

*Projeto*  
*Programa Políticas sobre Mudança do Clima – PoMuC (Componente Adaptação)*  
**PN: 13.9006.1 - 002-00**

**Termo de Referência**

**IDENTIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE DOS MUNICÍPIOS  
BRASILEIROS AOS IMPACTOS BIOFÍSICOS E SOCIOECONÔMICOS  
ASSOCIADOS À MUDANÇA DO CLIMA**

**Produto 1**

Plano de Trabalho Detalhado

Consultores: Pedro Ivo Mioni Camarinha

## 1. Introdução

Resultados de projeções climáticas tem indicado, desde a década de 90, uma maior frequência dos extremos de temperatura e precipitação em praticamente todo o planeta, tanto para o clima presente quanto para o futuro (IPCC 2001; 2007; 2013). Apesar das flutuações cíclicas do clima que alteram naturalmente a frequência destes eventos em certos períodos, já é constatado que atividades antrópicas (como a emissão de gases de efeito estufa GEEs e as mudanças do uso da terra) corroboram na intensificação de alguns fenômenos climáticos como secas, tornados, enchentes, vendavais, chuvas severas e na alteração da circulação de massas de ar em larga e mesoescala (HANSEN et al. 2010). Em concordância com as projeções dos últimos apresentados pelo relatório AR5 do IPCC (2013), algumas regiões do globo já demonstram sinais de mudanças com episódios frequentes de estiagens, eventos de precipitações severas, e temperaturas extremas ocorrendo com maior frequência e magnitude. Conseqüentemente, os impactos relacionados a estes eventos tem se tornado maiores e também mais frequentes, demandando que ações de adaptação à estas mudanças sejam feitas para reduzir os prejuízos financeiros e humanos.

O Brasil, com seu vasto território de proporções continentais, também está sujeito a essas intempéries, provocadas por mudanças súbitas ou gradativas no clima (NOBRE 2001). O apanhado histórico observado durante o último século demonstra que as regiões brasileiras, sem exceção, foram palco de extremos climáticos de maior ou menor intensidade (MARENGO 2007). Citando alguns dos episódios severos podemos incluir: as secas na Amazônia nos anos de 2005 e 2010 (MARENGO et al. 2011); o furacão Catarina no ano de 2004 (MCTAGGART-COWAN et al. 2006); as enchentes e os deslizamentos de terra em 2008 e 2009, produzidos por chuvas torrenciais no Vale do Itajaí em Santa Catarina (FRANKE et al. 2009) e nas áreas serranas do Estado do Rio de Janeiro (DOURADO et al. 2012); episódios de estiagem (veranicos) no Oeste dos estados do Sul (GRIMM et al. 1998; DIAZ et al. 1998) e enchentes súbitas no Semiárido Nordeste (LEAL 2009). Mais recentemente ainda temos o período de seca que atingiu o estado de São Paulo entre 2014 e 2015, onde o destaque remete-se ao desabastecimento do Sistema Cantareira, que causou sérios transtornos para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e outras localidades próximas. Pode-se destacar ainda as secas severas que em 2017 e 2018 continuam a perdurar boa parte do Nordeste, estabelecendo novos recordes históricos. Todos estes exemplos previamente mencionados caracterizam-se como eventos extremos sem precedentes, que ocasionaram impactos significativos para a sociedade, seja na forma de prejuízos financeiros ou vidas humanas.

Estes impactos e perdas ocorreram face à intensificação de fenômenos extremos de tempo (meteorológicos), e algumas vezes de clima, sendo muitas vezes em áreas densamente povoadas, como, por exemplo, os centros urbanos de São Paulo e Belo Horizonte (SEROA DA MOTTA 2011), sobrepondo-se às vulnerabilidades socioeconômicas das populações expostas aos riscos existentes. Ainda, outros fenômenos considerados de baixo impacto vêm crescendo em importância, como por exemplo, a maior frequência de descargas elétricas resultantes da intensa urbanização e ilhas de calor urbanas, assim como o incremento das áreas de cultivos no meio rural, que automaticamente implicam em riscos de ordem meteorológica e climática na produção de alimentos (OBREGÓN e MARENGO 2007).

Nota-se, portanto, que existem diferentes combinações entre os sistemas humanos e as ameaças naturais, as quais levam a diferentes cenários de risco dependendo de como são dadas as relações entre eles, o que torna esta temática ainda mais desafiadora e necessária para que se consiga diminuir os prejuízos de forma efetiva e antecipada.

