

# ÍNDICE DE VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PLANO DE ADAPTAÇÃO

## CIDADE DE FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ

### Caderno de Anexos



FACILIDADE DE INVESTIMENTO PARA A AMÉRICA LATINA  
AGÊNCIA FRANCESA DE DESENVOLVIMENTO (AFD)  
BANCO DE DESENVOLVIMENTO DA AMÉRICA LATINA (CAF)  
PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA (PMF)



**Prefeitura de  
Fortaleza**

Secretaria Municipal de  
Urbanismo e Meio Ambiente

## ANEXO 1

### Metodologia

A metodologia aplicada tem como fundamento os conceitos teóricos de risco e vulnerabilidade climática apresentados no próximo capítulo e aplicado ao contexto específico de Fortaleza.

#### Base conceitual

De acordo com o 5º Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC<sup>1</sup> 2014), as variáveis envolvidas para a avaliação do risco climático apresentam-se na figura seguinte.

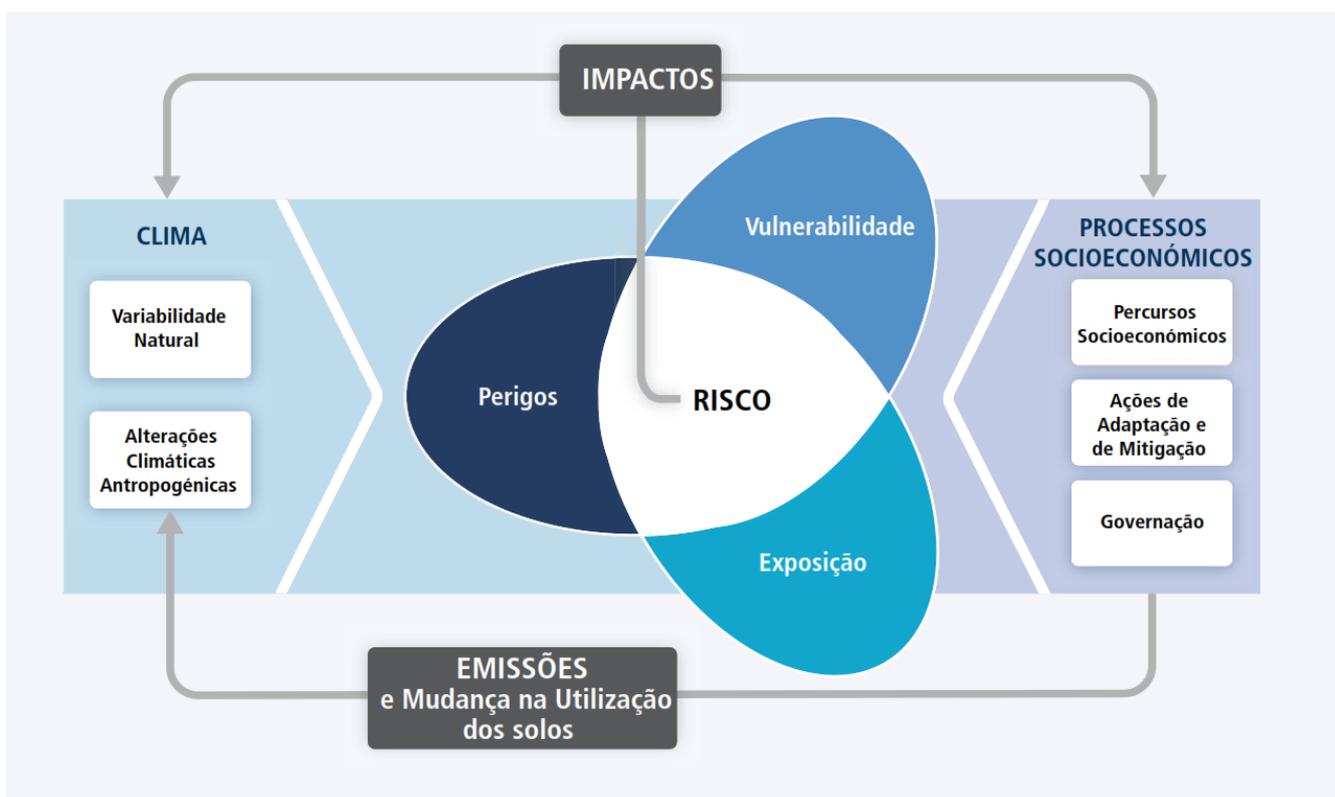


Figura 1: Diagrama das variáveis que influenciam os riscos climáticos  
Fonte: IPCC, 2014

O AR5 coloca o risco climático no centro da tomada de decisões relacionada às mudanças climáticas e se vê influenciado por diversas variáveis como mostrado na figura acima. O risco climático se determina pela relação entre os perigos, a exposição e a vulnerabilidade. O clima e as alterações climáticas impulsionam os perigos das mudanças climáticas, e os processos socioeconômicos influenciam de maneira transversais na vulnerabilidade e na exposição.

A definição das variáveis envolvidas na avaliação do risco climático é feita continuamente, as quais são apresentadas (IPCC, 2014):

<sup>1</sup> IPCC sigla em inglês do *Intergovernmental Panel on Climate Change*

- **Impacto:** Efeito no sistema das condições climáticas e eventos climáticos extremos e das alterações climáticas nos sistemas natural e humano. Os impulsionadores de impactos relacionados com o clima são:



Figura 2: Impulsionadores de impactos relacionados com o clima a nível global  
Fonte: IPCC, 2014

- **Risco:** A probabilidade de eventos ou tendências perigosas relacionados com as alterações climáticas com consequências onde algo de valor está em jogo e onde o resultado é incerto, reconhecendo a diversidade dos valores. O risco resulta da interação entre:
  - **Perigo:** Ocorrência potencial de um evento físico ou o efeito de uma alteração climática que possam causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos para a saúde ou danos nas propriedades, infraestruturas, meios de subsistência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos ambientais.
  - **Vulnerabilidade:** Propensão ou predisposição a ser afetado negativamente. A vulnerabilidade compreende uma variedade de conceitos e elementos que incluem:
    - **Sensibilidade:** Grau de impacto de um sistema de maneira adversa ou benéfica, relacionado com as variações do clima.
    - **Capacidade de adaptação:** Capacidade dos sistemas para se ajustarem ao clima real ou projetado e seus efeitos. Nos sistemas humanos, a adaptação tenta moderar ou evitar danos ou aproveitar as oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, a intervenção humana pode facilitar o ajuste ao clima projetado e seus efeitos.
  - **Exposição:** A presença de pessoas, modos de vida, espécies e ecossistemas, funções ou serviços ambientais e recursos, infraestrutura, elementos econômicos, sociais e culturais que poderiam ser afetados.
- **Clima, Alterações Climáticas:** Alteração do clima que persiste durante um longo período e que é originado por processos internos naturais (variabilidade natural) ou forçamento externo da atividade humana (alterações climáticas antropogênicas).
- **Processos Socioeconômicos:** Alterações nos processos socioeconômicos como as mudanças nos percursos socioeconômicos, as ações de adaptação e de mitigação e a governação dos impactos e dos riscos climáticos.

O risco climático depende, então, da exposição a um perigo específico, assim como da sensibilidade e da capacidade de adaptação. Dessa forma, para o cálculo do Índice de Risco Climático considera-se a fórmula seguinte:

$$IRC_x = \frac{E * S}{CA}$$

Onde,

- IRC<sub>x</sub> = Índice de Risco Climático para um perigo específico
- E = Exposição (a um perigo específico)
- S = Sensibilidade
- CA = Capacidade de adaptação

Os resultados obtidos com a aplicação desta fórmula para cada um dos perigos são à base da

avaliação do risco da cidade de Fortaleza, conforme descrito na sequência, passo a passo.

Cabe ressaltar que as combinações necessárias para os cálculos foram realizadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), pelo método da Álgebra de Mapas, o que garante a confiabilidade na aplicação dos cálculos.

## Aplicação da metodologia na cidade de Fortaleza

### Escopo do estudo

O escopo do estudo é definido pelos seguintes níveis:

- **Geográfico:** O estudo abrange toda a cidade de Fortaleza. Não integra a zona oceânica e possíveis impactos no oceano e suas características.

Considerando a heterogeneidade socioeconômica e fisiográfica do território de Fortaleza, a setorização adotada é a divisão por bairros.

A avaliação do risco climático também adota a divisão em bairros de Fortaleza para análise a partir do cruzamento das características fisiográficas (Exposição) com as informações socioeconômicas (Sensibilidade) e com informações de gestão do território (Capacidade de Adaptação).

- **Temporal:** O estudo abrange como período de referência de 2005 a 2015 para as análises de vulnerabilidade atual, além de projeções de cenários de 2040 e 2100. Para alguns dos dados não existem informações desde 2005, o que não permite que sejam comparáveis no período de 2005 até 2015. Nesse caso se aplicou os dados mais recentes.
- **Temático:** O estudo integra uma análise da cidade de Fortaleza e os impactos na infraestrutura e a população da cidade. As áreas de impacto consideradas são o desenvolvimento da cidade, a infraestrutura existente, a saúde da população, assim como fauna e flora de Fortaleza, os recursos hídricos e as áreas de conservação.

### Etapas do processo

O processo para determinar o risco climático de Fortaleza, incluindo a vulnerabilidade da cidade, divide-se em quatro etapas descritas nos seguintes parágrafos.

