188
C2		2025	764	492	1.257
C3		2032	807	520	1.327
C4		2040	856	552	1.408
C5	10	2020	892	576	1.468
C6		2025	909	589	1.498
C7		2032	951	616	1.568
C8		2040	1.011	656	1.666
C9	25	2020	968	647	1.615
C10		2025	1.006	664	1.669
C11		2032	1.068	706	1.773
C12		2040	1.134	751	1.884
C13	50	2020	1.127	786	1.913
C14		2025	1.181	802	1.983
C15		2032	1.246	848	2.094
C16		2040	1.320	900	2.221
C17	100	2020	1.194	872	2.066
C18		2025	1.252	913	2.165
C19		2032	1.322	965	2.288
C20		2040	1.404	1.025	2.430

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

A Figura 10 apresenta a consolidação dos custos associados aos danos às edificações e seu conteúdo, por cenário.

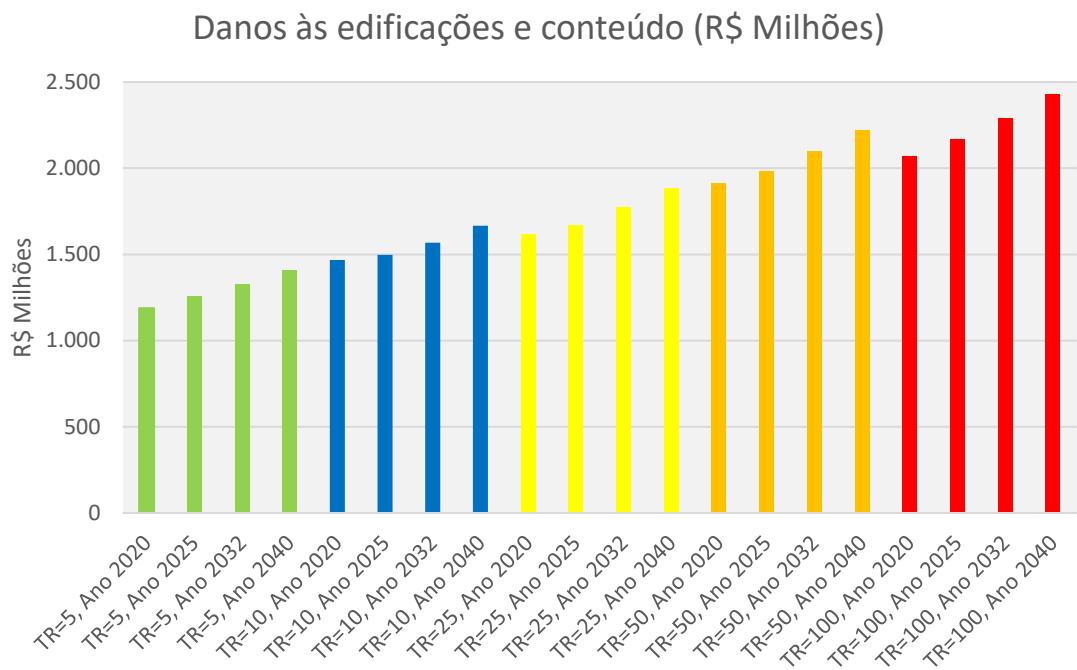


Figura 10 – Valor dos danos às edificações e seu conteúdo, por cenário.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

3.3.2 Danos aos veículos

O cálculo dos danos aos veículos seguiu a metodologia desenvolvida nos inventários anteriores para geração do valor base para integração no inventário de estruturas. A base de dados utilizada consiste nos dados compilados pelo DENATRAN, que inclui o número de veículos por tipo, disponíveis no sítio eletrônico IBGE Cidades (IBGE Cidades, 2020).

Para identificação do percentual de veículos que são de propriedade das empresas e das pessoas físicas, utilizou-se parâmetros disponíveis nas bases de dados da Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (Fenabrade). O percentual referente a pessoas físicas adotado para as classes de veículos automóveis, motocicletas e motonetas foi de 74%. Para os demais tipos de veículos (caminhões, caminhões-trator, caminhonetes, caminhonetas, micro-ônibus, ônibus e utilitários), que em geral possuem uma participação maior das empresas, considera-se que 59% pertencem a pessoas físicas. A partir dessas proporções, foram estimadas a quantidade de veículos pertencentes às pessoas físicas. A Tabela 16 apresenta a quantidade de veículos pertencentes às pessoas físicas, por tipologia, para os municípios da RMGV no ano de 2020.

Tabela 16 - Quantidade de veículos pertencentes às pessoas físicas, por tipologia, municípios da RMGV (2020).

Tipologia	Quantidade de veículos (IBGE Cidades)							Percentual aplicado (Fenabrade)	Quantidade de Veículos - Pessoas Física						
	Cariacica	Fundão	Guarapari	Serra	Viana	Vila Velha	Vitória		Cariacica	Fundão	Guarapari	Serra	Viana	Vila Velha	Vitória
Automóveis	90.993	4.226	38.908	129.669	15.239	138.653	124.589	74%	67.335	3.127	28.792	95.955	11.277	102.603	92.196
Caminhões	6.523	390	1.523	9.292	1.517	4.612	4.305	59%	3.849	230	899	5.482	895	2.721	2.540
Caminhões-trator	2.953	94	331	3.155	2.023	1.484	826	59%	1.742	55	195	1.861	1.194	876	487
Caminhonetas	11.763	920	7.292	16.177	2.632	16.604	17.650	59%	6.940	543	4.302	9.544	1.553	9.796	10.414
Caminhonetas	5.425	315	3.414	7.749	990	11.982	12.681	59%	3.201	186	2.014	4.572	584	7.069	7.482
Micro-ônibus	846	71	373	933	138	1.031	1.087	59%	499	42	220	550	81	608	641
Motocicletas	38.333	1.608	14.241	34.413	6.756	39.873	23.615	74%	28.366	1.190	10.538	25.466	4.999	29.506	17.475
Motonetas	6.033	271	5.275	5.979	1.036	9.396	4.489	74%	4.464	201	3.904	4.424	767	6.953	3.322
Ônibus	1.618	46	298	2.268	430	878	932	59%	955	27	176	1.338	254	518	550
Utilitários	855	45	2.155	1.798	117	4.582	6.066	59%	504	27	1.271	1.061	69	2.703	3.579

Fonte: IBGE Cidades (2020) e Fenabrade (2020).