Para contornar esta lacuna do conhecimento, estudos de avaliação de impactos, vulnerabilidade e adaptação tem sido desenvolvidos no Brasil há alguns anos. Especificamente para subsidiar as ações de governo neste setor, destacam-se os estudos realizados no âmbito da “Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima”, os quais focaram-se nos impactos relacionados à ameaças hidrológicas (inundações, enxurradas e alagamentos) e também de natureza geológica-geotécnica (deslizamentos de terra). Além desses estudos, o MMA, em parceria com WWF, desenvolveu outro estudo intitulado “Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais Relacionados às Secas - no Contexto da mudança do Clima” voltado para os impactos das secas, compondo, juntamente com os estudos da Terceira Comunicação Nacional, uma referência técnico-científica para balizar as estratégias do Governo Federal, sobretudo o Plano Nacional de Adaptação (PNA). Em 2017 foi lançado pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) o relatório especial sobre “Impactos e vulnerabilidades das mudanças climáticas em cidades costeiras do Brasil” onde foram avaliados impactos e medidas de adaptação à elevação do nível do mar e inundações costeiras em algumas cidades litorâneas do Brasil. Todos os trabalhos citados anteriormente utilizaram o horizonte temporal até 2100.

Porém, ao considerar o avanço da ciência em relação às ocorrências de eventos extremos e possíveis desdobramentos para condições que caracterizam desastres naturais e também sobre como inferir e avaliar impactos potenciais nos sistemas humanos, atualmente questiona-se como estudos desta natureza podem ser utilizados,

de fato, por gestores e tomadores de decisão para efetivamente minimizarem os prejuízos humanos e materiais. Esta é uma lacuna que permeia não somente a temática dos desastres naturais, mas também diversas outras que possuem relevância estratégica para o Governo Federal, tais como Energia, Transporte, Energia, Recursos Hídricos, entre outros, que podem ser melhor avaliados no PNA. No entanto, a transversalidade da temática dos desastres permite que o conhecimento adquirido a respeito da interação entre clima, ambiente, sociedade; culminando em distintas formas de impacto, seja também aplicado a outros temas, ainda que sejam necessários ajustes teórico-metodológicos para respeitar especificidades de cada área do conhecimento.

Neste sentido, o intuito desta consultoria é avaliar os estudos de referência dentro da temática de desastres naturais para que, em um segundo momento, seja possível indicar medidas de adaptação respaldadas nas estratégias do PNA e adequadas às necessidades e capacidades locais. Para tal, faz-se necessário os ajustes da temporalidade destes estudos ao horizonte temporal do Plano, 2040, e a identificação dos municípios mais vulneráveis aos desastres de: i) secas e períodos secos, ii) deslizamentos de terra e iii) inundações bruscas, enxurradas e alagamentos.

Serão considerados como referência para esta consultoria os estudos de avaliação da vulnerabilidade à mudança do clima, realizados no âmbito da *Terceira Comunicação Nacional* (PNUD), do *IVDNS/PNA (Índice de Vulnerabilidade a Desastres Naturais de Seca no Contexto da Mudança do Clima-WWF/MMA)*. Em paralelo, serão considerados também os resultados desenvolvidos no âmbito do projeto *Brasil 2040* (Secretaria de Assuntos Especiais - SAE), do *Relatório Sobre Cidades Costeiras* do PBMC, assim como os estudos desenvolvidos no âmbito da Rede Clima, do INCT-Mudanças Climáticas Fase 1 (em andamento) e a Fase 2 (iniciada em 2017). Além disso, poderão ser utilizados outros estudos e informações complementares que forem importantes para dar suporte no desenvolvimento das estratégias de adaptação, sobretudo para que estas iniciativas estejam condizentes com outras agendas que possuem sinergia, como a agenda de desenvolvimento sustentável e de redução de risco aos desastres, tais como o projeto SisVuCLIMA (FIOCRUZ) e as informações concernentes ao Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden).

## **2. Objetivo Geral**

Esta consultoria tem como objetivo principal avaliar e aprimorar o conhecimento já existente acerca da vulnerabilidade do Brasil aos desastres naturais relacionados com eventos climáticos e meteorológicos (inundações, enxurradas, deslizamentos de terra, secas e estiagens) e aos impactos biofísicos ou socioeconômicos associados, levando em consideração os efeitos da mudança do clima, com vistas a orientar políticas públicas e/ou medidas de adaptação no curto, médio e longo prazo.