#### 1. Formação da Mesa Técnica

Para contribuir no processo de desenvolvimento dos estudos necessários ao Índice de Vulnerabilidade de Fortaleza foi composta uma Mesa Técnica formada por 30 especialistas de 24 diferentes instituições e da sociedade civil (ver Anexo 2). O processo de formação da Mesa Técnica contou com as indicações da prefeitura e escolha de profissionais mais experientes no tema.

A Mesa Técnica tem como objetivo primordial acompanhar o desenvolvimento do trabalho realizado pela equipe técnica, contribuindo com conteúdo que julgarem relevantes, mas também visando proporcionar um maior contato da equipe técnica com as instituições e organizações, facilitando assim a coleta de dados.

Esta mesa se reúne sempre que a equipe técnica considera necessário para disponibilizar informações, ou quando se faz necessária a validação de produtos desenvolvidos pela equipe técnica.

Assim, durante o projeto se desenvolveu as seguintes reuniões com a Mesa Técnica nas etapas importantes do projeto:

- 14 de março 2018: Primeira reunião da mesa técnica para a apresentação do projeto.
- 11 de maio 2018: Segunda reunião da mesa técnica para a apresentação da metodologia e da definição dos indicadores do estudo.
- 20 de junho 2018: Terceira reunião da mesa técnica com a apresentação do informe 1.
- 27 de novembro 2018: Quarta reunião da mesa técnica com a apresentação da versão final do informe 1 e 2.

A descrição detalhada sobre as reuniões com a Mesa Técnica, assim como as atas de reuniões, registros fotográficos e folhas de assinatura de todas as reuniões se encontram em documentos à parte denominados Cadernos de Subsídios.

## 2. Levantamento de dados

Com base no conceito de risco climático de Fortaleza procedeu-se a obtenção de dados, comparando-os e agregando-os para uma melhor leitura da realidade, podendo-se assim apontar cenários mais precisos e adaptados à realidade da cidade.

O estudo contou, portanto, com três formas de levantamento de dados:

- **Coleta de dados institucionais:** realizada junto as instituições e organizações com renomado conhecimento acerca do assunto. Os dados foram solicitados oficialmente às instituições (ver lista abaixo) elencadas pela equipe técnica e representantes da prefeitura (Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente – SEUMA). A equipe técnica se reuniu com os representantes das organizações, que também são aqueles que participam da mesa técnica, explicitando o que de mais importante deveria ser disponibilizado, garantindo assim a qualidade do material analisado. Os dados institucionais foram coletados das seguintes fontes de informação:
  - Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) - A CAGECE é a empresa de saneamento básico do estado brasileiro do Ceará com sede em Fortaleza.
  - Capitania dos Portos - Uma capitania do porto é um órgão de autoridade marítima junto de um determinado porto (Mucuripe), normalmente também exercendo jurisdição na área marítima envolvente ao mesmo.
  - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH).
  - Defesa Civil – responsável pelo conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas, destinadas a evitar ou minimizar os desastres naturais e os incidentes tecnológicos, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social.
  - GBFor - Empresa de consultoria em sustentabilidade do ambiente construído.
  - Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor) – O Iplanfor é uma autarquia municipal com o propósito de atuar na Geração do Conhecimento, Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas, Articulação do Planejamento Estratégico e Participativo e Fomento de Iniciativas Inovadoras.

- Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará (UFC) – Dedicado à pesquisa na área de engenharia de pesca.
- Departamento de Física, setor de Mudanças Climáticas da Universidade Estadual do Ceará (UECE) - Dedicado à pesquisa na área de física.
- Departamento de Planejamento Urbano da UFC - Dedicado à pesquisa na área de planejamento urbano.
- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) - é uma fundação de pesquisa brasileira mantida pelo governo do estado do Ceará. Existe desde 1974 e desenvolve estudos sobre a meteorologia e os recursos hídricos do estado.
- Jornal Diário do Nordeste - Jornal de circulação estadual com fatos e notícias sobre o Ceará e, por conseguinte, Fortaleza
- Jornal O POVO – Jornal de circulação estadual com fatos e notícias sobre o Ceará e, por conseguinte, Fortaleza
- Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos (SCSP) - A SCSP é responsável por planejar, coordenar, disciplinar, executar e orientar as políticas públicas de mobilidade urbana, trânsito, transporte público urbano, limpeza urbana e iluminação pública, regular as concessões de serviços públicos, coordenar a execução das atividades pertinentes ao Sistema Nacional de Metrologia; planejar, coordenar, controlar e monitorar as atividades de serviços urbanos do Município, zelando pelas áreas municipais.
- Secretaria Municipal da Infraestrutura (SEINF)– A SEINF é o órgão responsável pela elaboração e fiscalização de projetos de engenharia da prefeitura
- Secretaria do Estado do Meio Ambiente (Sema) – tem como responsabilidades elaborar, planejar e implementar a política ambiental do Estado; monitorar, avaliar e executar a política ambiental do Estado; promover a articulação interinstitucional de cunho ambiental nos âmbitos federal, estadual e municipal; propor, gerir e coordenar a implantação de Unidades de Conservação sob jurisdição estadual; coordenar planos, programas e projetos de educação ambiental; fomentar a captação de recursos financeiros através da celebração de convênios, ajustes e acordos, com entidades públicas e privadas, nacionais e internacionais, para a implementação da política ambiental do Estado; propor a revisão e atualização da legislação pertinente ao sistema ambiental do Estado; coordenar o sistema ambiental estadual; analisar e acompanhar as políticas públicas setoriais que tenham impacto ao meio ambiente; articular e coordenar os planos e ações relacionados à área ambiental; exercer outras atribuições necessárias ao cumprimento de suas finalidades nos termos do regulamento.
- Superintendência Estadual do Meio Ambiente (Semace) – autarquia vinculada à Sema, que tem a responsabilidade de executar a Política Ambiental do Estado do Ceará, e integra, como órgão seccional, o Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama).
- Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (Seuma) – tem por competência geral planejar e controlar o ambiente natural e o ambiente construído de Fortaleza.
- Autarquia de Urbanismo e Paisagismo de Fortaleza (URBFOR) – tem como finalidade executar as políticas públicas relacionadas à conservação e manutenção do ambiente natural do Município, com foco na arborização, paisagismo e manutenção da rede de drenagem natural da cidade.
- VERDELUZ – tem como missão suscitar o pensamento crítico e complexo acerca das

relações humanas com o ambiente, consigo mesmo e com seus semelhantes.

Parte das instituições atenderam prontamente as solicitações, enquanto algumas outras não disponibilizaram seus materiais, ainda que tenham se comprometido com a equipe. Contudo, não foram identificados quaisquer registros de projeções de cenários para Fortaleza, tampouco os planejamentos existentes incorporaram este fator como determinante nas análises.

Sobre os materiais recebidos é válido ressaltar que os planos, projetos e programas disponibilizados não apresentaram as mudanças climáticas como foco das análises, sendo, em alguns casos, mencionadas como fator de preocupação, como no caso do “Fortaleza 2040”.

- **Coleta de dados bibliográficos:** coube à equipe técnica rastrear dados bibliográficos disponíveis em sites oficiais de instituições que dialogam com o tema do estudo. Foram encontradas dissertações, teses, estudos exploratórios, dados compilados, gráficos, tabelas, índices, projeções, reportagens, dentre outros dados, possibilitando assim a construção de um histórico das mudanças climáticas na cidade e uma caracterização fiel do atual estado de vulnerabilidade de Fortaleza. Os documentos considerados neste estudo são listados na Bibliografia.
- **Oficinas participativas:** optou-se pela realização de oficinas participativas junto com a Mesa Técnica e a população. As oficinas têm como objetivo dar voz a população quanto a sua realidade, visto que as necessidades pontuais dos habitantes da cidade se dão no dia a dia, no convívio com as problemáticas recorrentes. Ao todo foram realizadas 2 oficinas, sendo que nas duas aplicou-se a matriz PEIR – Pressão, Estado, Impacto e Resposta.

### 3. Caracterização de Fortaleza

#### Caracterização climática

Para a caracterização da informação meteorológica histórica em Fortaleza foram utilizados os dados disponíveis para a estação meteorológica de Fortaleza do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET). Os dados disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) não estavam completos para todos os anos no quesito temperatura e, por isso, optou-se por usar os dados do INMET para ter a mesma base para todos os dados meteorológicos históricos.

As análises da informação meteorológica foram realizadas com base nas informações disponíveis para os anos de 1961 a 2017, de forma a identificar as tendências de longo prazo. As bases temporais das análises específicas para a temperatura e precipitação foram os anos de 1981 a 2010, permitindo a compatibilidade dos dados e informações para a modelagem dos cenários de mudanças climáticas.

Para a determinação das projeções de mudanças climáticas, se intentou receber informações locais dos expertos da Mesa Técnica. Depois de vários intentos de receber alguma informação específica sem resultado, se decidiu usar as informações disponíveis a nível internacional. Por isso realizou-se análises de séries temporais dos conjuntos de dados dos cenários climáticos existentes a nível internacional e usados para as previsões do IPCC no AR5. Para isso se usou os dados do KNMI Climate Explorer (ver sitio eletrônico <http://climexp.knmi.nl>), que integra diferentes modelos climáticos e permite a utilização das informações específicas para um lugar

determinado através das coordenadas geográficas. Se uso o dataset *CMIP5 (IPCC AR5 Atlas subset)* mais no KNMI Climate Explorer o dataset CORDEX usado em outros estudos não include informações para Brasil. O dataset CMIP5 é um modelo global que include vários modelos que permite selecionar datos, tablas de time series y mapas por coordenadas geográficos que permiten chegar a conclusões específicas para a cidade de Fortaleza.