O número de veículos por domicílio foi obtido a partir do número de veículos pertencentes às pessoas físicas e do número de domicílios existentes nos municípios da RMGV no ano de 2020. A distribuição dos veículos de pessoa física, por tipologia, pelo número total de domicílios de cada município da RMGV no ano de 2020 é apresentada na Tabela 17.

Tabela 17 - Quantidade de veículos por domicílio, pertencentes às pessoas físicas, por tipologia, municípios da RMGV (2020).

Tipologia	Nº de Domicílios do Município							Quantidade de Veículos por Domicílio						
	Cariacica	Fundão	Guarapari	Serra	Viana	Vila Velha	Vitória	Cariacica	Fundão	Guarapari	Serra	Viana	Vila Velha	Vitória
Automóveis	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,48	0,29	0,36	0,49	0,40	0,53	0,65
Caminhões	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,03	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02
Caminhões-trator	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,01	0,01	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00
Caminhonetas	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07
Caminhonetas	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05
Micro-ônibus	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Motocicletas	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,20	0,11	0,13	0,13	0,18	0,15	0,12
Motonetas	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,03	0,02	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02
Ônibus	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Utilitários	141.022	10.759	80.577	194.876	28.275	192.607	141.257	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03

Fonte: PDAU-RMGV (2021).



A próxima etapa consistiu na estimativa dos custos dos veículos do tipo automóvel, tendo como base as classes econômicas. O valor médio – ponderado pela frota municipal – do veículo tipo automóvel por classe econômica por domicílio é dado pela multiplicação da quantidade de automóveis por domicílio pelo valor de referência do automóvel por classe econômica. Esses valores são referentes ao mês de dezembro de 2020 e foram adaptados de Cançado (2009). A Tabela 18 apresenta os valores dos automóveis por domicílio por classe econômica para o ano de 2020.

Tabela 18 - Valor médio (ponderado pela frota municipal) do Automóvel, por Classe Econômica por Domicílio (R\$) (2020).

Classe Econômica	Cariacica	Fundão	Guarapari	Serra	Viana	Vila Velha	Vitória
A	41.235	25.102	30.859	42.523	34.443	46.005	56.366
B	26.190	15.943	19.599	27.008	21.876	29.219	35.800
C	16.433	10.004	12.298	16.946	13.726	18.334	22.463
D/E	7.862	4.786	5.884	8.108	6.567	8.772	10.747

Fonte: Adaptado de Cançado (2009).

O valor médio do veículo de outras tipologias é dado pela multiplicação do número de veículos de uma dada tipologia pelo valor médio do veículo por tipologia. A Tabela 19 apresenta o valor dos veículos de outras tipologias para o ano de 2020.

Tabela 19 - Valor médio dos Veículos por Tipologia, por Domicílio e por Município (R\$) (2020).

Tipologia de Veículos	Cariacica	Fundão	Guarapari	Serra	Viana	Vila Velha	Vitória
Caminhões	3.114	2.440	1.272	3.210	3.612	1.612	2.052
Caminhões Trator	3.058	1.276	600	2.364	10.448	1.125	854
Caminhonetas	3.663	3.755	3.974	3.645	4.087	3.785	5.486
Caminhonetas	1.577	1.201	1.737	1.631	1.436	2.551	3.681
Micro-ônibus	321	353	248	256	261	286	412
Motocicletas	1.300	715	845	845	1.143	990	800
Motonetas	159	94	244	114	137	182	118
Ônibus	840	313	271	852	1.113	334	483
Utilitários	138	95	609	210	94	542	978

Fonte: Adaptado de FIPE (2021).

A partir da soma dos valores dos automóveis e dos veículos de outras tipologias, é obtido o valor do veículo típico por classe econômica por domicílio.

Tabela 20 - Valor do veículo típico (por classe econômica por domicílio) (R\$).

Classe Econômica	Cariacica	Fundão	Guarapari	Serra	Viana	Vila Velha	Vitória	Média RMGV
A	55.406	35.343	40.659	55.650	56.774	57.413	71.230	53.211
B	40.361	26.185	29.400	40.135	44.207	40.627	50.664	38.797
C	30.604	20.245	22.098	30.073	36.057	29.741	37.327	29.449
D/E	22.033	15.028	15.684	21.235	28.898	20.179	25.611	21.238

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

Considerando-se os valores do veículo típico (por classe econômica por domicílio), o número de edificações afetadas (por classe econômica) e o percentual de dano aos veículos (conforme a altura máxima da mancha de inundação), calcula-se os valores dos danos aos veículos para os cenários de análise (Tabela 21).

Tabela 21 – Valor dos danos aos veículos, por cenário.

Cenário	TR	Ano	Danos aos veículos (R\$ Milhões)
C1	5	2020	92
C2		2025	594
C3		2032	631
C4		2040	675
C5	10	2020	141
C6		2025	736
C7		2032	774
C8		2040	829
C9	25	2020	286
C10		2025	904
C11		2032	967
C12		2040	1.034
C13	50	2020	1.242
C14		2025	1.112
C15		2032	1.185
C16		2040	1.268
C17	100	2020	1.541
C18		2025	1.619
C19		2032	1.728
C20		2040	1.847

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

A Figura 11 apresenta a consolidação dos custos associados aos danos aos veículos, por cenário.