### 2.1. Objetivos específicos:

- a) **Aprimorar e aplicar índices de vulnerabilidade** aos desastres naturais do país, considerando a mudança do clima, para três tipologias distintas de desastres: i) deslizamentos de terra; ii) inundações bruscas, enxurradas e alagamentos; iii) secas e estiagens. O aprimoramento visa apresentar estes índices de forma padronizada e agregados em escala municipal, considerando o período 2011-2040 e utilizando as projeções climáticas dos modelos Eta-HadGEM2 ES e Eta-MIROC, para o cenário RCP 4.5
- b) **Elaborar um ranking nacional de municípios vulneráveis aos impactos da mudança do clima e identificar hotspots de vulnerabilidade** (avaliação regional), considerando os índices de vulnerabilidade e outras informações relevantes publicadas na literatura nacional e internacional para as projeções de clima geradas por cada um dos modelos (Eta-HadGEM2 ES e Eta-MIROC), agrupando os resultados em duas categorias: i) riscos relacionados ao excesso de precipitação (deslizamentos de terra, inundações, enxurradas e alagamentos); e ii) riscos relacionados à escassez de precipitação (secas e estiagens). Serão explicitados e detalhados os critérios adotados para os casos mais críticos, assim como o tratamento estatístico utilizado para elaboração do ranking.
- c) A partir da análise quali-quantitativa dos resultados das etapas a e b, **indicar os aspectos que mais contribuem para a vulnerabilidade, considerando os fatores climáticos, ambientais, antrópicos e socioeconômicos e, a partir disso, promover discussões orientadas (no formato de oficina) com grupos técnicos para definição de estratégia “bottom-up” de proposição de medidas de adaptação** para os municípios considerados mais vulneráveis;
- d) **Entregar os resultados e o banco de dados associado gerados nesta consultoria** para posterior disponibilização na plataforma de dados geoespaciais e na interface interativa da plataforma de conhecimento em adaptação à mudança do clima - AdaptaClima.

## 3. Metodologia de Trabalho e Atividades Principais

## **Etapa 1 – Compilação, ajustes e análise dos índices de vulnerabilidade.**

As atividades iniciais desta consultoria consistem na organização dos dados dos estudos de base<sup>1</sup> e de estudos complementares<sup>2</sup> que avaliam a vulnerabilidade do Brasil aos impactos biofísicos e socioeconômicos relacionados à mudança do clima.

Estão previstos ajustes metodológicos dos índices pré-existent, para adequação aos objetivos desta consultoria. O estudo que servirá como base metodológica para os cálculos dos índices de vulnerabilidade será o IVDNS/PNA (Índice de Vulnerabilidade a Desastres Naturais de Seca no Contexto da Mudança do Clima-WWF/MMA), baseado na metodologia do IPCC AR4, que será mantida.

A composição do IVDNS será adaptada para as demais tipologias de desastres naturais. Neste processo, o IVDNS poderá absorver os sub-índices, dados e informações oriundos de outros estudos que também geraram índices de vulnerabilidade, como por exemplo: Terceira Comunicação Nacional (PNUD), Projeto Brasil 2040 (Secretaria de Assuntos Especiais - SAE), Relatório sobre cidades costeiras do PBMC, assim como os estudos desenvolvidos no âmbito da Rede Clima, do INCT-Mudanças Climáticas Fase 1 (em andamento) e a Fase 2 (iniciada em 2017).

O ajuste metodológico dos índices e a definição de critérios para a elaboração dos rankings municipal e regional serão apresentados em reunião técnica presencial entre a equipe de consultoria, a do MMA, a da GIZ. A priori, as principais alterações se referem à padronização dos índices que reflitam o Impacto Potencial (e não mais a vulnerabilidade propriamente dita), todos em escala municipal. Para os desastres de deslizamentos de terra e hidrológicos, é previsto que a análise seja feita apenas considerando o território urbano, e não todo o território político municipal.

As informações compiladas a partir dos estudos e da reunião técnica serão utilizadas como referência para as atividades em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Deste processo resultará a elaboração dos rankings municipal e regional de vulnerabilidade/impacto potencial para cada uma das três tipologias de desastres (deslizamentos de terras; inundações, enxurradas e alagamentos; secas e estiagens) e para cada um dos modelos. Adicionalmente, será formulado um ranking resultante da agregação dessas categorias para cada um dos modelos.

Para posterior análise dos rankings serão consideradas informações sobre os registros de desastres e impactos pretéritos ocorridos, sobretudo a base de dados com

---

<sup>1</sup> **Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais no Brasil**, no contexto de mudanças climáticas, da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima (PNUD/MCTIC); **Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima** (WWF/MMA) e **Brasil 2040** (SAE).