Com base nessas variáveis se determinou os cenários de mudanças climáticas levando em conta os cenários RCP4.5 (cenário mediano) e RCP8.5 (cenário alto) e os períodos de 2035-2045 e 2071-2100 para os parâmetros de temperatura e precipitações para os quatro trimestres do ano. Isso permite interpretar as mudanças esperadas a nível climático para Fortaleza em relação às temperaturas, precipitações e secas.

As incertezas<sup>2</sup> dos cenários climáticos são representadas nas séries temporais e mapas conforme explicação a seguir:

- Séries temporais: Os gráficos das séries temporais apresentam as incertezas do modelo através dos gráficos de caixa, a direita da figura, que mostram os percentis 5, 25, mediana, 75 e 95 da distribuição da média dos 20 anos da série temporal. Isso inclui a variabilidade natural assim como a distribuição dos modelos. A Figura 3 ilustra a interpretação dos gráficos usados para apresentar os cenários climáticos.

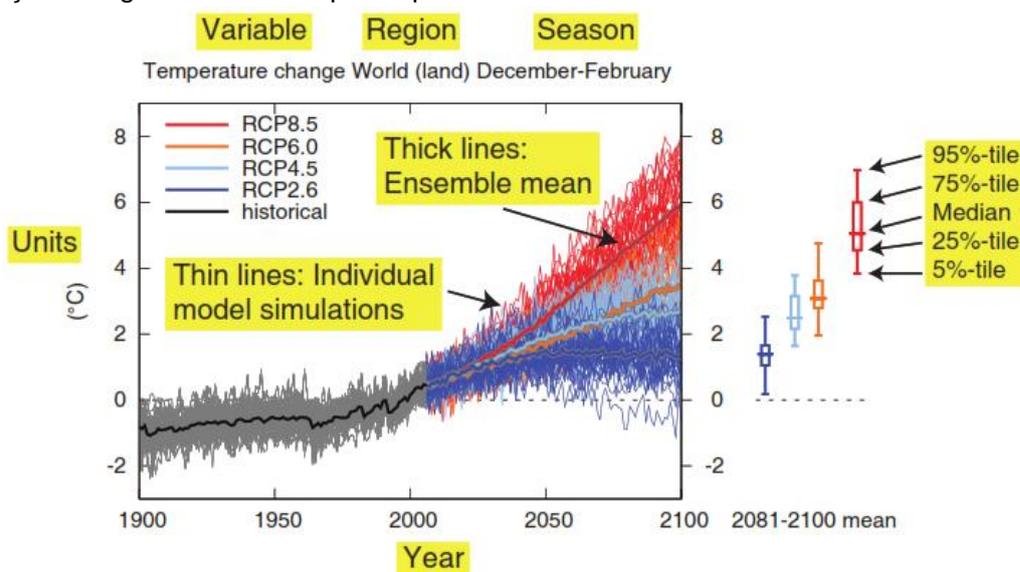


Figure AI.1 | Explanation of the features of a typical time series figure presented in Annex I.

Figura 3: Explicações das informações das séries temporais  
Fonte: IPCC, 2013b<sup>3</sup>

<sup>2</sup> O IPCC apresenta em detalhes as avaliações das incertezas no Anexo 1 do *Atlas of Global and Regional Climate Projections*, este documento encontra-se disponível em seu sítio eletrônico:

[http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_AnnexI\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_AnnexI_FINAL.pdf) nas páginas 1314 e 1316

<sup>3</sup> (Tradução do gráfico) Figura AI.1 – Explicação das características de um gráfico típico de séries temporais. Na parte superior traz as informações da variável, região e época analisadas, neste exemplo gráfico a variável analisada é a alteração na temperatura, a região é global (terrestre) e a época dezembro-fevereiro. O eixo x refere-se ao tempo, em anos. O eixo y refere-se à unidade de medida da variável analisada, que, no caso de alteração na temperatura, a unidade está em graus celsius (°C). As linhas representam os resultados obtidos para os diversos cenários analisados, sendo que as linhas finas representam as simulações individuais e as linhas grossas representam a média do conjunto. Na lateral direita é apresentada a análise estatística em forma de diagrama de blocos para um período definido, que neste exemplo é de 2081-2100. O diagrama de blocos traz as informações de mediana (traço central), 1º quartil (parte inferior do retângulo), 3º quartil (parte superior do retângulo), percentil 5 (traço inferior) e percentil 95 (traço superior).

— Mapas: Os mapas também incluem as incertezas inerentes aos cenários climáticos. As áreas hachuradas nos mapas indicam as áreas em que o cenário apresenta baixa confiança. Isso pode ser por uma mudança muito pequena nos cenários avaliados ou por modelos que resultaram em cenários muito divergentes. A Figura 4 ilustra a interpretação dos dados apresentados nos mapas.

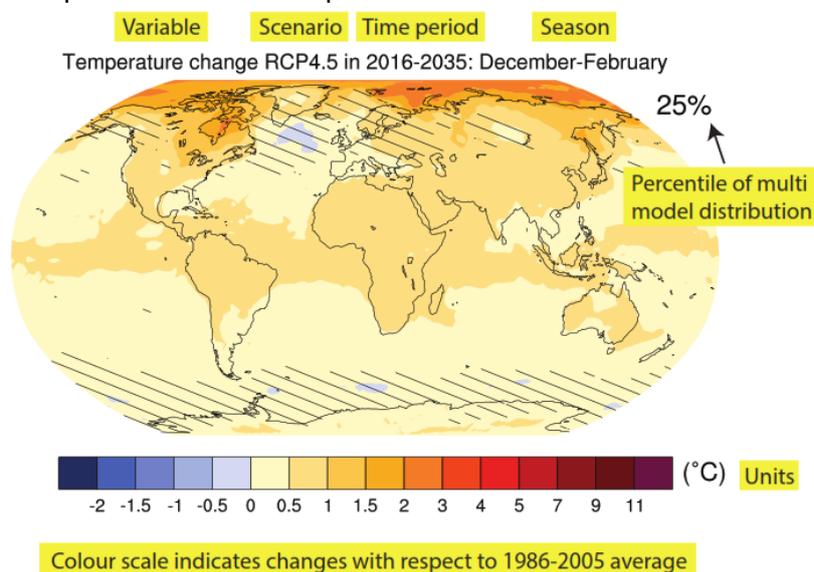


Figure A1.2 | Explanation of the features of a typical spatial map presented in Annex 1. Hatching indicates regions where the magnitude of the 25th, median or 75th percentile of the 20-year mean change is less than 1 standard deviation of model-estimated natural variability of 20-year mean differences.

Figura 4: Explicações das informações dos mapas.  
Fonte: IPCC, 2013b<sup>4</sup>

Com respeito ao aumento do nível do mar, houve a tentativa de obter informações locais com os especialistas da Mesa Técnica. Depois de várias tentativas de receber alguma informação específica, porém sem resultado, optou-se por usar as informações disponíveis a nível regional e internacional. Desta forma, foram utilizadas as informações do IPCC e da Universidade Federal do Ceará (UFC).

### Caracterização das condições atuais

Com as informações coletadas a partir das etapas citadas acima, a equipe técnica construiu uma leitura da realidade atual da cidade de Fortaleza, através de mapas, gráficos, tabelas, textos e imagens, demonstrando a evolução da cidade nesses aspectos e apontando seus riscos e vulnerabilidades passados e atuais, o que também permite a projeção dos riscos e da vulnerabilidade futura.

Para a caracterização do município de Fortaleza foram aferidos e descritos um total de 11 indicadores para 3 variáveis a saber: Exposição, Sensibilidade e Capacidade de Adaptação:

- **Exposição:** Os indicadores de exposição refletem as características territoriais da zona de estudo, incluindo os antecedentes históricos de eventos climáticos ocorridos, sendo eles:

<sup>4</sup> (Tradução do mapa) Figura A1.2 – Explicação das características de um mapa típico de espacialização de uma variável. Na parte superior do mapa são apresentados a variável, o cenário, o período de tempo e a época analisados, neste exemplo gráfico a variável é a alteração na temperatura, o cenário retratado é o RCP4.5, o período de 2016-2035 e a época de dezembro-fevereiro. A porcentagem apresentada no canto superior direito refere-se ao percentil dos dados representado no mapa. As cores demonstram a graduação das mudanças esperadas para a variável analisada em relação à média do período de 1986-2005, que neste caso representam o gradiente de alteração da temperatura, sendo apresentada em graus celsius (°C).

1. Áreas historicamente afetadas por desastres climáticos (E1);
2. Infraestrutura hídrica (E2);
3. Áreas verdes protegidas (E3);
4. Áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira (E4);
5. Taxa de atendimento da rede de esgotamento sanitário (E5).

— **Sensibilidade:** Os indicadores de sensibilidade trazem informações que refletem questões socioeconômicas relevantes e que poderão agravar os efeitos climáticos futuros na cidade, sendo eles:

1. Densidade demográfica (S1);
2. IDH por bairros (S2);
3. Zona Especial de Interesse Social – ZEIS (S3).

Cabe ressaltar que as ZEIS são áreas definidas pelo Plano Diretor e Lei de Uso e Ocupação do Solo da cidade.