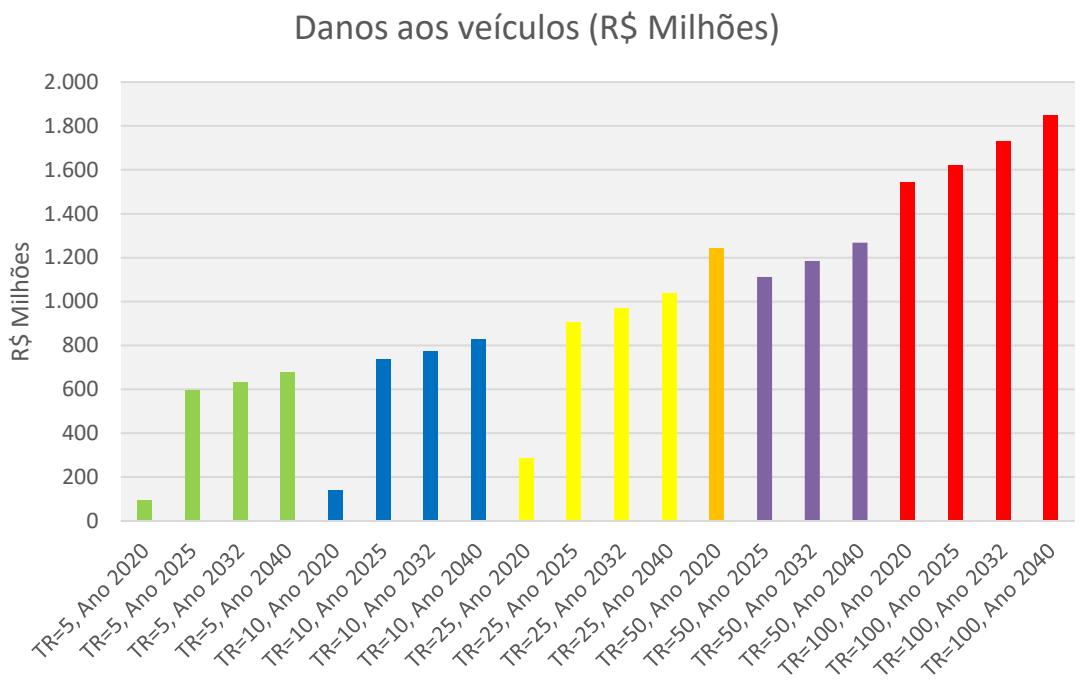


Figura 11 – Valor dos danos aos veículos, por cenário.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

3.3.3 Danos à infraestrutura pública básica

Considerando-se os valores dos custos associados aos danos às edificações, conteúdo e veículos para os cenários de análise, calcula-se os valores dos custos associados aos danos à infraestrutura pública básica (Tabela 22).

Tabela 22 – Valor dos danos à infraestrutura pública básica, por cenário.

Cenário	TR	Ano	Danos às edificações (R\$ Milhões)	Danos ao conteúdo (R\$ Milhões)	Danos aos veículos (R\$ Milhões)	Danos à infraestrutura pública básica (R\$ Milhões)
C1	5	2020	723	466	92	384
C2		2025	764	492	594	555
C3		2032	807	520	631	587
C4		2040	856	552	675	625
C5	10	2020	892	576	141	483
C6		2025	909	589	736	670
C7		2032	951	616	774	702
C8		2040	1.011	656	829	749
C9	25	2020	968	647	286	570
C10		2025	1.006	664	904	772
C11		2032	1.068	706	967	822
C12		2040	1.134	751	1.034	876
C13	50	2020	1.127	786	1.242	946

Cenário	TR	Ano	Danos às edificações (R\$ Milhões)	Danos ao conteúdo (R\$ Milhões)	Danos aos veículos (R\$ Milhões)	Danos à infraestrutura pública básica (R\$ Milhões)
C14		2025	1.181	802	1.112	928
C15		2032	1.246	848	1.185	984
C16		2040	1.320	900	1.268	1.047
C17	100	2020	1.194	872	1.541	1.082
C18		2025	1.252	913	1.619	1.135
C19		2032	1.322	965	1.728	1.205
C20		2040	1.404	1.025	1.847	1.283
Cenário	Ano	TR	Danos às edificações (R\$)	Danos ao conteúdo (R\$)	Danos aos veículos (R\$)	Danos à infraestrutura pública básica (R\$)
C1	2020	5	722.503.659	465.767.430	92.049.053	384.096.042
C2		10	891.827.082	575.809.167	140.797.245	482.530.048
C3		25	967.740.425	647.360.660	286.197.180	570.389.480
C4		50	1.126.791.776	785.745.774	1.241.676.002	946.264.066
C5		100	1.193.861.634	872.077.868	1.541.492.548	1.082.229.615
C6	2025	5	764.199.617	492.342.248	594.174.859	555.215.017
C7		10	909.022.677	589.027.103	735.782.277	670.149.617
C8		25	1.005.627.611	663.786.832	903.908.744	771.996.956
C9		50	1.181.417.329	801.666.426	1.111.542.499	928.387.876
C10		100	1.252.406.657	912.805.253	1.619.270.921	1.135.344.849
C11	2032	5	806.865.221	520.368.917	630.682.824	587.375.088
C12		10	951.193.591	616.438.374	773.891.917	702.457.165
C13		25	1.067.522.579	705.934.588	966.534.875	821.997.613
C14		50	1.246.403.733	848.064.856	1.185.488.607	983.987.158
C15		100	1.322.492.369	965.115.674	1.727.663.451	1.204.581.448
C16	2040	5	855.752.491	552.480.764	674.601.091	624.850.304
C17		10	1.010.649.642	655.698.704	829.096.651	748.633.499
C18		25	1.133.517.286	750.640.905	1.034.483.528	875.592.516
C19		50	1.320.264.850	900.467.391	1.268.233.796	1.046.689.811
C20		100	1.404.439.805	1.025.436.185	1.846.555.463	1.282.929.436

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

A Figura 12 apresenta a consolidação dos custos associados aos danos à infraestrutura pública, por cenário.