<sup>2</sup> **INCT-Mudanças Climáticas Fase 1 e 2** (em andamento) e o **Atlas de Esgoto** (ANA)

informações dos 958 municípios monitorados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), definidos como “prioritários” devido aos impactos registrados nas últimas décadas.

Em termos gerais, os municípios e regiões considerados críticos serão analisados não somente pelos índices de vulnerabilidade/impacto potencial e seus sub-índices, mas também a partir de informações consideradas pertinentes para a temática de adaptação e que permitam traçar o diagnóstico atual da vulnerabilidade dos municípios, bem como compreender quais características locais, oportunidades, problemas e desafios deverão ser explorados, antes da proposição de medidas de adaptação.

## **Etapa 2 – Realização de Oficinas para discussão técnica**

Os produtos gerados e organizados na Etapa 1 serão apresentados e discutidos em duas oficinas de trabalho, por categoria (escassez hídrica/ excesso de precipitação), respectivamente. Para essas oficinas serão convidadas instituições governamentais e de pesquisa, cujas competências institucionais sejam associadas às temáticas das oficinas, e representantes de governos locais selecionados.

O intuito das oficinas é promover discussões qualificadas que auxiliem na definição de estratégias top-down e bottom-up de proposição de medidas de adaptação para os municípios e hotspots críticos. Deverão ser considerados como tópicos relevantes das discussões: métodos para identificação de medidas de adaptação (com base participativa); temporalidade (curto, médio ou longo prazo); contextos de políticas públicas existentes; capacidade institucional local para implementação; recursos e fontes de financiamento; avaliação de co-benefícios e impactos secundários; entre outros.

As etapas descritas serão alcançadas com base na execução das seguintes atividades:

- i. Elaborar e apresentar plano de trabalho contendo a descrição técnica/metodológica das atividades e respectivo cronograma. Apresentar representação esquemática da arquitetura pretendida para o banco de dados e mapas gerados no âmbito da consultoria;
- ii. Elaborar e apresentar relatório-base para a Reunião Técnica sobre a proposta metodológica (atividade iv) contendo: revisão sobre o estado da arte em estudos de vulnerabilidade e adaptação no Brasil; apresentação e detalhamento da metodologia a ser empregada no cálculo dos índices de vulnerabilidade; contendo proposta dos aspectos aperfeiçoados/ajustados na metodologia, inclusive proposição de critérios (classes de vulnerabilidade/impacto potencial) para elaboração dos rankings;

- iii. Subsidiar e apoiar a equipe técnica MMA/GIZ na estruturação da Reunião Técnica e na condução técnica das discussões;
- iv. Incorporar os possíveis ajustes que venham a ser pactuados na Reunião Técnica referentes à metodologia a ser utilizada na consultoria;
- v. Levantar evidências técnicas e científicas para complementariedade das análises de vulnerabilidade/impacto potencial, principalmente considerando os dados de registros de ocorrências de desastres e impactos causados em períodos pretéritos. Os municípios monitorados pelo CEMADEN serão utilizados para verificação de similaridade entre impacto futuro e histórico de eventos extremos;
- vi. Elaborar mapas de vulnerabilidade para todo o território brasileiro, com valores agregados por município, com base nos índices e sub-índices acordados na atividade iv, para cada uma das categorias de desastres e modelos climáticos, bem como as respectivas análises e interpretações;
- vii. Elaborar ranking dos municípios e regiões (hotspots) mais críticos aos impactos biofísicos ou socioeconômicos no futuro, com base em análise estatística e critérios pactuados no item iv, expondo o índice de vulnerabilidade para cada uma das três tipologias de desastres, bem como seus respectivos sub-índices (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa), para cada um dos modelos. Adicionalmente, um ranking será elaborado contemplando, além das projeções do clima futuro, o histórico de desastres e impactos pretéritos no nível municipal. Os rankings também deverão ser apresentados em mapas, considerando a apresentação (UF, região ou nível de concentração) que permita melhor compreensão e visualização dos resultados;
- viii. Elaborar um questionário para ser enviado aos municípios considerados críticos, como forma de conhecer e compreender suas demandas particulares, bem como possíveis políticas ou programas existentes que possam fomentar as medidas adaptativas futuramente;
- ix. Subsidiar e apoiar tecnicamente as oficinas temáticas para apresentação dos resultados das análises de vulnerabilidade e rankings, incluindo também as informações obtidas através do contato direto com os municípios e questionários; para discutir as estratégias (top-down e/ou bottom-up) que serão utilizadas na proposição de medidas adaptativas;
- x. Elaborar um documento que sintetize as características da vulnerabilidade mais relevantes dos municípios e dos hotspots, ilustrado com os mapas elaborados no âmbito desta consultoria. Os resultados e banco de dados serão entregues nos formatos estabelecidos pela Coordenação Geral de tecnologia de Informação e Informática (CGTI) do Ministério do Meio Ambiente para posterior disponibilização na plataforma de dados geoespaciais e na interface interativa da plataforma de conhecimento em adaptação à mudança do clima – AdaptaClima.