— **Capacidade de adaptação:** Os indicadores de capacidade de adaptação fornecem informações sobre os instrumentos que o município tem para gerenciar e se preparar para potenciais impactos climáticos futuros. Os indicadores consideram as ferramentas e os sistemas de planejamento e gestão preventiva atualmente em execução, conforme listado a seguir:

1. Ações de planos de manejo de unidades de conservação e áreas verdes em execução para o perigo Aumento da temperatura (CA1);
2. Projetos de captação de fontes alternativas de abastecimento em execução para o perigo Secas (CA2);
3. Projetos de Drenagem e/ou contenção de cheias em execução para o perigo Chuvas Extremas (CA3);
4. Projetos de contenção do avanço do mar em execução para o perigo Elevação do Nível do Mar (CA4).

Entende-se que estes indicadores cobrem os diversos aspectos específicos de Fortaleza e incluem também os diferentes fatores definidos pelo IPCC no AR5 no tocante aos riscos oriundos das alterações climáticas.

Vale ressaltar que as justificativas técnicas para cada um dos indicadores podem ser encontradas no Anexo 3.

#### 4. Risco e Vulnerabilidade de Fortaleza

Com base na caracterização e considerando as especificidades e condições locais de Fortaleza, foi possível identificar para cada perigo relevante o risco climático atual e futuro em relação às variáveis da exposição, sensibilidade e da capacidade de adaptação. Para a situação futura adota-se:

- Cénario climático: RCP 8.5 como o cenário mais pessimista e permita a adaptação os impactos mais importantes estimados e resultar em uma resiliência máxima da cidade.
- Horizonte temporais: 2040 por que existe o trabalho de Fortaleza 2040 que permite usar sinergias e integrar os resultados no planejamento das atividades do projeto de Fortaleza 2040.

A Figura 5, baseada na abordagem do WG II, AR5, IPCC 2014, indica a lógica metodológica

levando em conta as caracterizações e seus indicadores respectivos.

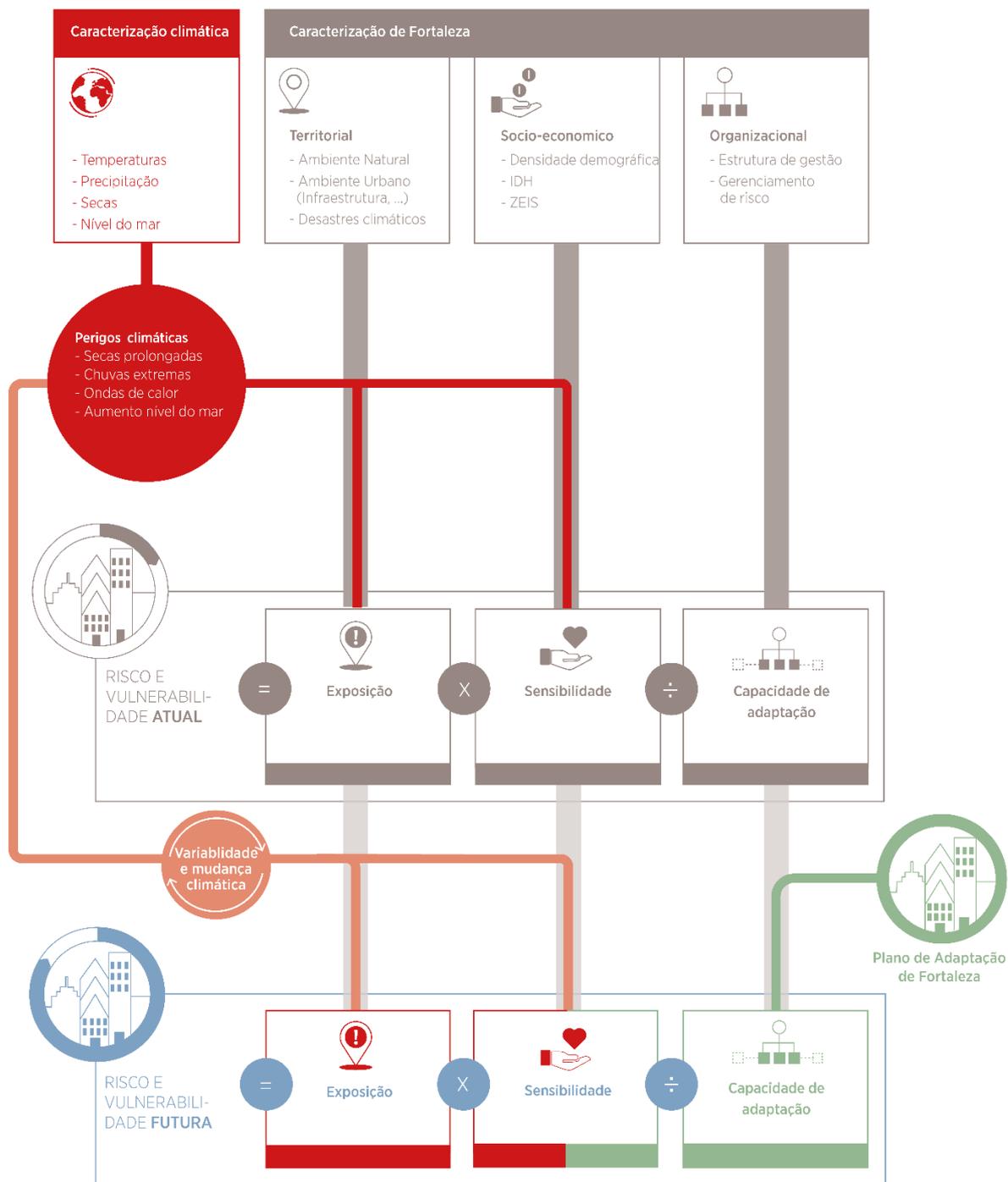


Figura 5: Lógica de cálculo do risco climático para Fortaleza. Fonte: Elaboração Própria.

### Cálculo do Índice de Risco Climático Atual

- **Identificação dos perigos**

Com base nas informações climáticas de Fortaleza pode-se excluir os seguintes impulsionadores:

- Cobertura de neve: Fortaleza não está em uma zona de neve e, por consequência, esse impacto não é considerado nas análises de risco e vulnerabilidade.

— Acidificação do oceano: O estudo de risco e vulnerabilidade de Fortaleza se enfoca no território da cidade (parte terrestre) e se excluem as alterações no oceano.

— Fertilização por dióxido de carbono: O estudo de risco e vulnerabilidade de Fortaleza se enfoca na cidade e se excluem as alterações no setor de agricultura.

Com base nas informações pesquisadas para Fortaleza se pôde identificar a relevância dos diversos impactos e suas áreas de impacto, conforme descrito a seguir:

- Desenvolvimento da cidade: Isso inclui o planejamento e a evolução da cidade;
- Infraestrutura: inclui a infraestrutura de transporte, hídrica, de saúde e educacional;
- Saúde: inclui a saúde humana e dos animais;
- Recursos hídricos e disponibilidade de água;
- Unidades de conservação: inclui as áreas verdes protegidas.

Para cada impulsionador de impacto e área de impacto se determinou a relevância para a situação específica de Fortaleza, conforme apresentado a seguir:

| Impulsionadores de Impactos               | Tendência de Aquecimento | Temperatura externa (ondas / ilhas de calor) | Tendência de seca | Alterações na precipitação | Precipitação extrema | Aumento do nível do mar | Tornado / Ventos Fortes |
|---|--------------------------|--|-------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Area de impacto                           |                          |  |                   |                            |                      |                         |                         |
| <b>Desenvolvimento da cidade</b>          | baixa relevância         | baixa relevância                             | media relevância  | media relevância           | media relevância     | alta relevância         | baixa relevância        |
| <b>Infraestrutura</b>                     | baixa relevância         | baixa relevância                             | media relevância  | alta relevância            | alta relevância      | media relevância        | baixa relevância        |
| <b>Saúde</b>                              | baixa relevância         | media relevância                             | media relevância  | media relevância           | alta relevância      | baixa relevância        | baixa relevância        |
| <b>Hídricos e disponibilidade de água</b> | media relevância         | baixa relevância                             | alta relevância   | alta relevância            | media relevância     | baixa relevância        | baixa relevância        |
| <b>Unidades de conservação</b>            | media relevância         | baixa relevância                             | baixa relevância  | baixa relevância           | media relevância     | media relevância        | baixa relevância        |

Figura 6 - Matriz de impactos e área de impacto da cidade de Fortaleza. Fonte: Elaboração Própria

Para a determinação do risco e da vulnerabilidade de Fortaleza se determinou os impulsionadores de impactos que foram identificados de média e alta relevância, sendo eles:

- Tendência de aquecimento
- Temperatura extrema (ondas / Ilhas de calor)
- Tendência de seca
- Precipitação

- Precipitação extrema
- Aumento do nível do mar

Vale ressaltar que a matriz de relevância foi estabelecida junto aos expertos da Mesa Técnica. A partir da definição da matriz foi possível definir os perigos pertinentes para a cidade de Fortaleza, que são:

- **Aumento da Temperatura:** A tendência de aquecimento e as temperaturas extremas podem causar alterações na saúde das pessoas da cidade, especialmente da população vulnerável. Também pode causar danos aos ecossistemas e biodiversidade, além dos recursos hídricos e das áreas preservadas;
- **Secas prolongadas:** As secas são identificadas como um perigo importante em Fortaleza, impactando tanto pelas tendências de seca como da mudança no regime de precipitações. As secas podem causar alterações nos meios de subsistência e na disponibilidade de água na cidade. Também tem consequências para a saúde, infraestrutura e o desenvolvimento da cidade.
- **Chuvas extremas:** A mudança no regime de precipitações poderá resultar em uma maior incidência de chuvas extremas. As chuvas extremas oferecem um perigo importante na infraestrutura e no desenvolvimento da cidade, na vida e saúde das pessoas, assim como nos recursos hídricos. Também tem um impacto nos recursos ambientais como as unidades de conservação e a biodiversidade.
- **Elevação do nível do mar:** O aumento do nível do mar oferece perigo principalmente no desenvolvimento da cidade e da infraestrutura nas áreas próximas ao litoral, além de algumas unidades de conservação, manguezais e sua biodiversidade.