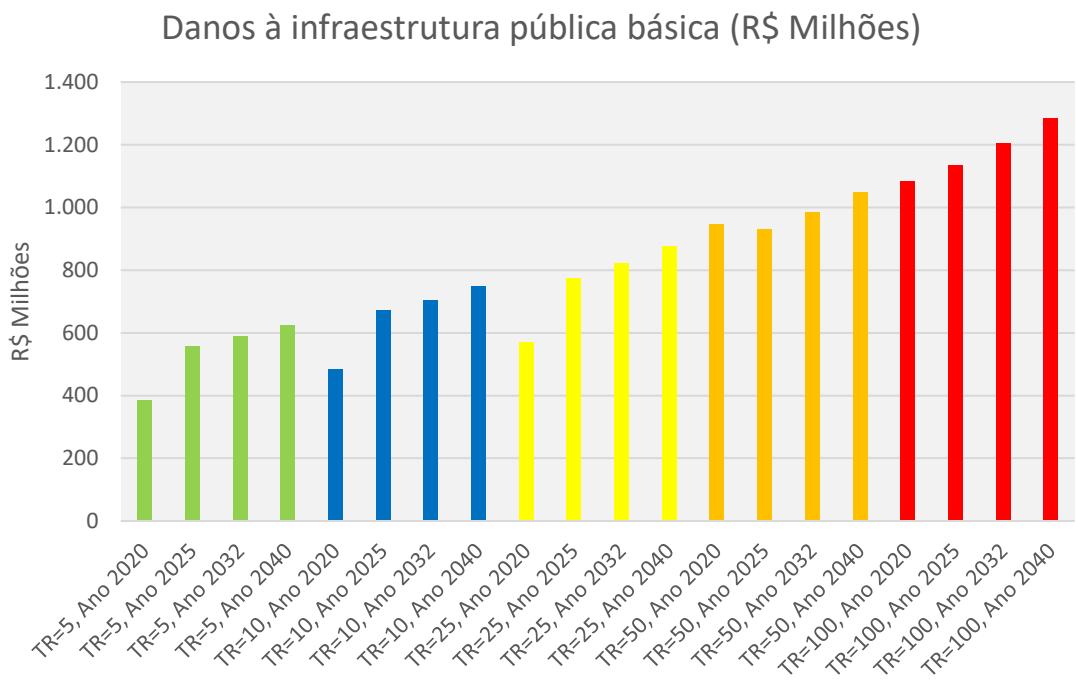


Figura 12 – Valor dos danos à infraestrutura pública básica, por cenário.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

3.3.4 Realocação temporária da população afetada

Adotando-se uma postura conservadora, na estimativa dos custos de realocação temporária da população, foi considerado um período de aluguel social de 12 meses, ou seja, a partir deste período as famílias afetadas poderiam retornar às suas residências. O valor do aluguel social foi considerado igual a R\$ 500,00. O número de domicílios atingidos pela mancha de inundação para os cenários de análise foi medido conforme metodologia apresentada no item 2.2.2.1 Danos a edificações e seu conteúdo.

A Tabela 23 apresenta os valores calculados dos custos associados à realocação temporária da população afetada para os cenários de análise.

Tabela 23 – Custos associados à realocação temporária da população afetada, por cenário (R\$).

Cenário	TR	Ano	Número de famílias/domicílios potencialmente afetadas	Aluguel Social (R\$/mês)	Custos associados à realocação temporária da população afetada (R\$ Milhões)
C1	5	2020	59.717	500,00	358
C2		2025	63.274	500,00	380
C3		2032	66.747	500,00	400
C4		2040	70.884	500,00	425
C5	10	2020	76.099	500,00	457
C6		2025	77.148	500,00	463
C7		2032	80.846	500,00	485
C8		2040	85.936	500,00	516
C9	25	2020	83.435	500,00	501
C10		2025	86.593	500,00	520
C11		2032	91.700	500,00	550
C12		2040	97.407	500,00	584
C13	50	2020	97.817	500,00	587
C14		2025	104.317	500,00	626
C15		2032	110.072	500,00	660
C16		2040	116.500	500,00	699
C17	100	2020	105.476	500,00	633
C18		2025	110.957	500,00	666
C19		2032	117.023	500,00	702
C20		2040	124.313	500,00	746

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

A Figura 13 apresenta a consolidação dos custos associados aos danos à realocação temporária da população afetada, por cenário.

Realocação temporária da população afetada (R\$ Milhões)

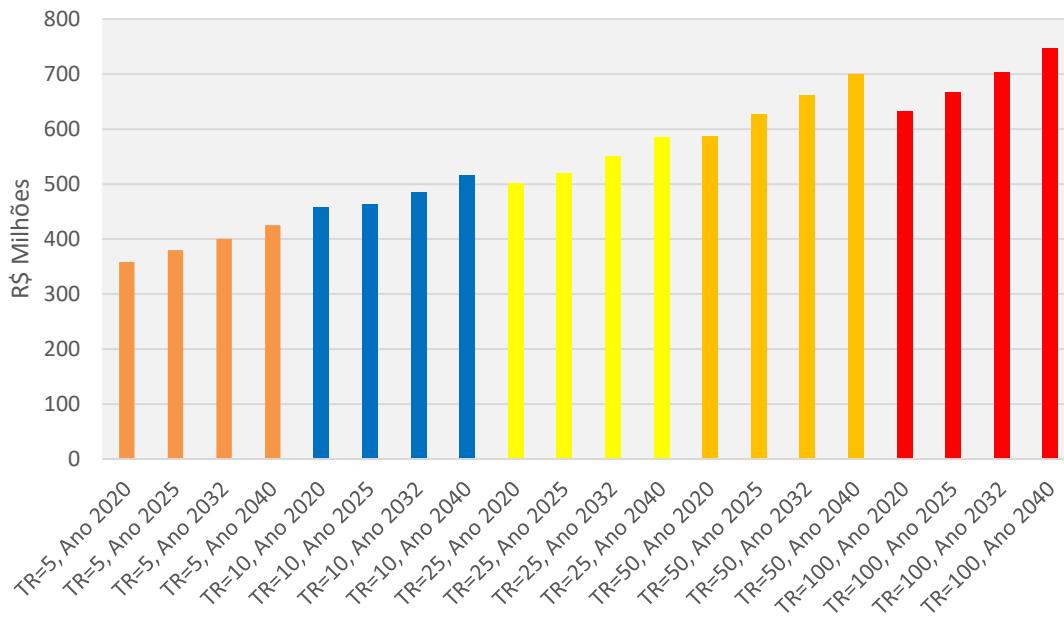


Figura 13 – Custos associados à realocação temporária da população afetada, por cenário.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