Esses quatro perigos e seus impactos são integrados nas avaliações do Risco e Vulnerabilidade da cidade de Fortaleza conforme apresentado a seguir.

#### • Cálculo da Exposição

A partir do conceito de cálculo de risco e vulnerabilidade e com a definição dos perigos e seus impactos, foram construídos os mapas referentes à Exposição em relação a cada um destes perigos.

Para isso, considerando os dados disponíveis para o Município de Fortaleza, bem como análises cartográficas referentes aos indicadores no território, adotou-se uma abordagem quantitativa onde foram atribuídos pesos aos indicadores conforme tabela a seguir.

Tabela 1 - Indicadores de Exposição e seus respectivos Pesos

| INDICADORES DE EXPOSIÇÃO   | CONDIÇÃO | PESO |
|--|----------|------|
| Áreas historicamente afetadas por desastres climáticos (E1)<br><i>O bairro tem registro histórico de desastres climáticos (inundações, deslizamentos, enchentes, dentre outros)?</i> | Sim      | 2    |
|  | Não      | 1    |
| Infraestrutura hídrica (E2)<br><i>O bairro conta com rede regular de abastecimento de água?</i>  | Sim      | 1    |
|  | Não      | 2    |
| Áreas verdes protegidas (E3)<br><i>O bairro conta com ambiente natural (áreas verdes, dunas, lagoas) preservado?</i>   | Sim      | 1    |
|  | Não      | 2    |

|  |     |   |
|--|-----|---|
| Áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira (E4)<br><i>O bairro tem interface direta com o mar, estuários ou foz de rio?</i> | Sim | 2 |
|  | Não | 1 |
| Infraestrutura de saneamento (E5)<br><i>O bairro conta com rede regular de esgotamento sanitário?</i>                              | Sim | 1 |
|  | Não | 2 |

Fonte: Elaboração Própria

O estabelecimento destes pesos propiciou o cruzamento das informações dos indicadores de natureza distintas, bem como evidenciou as diferenças existentes no território em relação a cada um dos impactos.

Uma vez que as exposições são distintas, a depender do impacto analisado, o próximo passo foi identificar os indicadores diretamente afetados por cada um dos impactos, e realizar o cruzamento entre os seus pesos correspondentes em ambiente SIG, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela 2 - Cruzamento dos pesos dos indicadores de acordo com cada um dos impactos

| Indicadores de Exposição                               |    | Exposição ao Aumento da Temperatura | Exposição as Chuvas Intensas     | Exposição as Secas prolongadas   | Exposição a Elevação do Nível do Mar |
|--|----|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Áreas historicamente afetadas por desastres climáticos | E1 | (E2) * (E3 <sup>2</sup> ) * (E5)    | (E1 <sup>2</sup> ) * (E3) * (E5) | (E2 <sup>2</sup> ) * (E3) * (E5) | (E3) * (E4 <sup>2</sup> ) * (E5)     |
| Infraestrutura hídrica                                 | E2 |                                     |                                  |                                  |                                      |
| Áreas verdes protegidas                                | E3 |                                     |                                  |                                  |                                      |
| Áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira      | E4 |                                     |                                  |                                  |                                      |
| Infraestrutura de saneamento                           | E5 |                                     |                                  |                                  |                                      |

Fonte: Elaboração Própria

Com a realização da operação algébrica entre os pesos dos indicadores (que variavam entre 1 ou 2), os resultados obtidos variam em uma faixa entre 1 e 16, uma vez que foi atribuído “peso ao quadrado” para os indicadores mais relevantes de acordo com o perigo analisado. Por exemplo, para o perigo do Aumento da Temperatura foi atribuído “peso ao quadrado” para o indicador E3 – Áreas verdes protegidas, devido a importância da cobertura vegetal para o perigo em análise.

Uma vez realizadas as operações algébricas em ambiente SIG, obteve-se como resultado os índices de Exposição para cada um dos perigos (na faixa 1-16) e para representar espacialmente, esses valores foram subdivididos em 03 faixas proporcionalmente distribuídas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Representação cartográfica da Exposição de Fortaleza às mudanças climáticas

| Representação cartográfica |     |     |     |     | Faixa   | Índice |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|--------|
| <b>Baixa Exposição</b>     | (1) | (2) | (3) | (4) | 1 – 5   | 1      |
| <b>Média Exposição</b>     | (1) | (2) | (3) | (4) | 6 – 10  | 2      |
| <b>Alta Exposição</b>      | (1) | (2) | (3) | (4) | 11 – 16 | 3      |

Nota: <sup>(1)</sup> – Aumento de temperatura | <sup>(2)</sup> – Secas prolongadas | <sup>(3)</sup> – Chuvas extremas | <sup>(4)</sup> – Elevação do nível do mar. Fonte: Elaboração Própria

- **Cálculo da Sensibilidade**

Para o cálculo da Sensibilidade foi aplicada a mesma lógica, porém, por se tratar de indicadores socioeconômicos, eles se aplicam igualmente a todos os impactos e, portanto, foi construído um único mapa de Sensibilidade. Cabe ressaltar a escolha do Indicador “ZEIS” por se tratarem de Zonas Especiais de Interesse Social cujo mapeamento evidencia as áreas mais sensíveis da cidade somado a um contexto de agravamento do ponto de vista socioeconômico.

Também devido à natureza diferente de cada um dos indicadores foi estabelecido um peso para ponderação de cada um dos indicadores de Sensibilidade, variando de 1 a 3 para os indicadores S1 e S2 e variando de 1 a 2 para o indicador S3, conforme apresentado a seguir.

Tabela 4 - Indicadores de Sensibilidade e seus respectivos Pesos

| INDICADORES DE SENSIBILIDADE | CONDIÇÃO                          | PESO |
|------------------------------|-----------------------------------|------|
| Densidade Demográfica (S1)   | < 100 hab/km <sup>2</sup>         | 1    |
|                              | > 101 e < 200 hab/km <sup>2</sup> | 2    |
|                              | > 200 hab/km <sup>2</sup>         | 3    |
| IDH por Bairro (S2)          | < 0,5                             | 3    |
|                              | = 0,5 e < 0,7                     | 2    |
|                              | > 0,7                             | 1    |
| ZEIS                         | Sim                               | 2    |
|                              | Não                               | 1    |

Fonte: Elaboração Própria

Com o estabelecimento destes pesos foi possível realizar o cruzamento das informações dos indicadores de natureza distintas, bem como evidenciar as diferenças existentes no território de modo a compor uma base de dados em ambiente de SIG, cujo cálculo se deu a partir da operação descrita na sequência.

Tabela 5 - Operação entre indicadores de sensibilidade

| Indicadores de Sensibilidade |    | Cálculo da Sensibilidade |
|------------------------------|----|--------------------------|
| Densidade Demográfica        | S1 | (S1) * (S2) * (S3)       |
| IDH por Bairros              | S2 |                          |
| ZEIS                         | S3 |                          |

Fonte: Elaboração Própria

Com a realização da operação algébrica entre os indicadores, os resultados variaram entre 1 a 18. Para representá-los cartograficamente, os resultados foram distribuídos em três níveis de Sensibilidade, a partir de uma divisão em três faixas distribuídas proporcionalmente, conforme apresentado a seguir.

Tabela 6 - Representação cartográfica da Sensibilidade de Fortaleza às Mudanças Climáticas

| Representação cartográfica | Faixa  | Índice |
|----------------------------|--------|--------|
| <b>Baixa Sensibilidade</b> | 1 – 6  | 1      |
| <b>Média Sensibilidade</b> | 7 – 12 | 2      |

|                           |         |   |
|---------------------------|---------|---|
| <b>Alta Sensibilidade</b> | 13 - 18 | 3 |
|---------------------------|---------|---|

Fonte: Elaboração Própria

### • Cálculo da Capacidade de Adaptação

O processo de cálculo da Capacidade de Adaptação de Fortaleza passou por algumas modificações em razão da cidade não possuir medidas planejadas ou em execução no tocante à adaptação às mudanças climáticas.

Inicialmente havia a previsão de verificação de quatro indicadores, sendo cada um deles correspondente a um perigo específico. Como a cidade não possuía tais indicadores, a segunda alternativa foi verificar aspectos institucionais de gestão e financeiros, com a intenção de aproveitar planos, projetos e medidas que pudessem ser potencializados enquanto futura capacidade de adaptação. Porém, ainda havia o desafio de incorporar estas informações no cálculo do índice de Risco e Vulnerabilidade, especialmente por se tratar do fator de divisão da fórmula do Índice de Risco Climático.