3.3.5 Serviços de saúde e emergência

Conforme apresentado no item 2.2.2.5 Serviços de saúde e emergência, com o intuito de se estipular um valor o mais próximo possível da realidade, procede-se a uma ponderação, considerando-se todos os custos de atendimentos médicos, resgates, defesa civil e medicamentos e reconstrução de unidades de saúde públicas e privadas calculados e a população total atingida em quatro eventos de inundação no Brasil. Os valores têm como base estudos realizados pelo Banco Mundial. São eles:

- Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Santa Catarina - Novembro de 2008 (Banco Mundial, 2012);
- Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Alagoas - Junho de 2010 (Banco Mundial, 2012);
- Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Pernambuco - Junho de 2010 (Banco Mundial, 2012);
- Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - Janeiro de 2011 (Banco Mundial, 2012).

A Tabela 24 apresenta os valores calculados pelo Banco Mundial para cada evento de inundação a preços correntes da data dos estudos, bem como a população total afetada em cada um deles. Para cálculo dos valores a preços constantes de 2020,

procedeu-se à atualização monetária dos valores por meio do indexador IPCA.

Tabela 24 – Custos associados aos serviços de saúde e de emergência, por cenário.

Evento	Data	Perdas e Danos ao Setor da Saúde (R\$ Correntes)	Perdas e Danos ao Setor da Saúde (R\$ dezembro/2020)	População afetada	Fator (R\$/hab.)
Inundações Bruscas em Santa Catarina	Novembro de 2008	155.725.066	300.169.596	1.462.596	205,23
Inundações Bruscas em Alagoas	Junho de 2010	59.261.819	105.933.212	269.651	392,85
Inundações Bruscas em Pernambuco	Junho de 2010	146.042.136	261.056.997	740.001	352,78
Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro	Janeiro de 2011	11.270.000	19.447.449	304.562	63,85
Média					253,68

Fonte: Banco Mundial (2012), (2012), (2012) e (2012).

Considerando-se o fator médio do valor de perdas e danos ao setor da saúde calculados e a população total afetada nos quatro eventos, bem como o número de famílias/domicílios potencialmente afetadas nos cenários de análise de eventos hipotéticos de cheia nos municípios da RMGV, calcula-se os valores dos custos associados aos serviços de saúde e de emergência (Tabela 25).

Tabela 25 – Custos associados aos serviços de saúde e de emergência, por cenário.

Cenário	TR	Ano	Número de famílias/domicílios potencialmente afetadas	Custos associados aos serviços de saúde e de emergência (R\$ Milhões)
C1	5	2020	59.717	15,1
C2		2025	63.274	16,1
C3		2032	66.747	16,9
C4		2040	70.884	18,0
C5	10	2020	76.099	19,3
C6		2025	77.148	19,6
C7		2032	80.846	20,5
C8		2040	85.936	21,8
C9	25	2020	83.435	21,2
C10		2025	86.593	22,0
C11		2032	91.700	23,3
C12		2040	97.407	24,7

Cenário	TR	Ano	Número de famílias/domicílios potencialmente afetadas	Custos associados aos serviços de saúde e de emergência (R\$ Milhões)
C13	50	2020	97.817	24,8
C14		2025	104.317	26,5
C15		2032	110.072	27,9
C16		2040	116.500	29,6
C17	100	2020	105.476	26,8
C18		2025	110.957	28,1
C19		2032	117.023	29,7
C20		2040	124.313	31,5

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

A Figura 14 apresenta a consolidação dos custos associados aos serviços de saúde e emergência, por cenário.

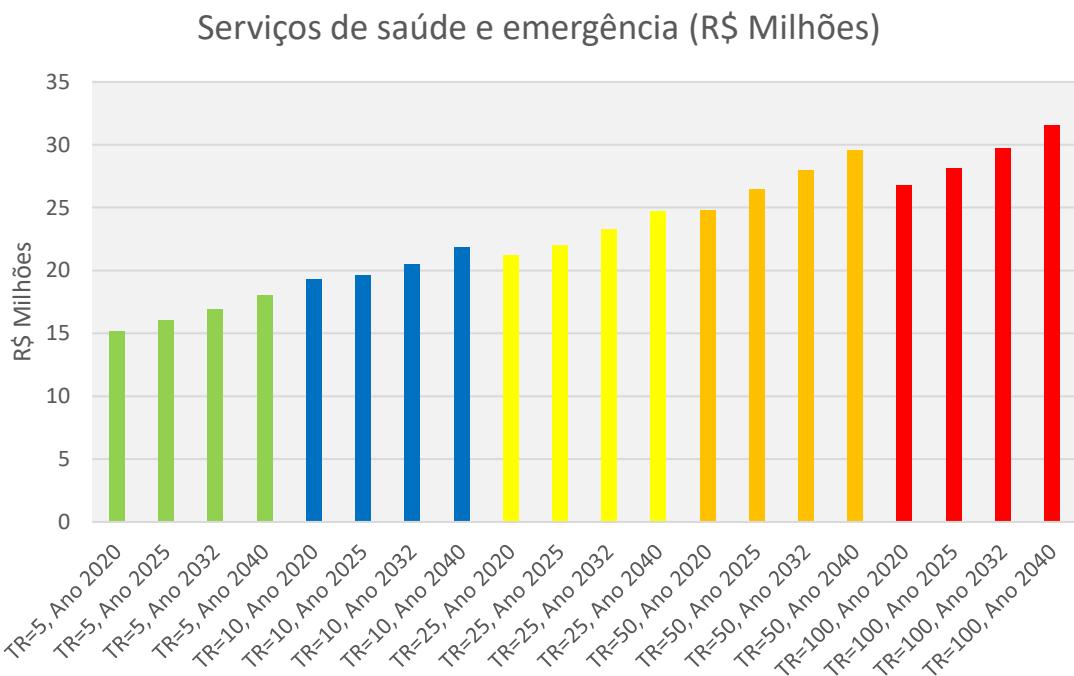


Figura 14 – Custos associados aos serviços de saúde e de emergência, por cenário.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