Diante disso, do ponto de vista matemático, a alternativa foi estabelecer coeficientes para a divisão, conforme apresentado a seguir.

Tabela 7 – Indicador de Capacidade de Adaptação e seus respectivos pesos

| Situação verificada por perigo  | Status | Coeficiente de Divisão na Fórmula | Justificativa  |
|---|--------|-----------------------------------|--|
| Os Planos, projetos, medidas atuais ajudarão em casos de eventos extremos pontuais ou situações atípicas no presente? | Sim    | 1,5                               | Não se trata de uma medida de adaptação às mudanças climáticas, mas possui potencial para reduzir um pouco o índice de risco e vulnerabilidade |
|   | Não    | 1                                 | Não se trata de uma medida de adaptação às mudanças climáticas, e não possui potencial para reduzir o índice de risco e vulnerabilidade        |

Fonte: Elaboração Própria

A capacidade de adaptação se aplica igualmente a todos os impactos e, portanto, foi construído um único mapa de Capacidade de Adaptação.

### • Cálculo do Índice de Risco Climático Atual

Para o cálculo do Risco Climático Atual aplicou-se a Álgebra de Mapas por meio da fórmula:

$$IRC_x = \frac{E * S}{CA}$$

Onde,

- IRC<sub>x</sub> = Índice de Risco Climático para um perigo específico
- E = Exposição (a um perigo específico)
- S = Sensibilidade (constante para os perigos analisados)
- CA = Capacidade de adaptação (constante para os perigos analisados)

Com a realização da operação algébrica variaram entre 1 a 27. Para representá-los cartograficamente essa faixa de valores foi dividida proporcionalmente em três categorias, correspondentes aos índices de risco climático para cada um dos perigos conforme

apresentado a seguir.

Tabela 8 - Representação cartográfica dos Índices de Risco Climático para um perigo específico

| Representação cartográfica   | Faixa   | Índice |
|------------------------------|---------|--------|
| <b>Baixo Risco Climático</b> | 1 – 9   | 1      |
| <b>Médio Risco Climático</b> | 10 – 18 | 2      |
| <b>Alto Risco Climático</b>  | 19 - 27 | 3      |

Fonte: Elaboração Própria

Assim resultam quatro mapas de Risco Climático **para cada perigo**.

A combinação dos quatro mapas de Risco Climático de Fortaleza, referentes a cada perigo, resulta em um mapa de Risco Climático Global para Fortaleza, cuja representação do índice foi registrada como de 1 a 5, conforme indicado a seguir.

Tabela 9 - Representação cartográfica dos Índices de Risco Climático da cidade de Fortaleza

| Representação cartográfica                     | Índice |
|--|--------|
| <b>Baixo Índice de Risco Climático</b>         | 1      |
| <b>Baixo a Médio Índice de Risco Climático</b> | 2      |
| <b>Médio Índice de Risco Climático</b>         | 3      |
| <b>Médio a Alto Índice de Risco Climático</b>  | 4      |
| <b>Alto Índice de Risco Climático</b>          | 5      |

Fonte: Elaboração Própria

#### • **Cálculo do Índice de Risco Climático Futuro**

O cálculo do Índice de Risco Climático Futuro parte do Índice de Risco Climático Atual e agrega o componente dos processos socioeconômicos e a variabilidade climática a longo prazo.

Para o Cálculo do Índice de Risco Climático Futuro foi aplicada a mesma metodologia, porém com a incorporação das variáveis de projeção, a saber:

- Para a Exposição são acrescentados aos perigos os valores percentuais de projeções climáticas, utilizando os mesmos indicadores do cálculo do risco atual.

A variável de Exposição recebe acréscimos seguindo as projeções climáticas do indicador específico para cada perigo avaliado. As projeções climáticas consideram como horizonte temporal o ano de 2040 e considera-se o cenário RCP8.5.

- Para a Sensibilidade são acrescentados aos cálculos as projeções da densidade demográfica utilizadas no cálculo do risco atual. As projeções deste indicador existem até 2030, então se extrapolou o valor linearmente até 2040. Para os demais indicadores (IDH e ZEIS) não existem previsões ao longo prazo e por isso foi assumido que não há mudanças nestes indicadores.
- Para a Capacidade de Adaptação são acrescentadas as informações oriundas dos projetos estabelecidos no Fortaleza 2040, considerando sua respectiva distribuição geográfica.

A combinação dessas variáveis permite o estabelecimento do Índice de Risco Climático futuro para Fortaleza.

- **Definição dos *Hotspots***

Tomando como base o Mapa de Índice Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas, onde são cruzadas todas as variáveis de risco em relação aos quatro perigos, foi possível a identificação dos *hostpots*, ou seja, os pontos do território onde há mais riscos em relação ao total de perigos, sendo eles representados pelas áreas em vermelho (5 - Alta Vulnerabilidade).

## ANEXO 2

### Participantes da mesa técnica

| INSTITUIÇÃO    | ESPECIALIDADE TÉCNICA                       | REPRESENTANTE                                 |
|----------------|---|---|
| SEUMA          | Política Ambiental                          | Edilene Oliveira                              |
| COGERH         | Segurança Hídrica                           | Débora Rios<br>Bruno Rebouças                 |
| DEFESA CIVIL   | Áreas de risco                              | Francisco Cristiano Ferrer                    |
|                | Áreas de risco                              | Saulo Aquino V. Silva                         |
|                | Áreas de risco                              | Roger Barreto                                 |
| FUNCEME        | Meteorologia                                | Margareth Sílvia Benício de Souza<br>Carvalho |
| GBFOR          | Construções sustentáveis                    | Márcio Rios                                   |
| IPLANFOR       | Urbanismo                                   | Francisca Dalila de Menezes                   |
| LABOMAR        | Dinâmica Costeira                           | Lidriana de Souza<br>Marcelo Moro             |
| PESCA UFC      | Segurança alimentar                         | Raimundo Nonato de Lima                       |
| PORTO MUCURIPE | Gestão Portuária                            | Joaquim Bento Cavalcante Jr.                  |
| SEINF          | Infraestrutura                              | Lourdes Fiuza                                 |
| SCSP           | Mobilidade                                  | Mariana Gomes                                 |
|                | PAITT                                       | Sued Lacerda                                  |
| SEMA           | Área técnica                                | Magda Marinho                                 |
| UECE           | Mudanças Climáticas - Física                | Alexandre Araújo Costa                        |
| URBFOR         | Gestão de parques e áreas verdes            | Regis Tavares                                 |
| CONSULTOR      | Mudanças Climáticas - Engenharia            | Ghislain Favé                                 |
| CONSULTOR      | Geologia                                    | Gustavo Amorim Studart Gurgel                 |
| IFCE           | Planejamento Urbano                         | Rossana Barros Silveira                       |
| CONSULTOR      | Energia                                     | Expedito José de Sá Parente                   |
| SEMACE         | Licenciamento                               | Marcelo Diogo Rodrigues                       |
| BFA            | Economia do Mar                             | Célio Fernando Bezerra Melo                   |
| UFC            | Planejamento Urbano e clima                 | Dra. Maria Elisa Zanella                      |
| UFC            | Segurança Hídrica                           | Francisco de Assis de Souza                   |
| UFC            | Biodiversidade                              |   |
| VERDELUZ       | Direito Ambiental e Tratados Internacionais | Beatriz Azevedo de Araújo                     |
| CONSULTOR      | Turismo                                     | Anya Ribeiro                                  |

|        |                   |                         |
|--------|-------------------|-------------------------|
| CAGECE | Segurança Hídrica | Jackeline Sales de Melo |
|--------|-------------------|-------------------------|

## ANEXO 3

### Indicadores para avaliação da exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação

| Id. | Nome do Indicador                                      | Justificativa   | Fontes de Informação  |
|-----|--|---|---|
| E1  | Áreas historicamente afetadas por desastres climáticos | Impacto relacionado ao histórico de desastres. (Quanto mais áreas e famílias são afetadas, mais alto é o risco climático)   | Defesa Civil de Fortaleza   |
| E2  | Infraestrutura hídrica                                 | Verificação do aspecto segurança hídrica, intensificada com o contexto climático. (Quanto mais fontes de água existem no território, mais baixo é o risco climático)  | Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece)  |
| E3  | Áreas verdes protegidas                                | Áreas verdes preservadas contribuem para o controle e amenização do microclima no meio urbano e especialmente nos tempos de ondas de calor. (Quanto mais áreas verdes existem no território, menor o risco climático)     | Prefeitura Municipal de Fortaleza (Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente / Instituto de Planejamento de Fortaleza)<br><br>Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA) |
| E4  | Áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira      | Áreas com maior proximidade da linha costeira requerem atenção especial quanto ao processo de elevação do nível do mar. (Quanto mais próximo do mar, maior o risco climático).  | Prefeitura Municipal de Fortaleza (Projeto Orla e Fortaleza 2040)   |
| E5  | Taxa de atendimento da rede de esgotamento sanitário   | Uma vez afetada por processos de intrusão marinha (efeito agravado pela elevação do nível do mar), um dos primeiros indícios é a emersão dos efluentes. (Quanto mais redes existem no território menor o risco climático) | Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece)  |



| Id. | Nome do Indicador                                 | Justificativa  | Fontes de informação                                |
|-----|---|--|---|
| S1  | Densidade populacional                            | Áreas geográficas com maior adensamento poderão ter maiores dificuldades de evasão em caso de desastres climáticos e de impactos climáticos, como ondas de calor. (Quanto maior a densidade populacional da área, maior o risco climático) | Prefeitura Municipal de Fortaleza / Fortaleza 2040  |
| S2  | Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) | Conjunto de indicadores socioeconômicos como fator de sensibilidade. (Quanto mais alto o IDHM, mais baixo é o risco climático)   | Prefeitura Municipal de Fortaleza / Fortaleza 2040  |
| S3  | Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS        | Indicador que demonstra as áreas mais críticas e de condições mais precárias. (Quanto mais áreas estabelecidas como ZEIS, maior o risco climático)   | Prefeitura Municipal de Fortaleza / IPLANFOR (2015) |

Para os indicadores de Capacidade de Adaptação, cabe ressaltar que como Fortaleza não possui medidas de planejamento especificamente voltadas para adaptação e/ou resiliência à riscos relacionados às mudanças climáticas, foi necessário mapear e estabelecer indicadores tomando como base planos, projetos e ações hoje já existentes no território.

| Id. | Nome do Indicador   | Perigo Específico      | Justificativa   |  |
|-----|---|------------------------|---|--|
| CA1 | Ações de planos de manejo de unidades de conservação e áreas verdes em execução | Aumento da Temperatura | Entende-se que a existência de áreas verdes é grande responsável pela amenização do microclima local, e uma vez que estas áreas possuam planos de manejo, existe uma maior possibilidade de continuarem preservadas nos próximos anos.  | Prefeitura Municipal de Fortaleza / Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente Fortaleza 2040 |
| CA2 | Projetos de captação de fontes alternativas de abastecimento em execução        | Secas                  | Apesar de ter uma taxa de cobertura de rede regular de abastecimento de 98%, quase toda a água de Fortaleza vem de um reservatório que atualmente está com 6% de sua capacidade, havendo, portanto, uma grande insegurança hídrica. Assim, entende-se que as áreas onde existe potencial para captação de águas subterrâneas possui uma melhor capacidade de adaptação. | Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH   |

| Id. | Nome do Indicador   | Perigo Específico        | Justificativa   |   |
|-----|---|--------------------------|---|---|
| CA3 | Projetos de Drenagem e/ou contenção de cheias em execução | Chuvas Extremas          | Para verificar a atual capacidade de adaptação de Fortaleza verificou-se quais planos/projetos existiam. O DRENURB foi apontado pela prefeitura como atual plano em execução para conter problemas de alagamentos relacionados à drenagem de águas pluviais.  | Secretaria Municipal de Infraestrutura - SEINF  |
| CA4 | Projetos de contenção do avanço do mar em execução (CA4)  | Elevação do Nível do Mar | Bairros onde existe preservação do ecossistema de praia (dunas, faixa de areia, etc) possuem capacidade de proteger o território contra possíveis avanços do mar. Da mesma forma, a existência de contenções artificiais tais como os espigões e as engordas de praia, reduzem até certo ponto os riscos. | Prefeitura Municipal de Fortaleza / Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente / Projeto Orla / Fortaleza 2040 |

## ANEXO 4

### Famílias afetadas por desastres climáticos em Fortaleza

| IDENTIFICAÇÃO DO BAIRROS                                | Nº DE FAMÍLIAS | TIPO DE EVENTO |
|---|----------------|----------------|
| 20 - Maranguapinho II - Genibaú                         | 1516           | Inundação      |
| 24 - Maranguapinho I - Granja Portugal / Bom Jardim     | 990            | Inundação      |
| 32 - Canal Leste - Granja Lisboa/Bom Jardim             | 784            | Inundação      |
| 77 - Vila Velha   | 748            | Inundação      |
| 27 - Parque Jerusalém I e II - Canindezinho             | 690            | Inundação      |
| 21 - Cuiabá - Autran Nunes                              | 535            | Inundação      |
| 35 - Comunidade Marrocos - Siqueira                     | 434            | Alagamento     |
| 31 - Comunidade do Capim - Genibaú                      | 407            | Inundação      |
| 29 - Jardim Fluminense - Canindezinho                   | 395            | Inundação      |
| 30 - 8 de dezembro - Canindezinho                       | 356            | Inundação      |
| 26 - Parque São José - Canindezinho                     | 337            | Inundação      |
| 23 - Comunidade do Rio - Henrique Jorge                 | 312            | Inundação      |
| 18 - Beira do Rio I - Autran Nunes                      | 280            | Inundação      |
| 11 - Sossego/Muriçoca - Quintino Cunha                  | 264            | Alagamento     |
| 12 - Babuçal - Quintino Cunha                           | 231            | Inundação      |
| 25 - Comunidade dos Canos - Parque São José             | 229            | Inundação      |
| 43 - Canal Presidente Vargas - Parque Presidente Vargas | 207            | Inundação      |
| 33 - Lagoa do Mela-Mela - Granja Portugal               | 205            | Inundação      |
| 1 - Morro do Santiago - Barra do Ceará                  | 197            | Deslizamento   |

| IDENTIFICAÇÃO  | Nº DE FAMÍLIAS | TIPO DE EVENTO |
|--|----------------|----------------|
| 34 - Pantanal do Parque Santo Amaro - Bom Jardim               | 188            | Inundação      |
| 28 - Planalto Canindezinho - Canindezinho                      | 182            | Inundação      |
| 79 - Dunas II - Barra do Ceará                                 | 172            | Deslizamento   |
| 9 - Alto Jerusalém - Quintino Cunha                            | 161            | Inundação      |
| 99 - Riacho das Pedras - Bonsucesso                            | 155            | Inundação      |
| 19 - Beco do Cal - Aufran Nunes                                | 150            | Inundação      |
| 36 - Lagoa Azul – Pici   | 150            | Inundação      |
| 82 - Açude João Lopes - Monte Castelo                          | 150            | Inundação      |
| 39 - Carlos Chagas - Bonsucesso                                | 126            | Alagamento     |
| 78 - Lagoa do Urubu - Floresta                                 | 124            | Inundação      |
| 8 - Ilha Dourada - Quintino Cunha                              | 123            | Inundação      |
| 40 - Lagoa da Libania - Mondumbim                              | 119            | Inundação      |
| 22 - Canal da Moçambique - Genibaú                             | 107            | Inundação      |
| 14 - Tupinambá da Frota - Antônio Bezerra                      | 107            | Inundação      |
| 16 - COMUNIDADE DA CHESF (PONTE DO PAU DA VELHA) - Dom Lustosa | 72             | Inundação      |
| 13 - Travessa Maranguapinho - Antônio Bezerra                  | 60             | Inundação      |
| 102 - Parque São Vicente - Siqueira                            | 53             | Inundação      |
| 37 - Comunidade Demócrito Rocha                                | 52             | Inundação      |
| 17 - Beira do Rio II - Aufran Nunes                            | 43             | Inundação      |
| 83 - Jardim Iracema - Barra do Ceará                           | 43             | Inundação      |
| 10 - Monte Rei - Quintino Cunha                                | 38             | Inundação      |
| 15 - Comunidade Alto do Bode - Antônio Bezerra                 | 35             | Inundação      |
| 101 - Conjunto Urucutuba - Bom Jardim                          | 27             | Alagamento     |
| 38 - Lagoa de Parangaba - Parangaba                            | 24             | Inundação      |

Fonte: Defesa Civil, PMF (2018)