3.3.6 Compilação total por esfera

A compilação de todos os resultados da valoração monetária das esferas danos às edificações e conteúdo, danos aos veículos, danos à infraestrutura pública básica, realocação temporária da população afetada e serviços de saúde e de emergência analisadas, para cada um dos 20 cenários de análise, é mostrada na Tabela 26.

**Tabela 26 – Valoração total de todas as esferas analisadas, por cenário (R\$ Milhões).**

Cenário	TR	Ano	Danos às edificações e conteúdo	Danos aos veículos	Danos à infraestrutura pública básica	Custos associados a realocação temporária da população afetada	Custos associados aos serviços de saúde e de emergência	TOTAL
C1	5	2020	1.188	92	384	358	15	2.038
C2		2025	1.257	594	555	380	16	2.802
C3		2032	1.327	631	587	400	17	2.963
C4		2040	1.408	675	625	425	18	3.151
C5	10	2020	1.468	141	483	457	19	2.567
C6		2025	1.498	736	670	463	20	3.386
C7		2032	1.568	774	702	485	21	3.550
C8		2040	1.666	829	749	516	22	3.781
C9	25	2020	1.615	286	570	501	21	2.993
C10		2025	1.669	904	772	520	22	3.887
C11		2032	1.773	967	822	550	23	4.135
C12		2040	1.884	1.034	876	584	25	4.403
C13	50	2020	1.913	1.242	946	587	25	4.712
C14		2025	1.983	1.112	928	626	26	4.675
C15		2032	2.094	1.185	984	660	28	4.952
C16		2040	2.221	1.268	1.047	699	30	5.264
C17	100	2020	2.066	1.541	1.082	633	27	5.349
C18		2025	2.165	1.619	1.135	666	28	5.614
C19		2032	2.288	1.728	1.205	702	30	5.952
C20		2040	2.430	1.847	1.283	746	32	6.337

Fonte: PDAU-RMGV (2021)

A Figura 15 mostra a representatividade de cada esfera em relação ao valor total de cada cenário de análise.

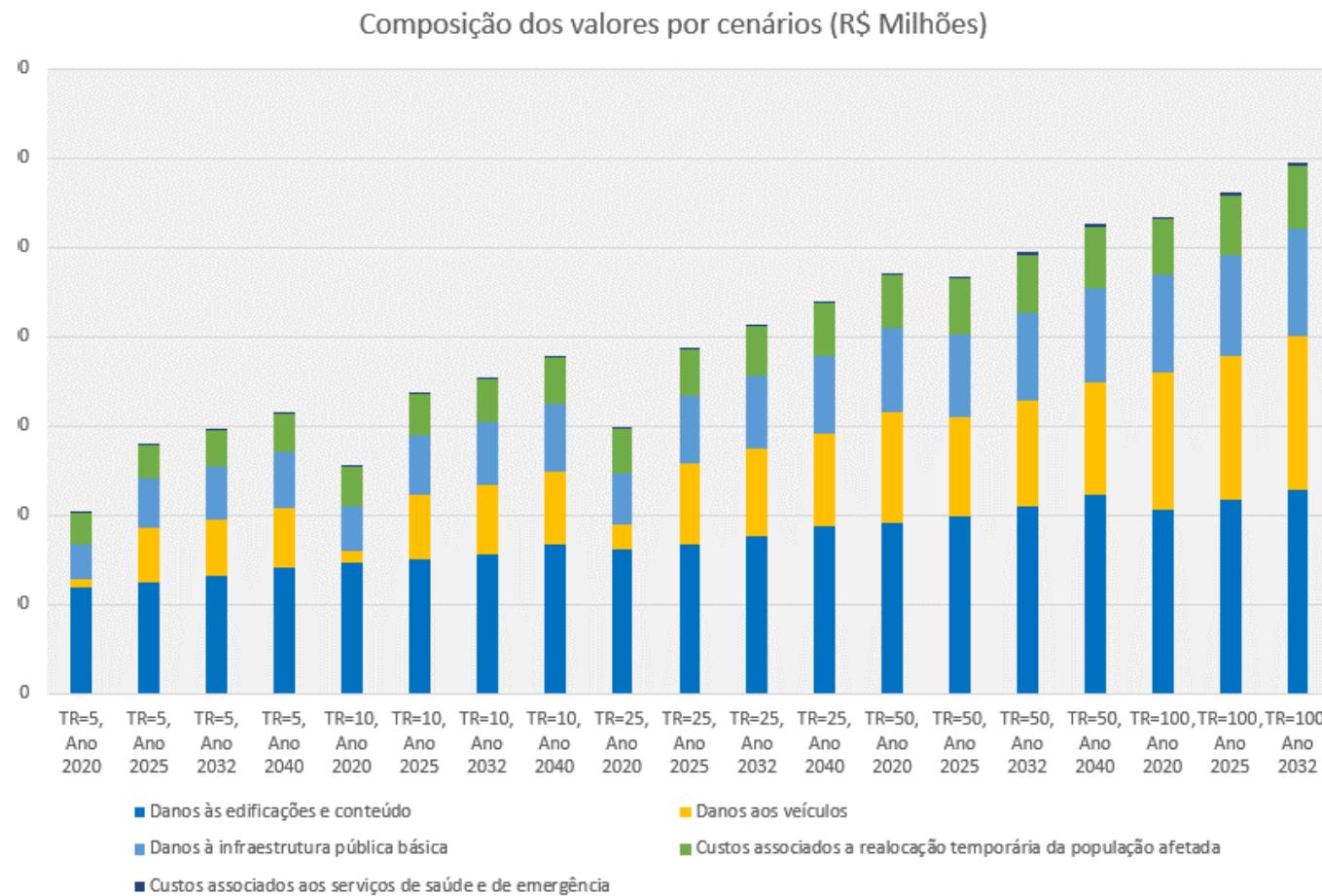


Figura 15 – Valor dos prejuízos de cada esfera na valoração total de cada cenário.

Fonte: PDAU-RMGV (2021).



Os danos às edificações e seu conteúdo se configuraram como os custos de maior representatividade frente aos custos totais dos cenários de análise. O maior valor proporcional dessa esfera se dá no cenário C1 (TR5, Ano 2020): 58,3%; e o menor ocorre no cenário C20 (TR100, Ano 2040): 38,3%.

O maior valor proporcional dos danos aos veículos frente aos custos totais dos cenários de análise se dá no cenário C20 (TR100, Ano 2040): 29,1%; e o menor ocorre no cenário C1 (TR5, Ano 2020): 4,5%.

O maior valor proporcional dos danos à infraestrutura pública básica frente aos custos totais dos cenários de análise se dá no cenário C20 (TR100, Ano 2040): 20,2%; e o menor ocorre no cenário C5 (TR100, Ano 2020): 18,8%.

O maior valor proporcional dos custos associados à realocação temporária da população afetada frente aos custos totais dos cenários de análise se dá no cenário C5 (TR100, Ano 2020): 17,8%; e o menor ocorre no cenário C20 (TR100, Ano 2040): 11,8%.

O maior valor proporcional dos custos associados aos serviços de saúde e de emergência frente aos custos totais dos cenários de análise se dá no cenário C5 (TR100, Ano 2020): 0,8%; e o menor ocorre no cenário C20 (TR100, Ano 2040): 0,5%.

3.3.7 Compilação total por habitante

Com o intuito de se ter uma noção da medida dos prejuízos econômicos e danos causados por um evento de cheia à população da RMGV, procedeu-se ao cálculo dos prejuízos estimados por habitante da RMGV para os 20 cenários de análise. A população considerada da RMGV tomou por base as projeções demográficas realizadas no âmbito do *P6.1 Tomo I – Capítulo 2.3*, em que se tomou a população nos setores censitários de 2010 como base e aplicou-se as taxas de crescimento populacional entre 2010 e os demais anos (2020, 2025, 2032 e 2040). A Tabela 27 apresenta os valores do prejuízo por habitante, para cada cenário analisado.

Tabela 27 – Prejuízo por habitante, por cenário.

Cenário	TR	Ano	Prejuízo total (R\$)	População RMGV	Prejuízo por habitante (R\$/hab.)
C1	5	2020	2.037.867.144	1.973.153	1.033
C2		2025	2.801.627.038	2.066.338	1.356
C3		2032	2.962.706.375	2.172.497	1.364
C4		2040	3.150.970.446	2.296.211	1.372
C5	10	2020	2.566.862.275	1.973.153	1.301
C6		2025	3.386.440.517	2.066.338	1.639
C7		2032	3.549.565.996	2.172.497	1.634
C8		2040	3.781.494.673	2.296.211	1.647
C9	25	2020	2.993.463.469	1.973.153	1.517
C10		2025	3.886.844.985	2.066.338	1.881

Cenário	TR	Ano	Prejuízo total (R\$)	População RMGV	Prejuízo por habitante (R\$/hab.)
C11		2032	4.135.452.038	2.172.497	1.904
C12		2040	4.403.386.364	2.296.211	1.918
C13	50	2020	4.712.193.757	1.973.153	2.388
C14		2025	4.675.379.184	2.066.338	2.263
C15		2032	4.952.299.330	2.172.497	2.280
C16		2040	5.264.209.476	2.296.211	2.293
C17		2020	5.349.274.732	1.973.153	2.711
C18	100	2025	5.613.717.164	2.066.338	2.717
C19		2032	5.951.677.244	2.172.497	2.740
C20		2040	6.336.774.512	2.296.211	2.760

Fonte: PDAU-RMGV (2021)

A Figura 16 mostra os valores do prejuízo por habitante de cada cenário de análise.

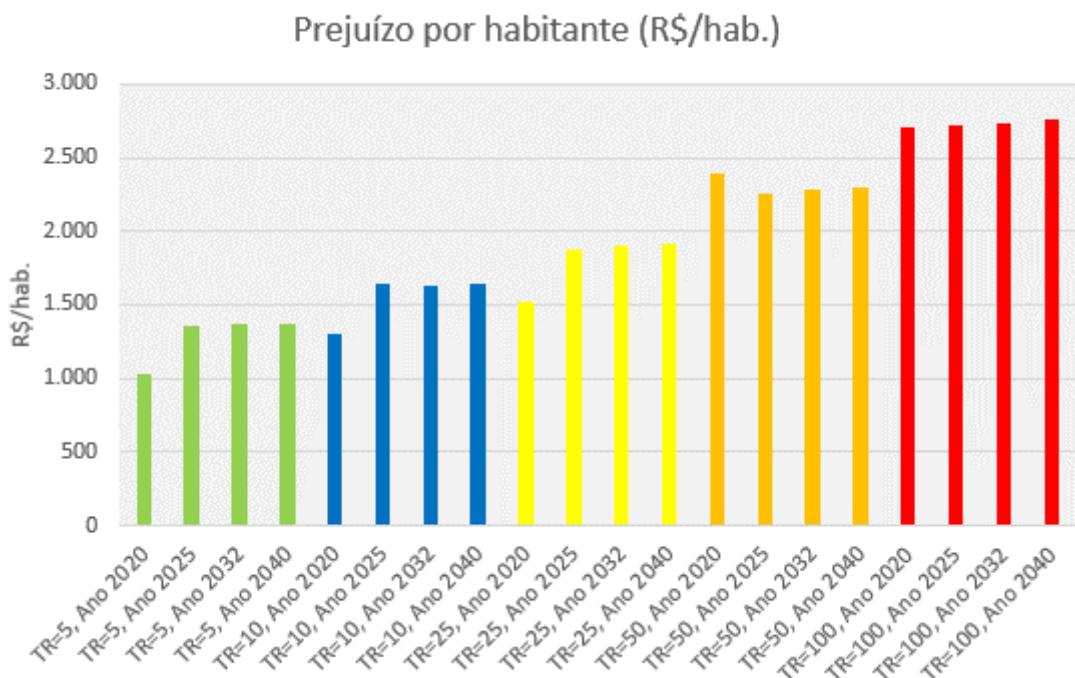


Figura 16 – Valor do prejuízo por habitante, por cenário .