## ANEXO 5

### LEVANTAMENTO DE EVENTOS CLIMÁTICOS NOTICIADOS EM FORTALEZA ENTRE 2005 - 2015

| Levantamento de Eventos Climáticos Noticiados em Fortaleza entre 2005 - 2015 |                    |                |  |   |                    |   |
|--|--------------------|----------------|--|---|--------------------|---|
| Ano  | Data               | Tipo de Evento | Consequência   | Bairros mais afetados   | Fonte              | Link para a notícia   |
| 2006   | 30.0<br>4.2<br>006 |                | Temporal   | Siqueira  | Estadão            | <a href="http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral/adolescente-desaparece-durante-temporal-em-fortaleza,20060501p27008">http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral/adolescente-desaparece-durante-temporal-em-fortaleza,20060501p27008</a>   |
| 2008   | 24.0<br>1.2<br>008 | Chuva - 50mm   | Inundações, alagamentos e risco de desabamento                           | Parque dois Irmãos, Mucuripe, Genibaú, Vicente Pizon, Pirambu, Aerolândia, Centro | Diário do Nordeste | <a href="http://diarionordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/chuva-com-raios-e-trovoes-assusta-os-fortalezenses-1.539475">http://diarionordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/chuva-com-raios-e-trovoes-assusta-os-fortalezenses-1.539475</a>   |
| 2009   | 17.0<br>3.2<br>009 | Chuva - 80mm   | Deslizamento do Morro Santa Terezinha e desabamento de casas no Mucuripe | Vicente Pizon; Mucuripe;  | UOL                | <a href="https://noticias.uol.com.br/cotidian/o/2_009/03/17/ult5772u3257.htm">https://noticias.uol.com.br/cotidian/o/2_009/03/17/ult5772u3257.htm</a>   |
| 2009   | 19.0<br>5.2<br>009 |                |  |   | UOL                | <a href="https://noticias.uol.com.br/ultnot/age/2009/05/19/ult4469u41446.htm">https://noticias.uol.com.br/ultnot/age/2009/05/19/ult4469u41446.htm</a>   |
| 2010   | 31.0<br>5.2<br>010 | Chuva - 87mm   | Alagamentos em vários pontos da cidade                                   | Vários pontos da cidade   | Climat em po       | <a href="https://www.climatempo.com.br/noticia/a/fortaleza-registra-a-maior-chuva-em-24h-deste-ano">https://www.climatempo.com.br/noticia/a/fortaleza-registra-a-maior-chuva-em-24h-deste-ano</a>   |
| 2010   | 16.0<br>7.2<br>010 | Chuva          |  | Bairro de Fátima  |                    | <a href="http://g1.globo.com/vc-no-g1/noticia/2010/07/chuva-provoca-pontos-de-alagamento-em-fortaleza.html">http://g1.globo.com/vc-no-g1/noticia/2010/07/chuva-provoca-pontos-de-alagamento-em-fortaleza.html</a>   |
| 2011   | 05.0<br>1.2<br>011 | Chuva - 135mm  | Alagamentos em vários pontos da cidade                                   | Parangaba, Demócrito Rocha, Montese, Praia de Iracema, Vicente Pizon, Centro      | O Povo             | <a href="https://www20.opovo.com.br/app/fortaleza/2011/01/05/noticiafortaleza_20_86054/chuva-de-135-milimetros-causa-transtornos-em-fortaleza.shtml">https://www20.opovo.com.br/app/fortaleza/2011/01/05/noticiafortaleza_20_86054/chuva-de-135-milimetros-causa-transtornos-em-fortaleza.shtml</a> |
|  |                    |                | Asfalto cede e abre buraco   | Meireles  | G1                 | <a href="http://g1.globo.com/vc-no-g1/noticia/2011/01/apos-chuva-forte-asfalto-cede-em-avenida-de-fortaleza.html">http://g1.globo.com/vc-no-g1/noticia/2011/01/apos-chuva-forte-asfalto-cede-em-avenida-de-fortaleza.html</a>   |
| 2011   | 11.0<br>4.2<br>011 | Chuva - 34mm   | Desabamento da parede do canal da Av. Aguanambi                          | Bairro de Fátima  | Diário do Nordeste | <a href="http://diarionordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/fortaleza-ainda-sofre-consequencia-da-chuva-1.254635">http://diarionordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/fortaleza-ainda-sofre-consequencia-da-chuva-1.254635</a>   |
| 2011   | 12.0<br>4.2<br>011 | Chuva - 137mm  | 88 ocorrências em vários locais  | Água Fria   | Climat em po       | <a href="https://www.climatempo.com.br/noticia/a/fortaleza-registra-maior-chuva-de-2011">https://www.climatempo.com.br/noticia/a/fortaleza-registra-maior-chuva-de-2011</a>   |

|      |                    |   |   |  |                                 |   |
|------|--------------------|---|---|--|---------------------------------|---|
| 2012 | 27.0<br>3.2<br>012 | Chuva -<br>268,5m<br>m                          | 180<br>Ocorrências:<br>85<br>alagamentos,   | Quintino Cunha -<br>18 ocorrências;<br>Genibaú   | O<br>Povo                       | <a href="https://www20.opovo.com.br/app/opovo/fortaleza/2012/03/28/noticias/orna">https://www20.opovo.com.br/app/opovo/fortaleza/2012/03/28/noticias/orna</a>   |
| 2012 |                    |   | 61 inundações,<br>15 riscos de<br>desabamento,<br>13<br>desabamentos,<br>4 quedas de<br>árvores, 20<br>incêndios  | - 23 ocorrências e<br>Dom Lustosa - 13<br>ocorrências. (Por<br>Regional: SER I -<br>19 ocorrências;<br>SER II - 9<br>ocorrências; SER<br>III - 70 ocorrências;<br>SER IV - 15<br>ocorrências; SER<br>V - 47<br>ocorrências, SER<br>VI - 20<br>ocorrências) |                                 | <a href="http://fortaleza.2809984/a-maior-chuva-dos-ultimos-15-anos.shtml">http://fortaleza.2809984/a-maior-chuva-dos-ultimos-15-anos.shtml</a>   |
| 2012 | 22.0<br>6.2<br>012 | Chuva -<br>121,2m<br>m                          | Alagamentos<br>em vários<br>pontos da<br>cidade   | Centro, Joaquim<br>Távora, Farias<br>Brito, Pan<br>Americano,<br>Aerolândia;   | G1                              | <a href="http://g1.globo.com/ceara/noticia/2012/06/fortaleza-registra-segunda-maior-chuva-do-ano-nesta-sexta-feira.html">http://g1.globo.com/ceara/noticia/2012/06/fortaleza-registra-segunda-maior-chuva-do-ano-nesta-sexta-feira.html</a>   |
|      |                    |   | Fechamento<br>do Aeroporto  | Aeroporto  | G1                              | <a href="http://g1.globo.com/ceara/noticia/2012/06/chuva-forte-cancela-pousos-no-aeroporto-de-fortaleza.html">http://g1.globo.com/ceara/noticia/2012/06/chuva-forte-cancela-pousos-no-aeroporto-de-fortaleza.html</a>   |
| 2013 | 17.0<br>1.2<br>013 | Ressaca<br>do<br>Mar -<br>Ondas<br>de até<br>3m | Alagamento  | Beira Mar  | G1                              | <a href="http://g1.globo.com/ceara/noticia/2013/01/ressaca-danifica-calçada-e-assusta-moradores-em-praia-de-fortaleza.html">http://g1.globo.com/ceara/noticia/2013/01/ressaca-danifica-calçada-e-assusta-moradores-em-praia-de-fortaleza.html</a>   |
| 2013 | 12.0<br>3.2<br>013 | Ressaca<br>do<br>Mar                            | Alagamento  | Beira Mar  | O<br>Povo                       | <a href="https://www20.opovo.com.br/app/galeria/2013/03/12/interna_galeria_fotos/720/confira-imagens-da-ressaca-do-mar-na-orla-de-fortaleza-na-tarde-desta-segunda-feira-12.shtml">https://www20.opovo.com.br/app/galeria/2013/03/12/interna_galeria_fotos/720/confira-imagens-da-ressaca-do-mar-na-orla-de-fortaleza-na-tarde-desta-segunda-feira-12.shtml</a> |
| 2014 | 31.0<br>3.2<br>014 | Chuva -<br>169mm                                | Alagamentos<br>em vários<br>pontos da<br>cidade   | Papicu, Mondubim,<br>Messejana,<br>Castelão, Água<br>Fria  | G1 e<br>Tribun<br>a do<br>Ceará | <a href="http://g1.globo.com/ceara/noticias/4/03/fortaleza-registra-maior-chuva-do-ano-segundo-funceme.html">http://g1.globo.com/ceara/noticias/4/03/fortaleza-registra-maior-chuva-do-ano-segundo-funceme.html</a>   |
|      |                    |   | Desabamento<br>do Teto do<br>Hospital Geral;<br>Inundação do<br>Hospital<br>Gonzaga Mota;<br>Hospital César<br>Calls; Hospital<br>Waldemar de<br>Alcântara;<br>Hospital<br>Gonzaguina do<br>José Walter | Papicu; Centro;<br>José Walter;<br>Guajiru   | Tribun<br>a do<br>Ceará         | <a href="http://tribunadoceara.uol.com.br/noticias/fortaleza/chuva-causa-desabamento-de-teto-no-hgf/">http://tribunadoceara.uol.com.br/noticias/fortaleza/chuva-causa-desabamento-de-teto-no-hgf/</a>   |

|      |                    |                   |  |   |                   |  |
|------|--------------------|-------------------|--|---|-------------------|--|
| 2015 | 03.0<br>1.2<br>015 | Chuva -<br>148mm  | Alagamento e<br>Deslizamento<br>(Morro Santa<br>Terezinha) | Beira Mar, Papicu,<br>Edson Queiroz,<br>Varjota, Cidade<br>dos Funcionários | G1                | <a href="http://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/01/chuva-chegou-148-milimetros-em-fortaleza-segundo-funceme.html">http://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/01/chuva-chegou-148-milimetros-em-fortaleza-segundo-funceme.html</a>  |
| 2015 | 20.0<br>2.2<br>015 | Ressaca do<br>Mar | Alagamento   | Beira Mar   | G1 e<br>O<br>Povo | <a href="http://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/02/ressaca-do-mar-alaga-trecho-da-avenida-beira-mar-em-fortaleza.html">http://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/02/ressaca-do-mar-alaga-trecho-da-avenida-beira-mar-em-fortaleza.html</a><br><br><a href="https://www20.opovo.com.br/app/fortaleza/2015/04/21/noticiafortaleza-3426189/ressaca-do-mar-alaga-area-da-praia-de-iracema-nesta-terca-feira.shtml">https://www20.opovo.com.br/app/fortaleza/2015/04/21/noticiafortaleza-3426189/ressaca-do-mar-alaga-area-da-praia-de-iracema-nesta-terca-feira.shtml</a> |
| 2015 | 23.0<br>2.1<br>015 | Chuva -<br>42mm   | Alagamento   | Centro  | TV O<br>Povo      | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=2uASWQVJW3Q">https://www.youtube.com/watch?v=2uASWQVJW3Q</a>  |

Fonte: Elaboração própria