Fonte: PDAU-RMGV (2021).

Constata-se que os valores dos prejuízos por habitante da RMGV variariam de cerca de R\$ 1.000/ hab. a até R\$ 2.760/hab. Tais valores, ainda que estimativos, fornecem uma medida dos potenciais danos à população decorrentes de um evento de cheia e servem para balizar as soluções de medidas estruturais ou não a serem propostas neste plano.

4 REFERÊNCIAS

ABEP. (2021). Critério de Classificação Econômica Brasil. Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa.

ABNT. (2006). *NBR 12.721: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios*. Rio de Janeiro.

ABNT. (2006). *NBR 12721/2006. Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento*.

B.M. Imam, M.K. Chryssanthopoulos. (2011). Causes and Consequences of Metallic Bridge Failures. Guildford, Reino Unido. Fonte: <http://epubs.surrey.ac.uk/795965/3/Causes%20and%20Consequences.pdf>

Banco Mundial. (2012). *Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Alagoas - Junho de 2010*. Brasília. Acesso em 2 de Out de 2021, disponível em <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Inundaes-Bruscas-em-Alagoas.pdf>

Banco Mundial. (2012). *Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Pernambuco - Junho de 2010*. Brasília. Acesso em 2 de Out de 2021, disponível em <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Inundaes-Bruscas-em-Pernambuco.pdf>

Banco Mundial. (2012). *Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Santa Catarina - Novembro de 2008*. Brasília. Acesso em 2 de Out de 2021, disponível em <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Inundaes-Bruscas-em-Santa-Catarina.pdf>

Banco Mundial. (2012). *Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - Janeiro de 2011*. Brasília. Acesso em 2 de Out de 2021, disponível em <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/InundacoeseDeslizamentosnaRegiaoSerranadoRiodeJaneiro.pdf>

Brasil. (7 de Dez de 1993). LEI N° 8.742, DE 7 DE DEZEMBRO DE 1993. Dispõe sobre a organização da Assistência Social e dá outras providências.

Brasil. (14 de Dez de 2007). DECRETO N° 6.307, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2007. Dispõe sobre os benefícios eventuais de que trata o art. 22 da Lei no 8.742, de 7 de dezembro de 1993.

Cançado, V. L. (2009). Consequências Econômicas das Inundações e Vulnerabilidade: Desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade. *Tese de Doutorado*, p. 394.

Cook, W. (2014). Bridge Failure Rates, Consequences, and Predictive. Utah, Estados Unidos. Fonte:

<https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.br/&httpsredir=1&article=3187&context=etd>

FIPE. (2021). *Preço Médio de Veículos*. Acesso em 9 de Nov de 2021, disponível em <https://veiculos.fipe.org.br/>

Green, C., Parker, D., & Tunstall, S. (Nov de 2000). Assessment of Flood Control and Management Options. *World Commission on Dams (WCD)*, p. 165.

IBGE. (2010). *Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE*. Fonte: <https://censo2010.ibge.gov.br/cnefe/>

IBGE. (2013). *Metodologia do Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro.

IBGE. (2016). *Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. Acesso em 8 de Jan de 2021, disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101625.pdf>

IBGE. (2021). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Acesso em 3 de Out de 2021, disponível em IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=o-que-e>

IBGE Cidades. (2020). *Frota de veículos*. Fonte: <https://cidades.ibge.gov.br/>

Machado, M. L. (2005). Curvas de Danos de Inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia – estudo de caso bacia do rio Sapucaí, Itajubá – MG. *Tese de Doutorado*, p. 217.

Marios CHRYSSANTHOPOULOS, Bouleent IMAM. (2012). *Modelling of Failure Consequences for Robustness Evaluation*. Guildford, Reino Unido. Fonte: <https://pdfs.semanticscholar.org/27c6/91075b00a694b40a20e50aa4c54868c5c8b6.pdf>

Meyer, V., Becker, N., Markantonis, V., & Schwarze, R. (2012). *Costs of Natural Hazards - A Synthesis*. Acesso em 26 de Fev de 2019, disponível em https://www.ufz.de/export/data/2/122169_CONHAZ_WP09_1_Synthesis_Report_final.pdf

Milograna, J. (2009). *Sistemática de Auxílio à Decisão para a Seleção de Alternativas de Controle de Inundações Urbanas*. Brasília.

Paraná, M. P. (2014). *Criança e Adolescente*. Acesso em 27 de Fev de 2019, disponível em Ministério Público do Paraná: <http://www.crianca.mppr.mp.br/pagina-1551.html>

Prefeitura de Criciúma. (30 de Jan de 2012). Projeto N° PE 7/2012. *Cria o Programa Bolsa Aluguel Social na forma que específica e dá outras providências*.

Prefeitura de Porto Alegre. (2014). *Aluguel Social*. Acesso em 27 de Fev de 2019, disponível em Prefeitura de Porto Alegre: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/demhab/default.php?p_secao=116



SINDUSCON-ES. (2020). *CUB/m² - NBR 12.721:2006 - DEZEMBRO/2020*. Acesso em 4 de Nov de 2021, disponível em http://www.sinduscon-es.com.br/v2/upload/512021142814_Tabela%20CBIC%20DEZEMBRO%202020.pdf