### **Etapa 3 – Recomendações de medidas de adaptação**



Considerando todas as discussões e resultados provenientes das etapas anteriores, serão elaborados relatórios analíticos que apresentem as principais características e especificidades de 05 (cinco) municípios-piloto ou hotspots (regiões muito vulneráveis com características semelhantes) considerados críticos, para o caso dos desastres relacionados ao excesso de precipitação (deslizamentos de terra e inundações avaliados de forma conjunta) e outros 05 (cinco) para os desastres relacionados com escassez (secas e estiagens).

Neste documento devem estar apresentadas todas informações que foram consideradas em seu diagnóstico e todas as demais que sejam relevantes para a análise de vulnerabilidade/impacto potencial à nível local (ou regional, no caso dos hotspots) e, principalmente, as recomendações de medidas adaptativas consideradas pertinentes de serem implementadas nestas localidades, acompanhadas de suas respectivas justificativas.

#### 4. Cronograma

As atividades descritas anteriormente serão realizadas entre 23 de abril de 2018 a 31 de dezembro de 2018, com apresentação do produto final até 20 de novembro de 2018. Os produtos gerados, prazos de entrega e especificações estão apresentados a seguir:

Descrição do Produto	Prazo de Entrega	Formato / Especificações
<b>Produto 1</b> - Plano de Trabalho detalhado (atividade i) contemplando as atividades i a ix e proposta de arquitetura para entrega dos arquivos do banco de dado e mapas.	Até 06/06/2018	Documento aberto em formato .doc, com eventuais anexos.
<b>Produto 2</b> – Relatório-base para oficina de ajuste metodológico (atividade iv) contendo: revisão dos principais estudos de vulnerabilidade e adaptação no Brasil; apresentação e detalhamento da metodologia a ser empregada no cálculo dos índices de vulnerabilidade; contendo proposta dos aspectos a serem aperfeiçoados/ajustados na metodologia, inclusive proposição de critérios para elaboração dos rankings; (atividades ii e iii).	Até 15/06/2018	Documento aberto em formato .doc, com eventuais anexos
<b>Produto 3</b> – Apresentar o Produto 2 e conduzir as discussões técnicas na Oficina de ajuste Metodológico.	Até 19/07/2018	Apresentação em formato PPT ou Prezi.
<b>Produto 4</b> – Relatório sistematizando os resultados da oficina e descrevendo os ajustes metodológicos pactuados.	Até 27/07/2018	Documento aberto em formato .doc,

<p><b>Produto 5</b> – Mapas de Vulnerabilidade (contendo informações cartográficas, legenda e metadados) em escala municipal, para os 5565 municípios brasileiros (considerando o CENSO do IBGE de 2010), para o período 2011-2040, utilizando as projeções climáticas dos modelos Eta-HadGEM2 ES e Eta-MIROC, para o cenário RCP 4.5, para cada uma das tipologias de ameaças: secas/deslizamento/ inundações bruscas, enxurradas e alagamentos (atividade vi).</p>	<p>Até 21/09/2018</p>	<p>Mapa e o banco de dados associado conforme formatos estabelecidos pela Coordenação Geral de tecnologia de Informação e Informática (CGTI) do Ministério do Meio Ambiente (Anexo I).</p>
<p><b>Produto 6</b> – Relatório com descrição e análise dos mapas e interpretação dos índices e sub-índices de vulnerabilidade (atividade vi). Este documento deverá conter o detalhamento da metodologia utilizada, e explicitar o modo de processamento e de combinação dos dados na elaboração de cada um dos mapas.</p>	<p>Até 05/10/2018</p>	<p>Documento aberto em formato Word, com eventuais anexos.</p>
<p><b>Produto 7</b> – Rankings dos municípios e regiões (hotspots) mais críticos aos impactos biofísicos ou socioeconômicos no futuro, com base em análise estatística e critérios pactuados na atividade iv. O relatório deve expor o índice de vulnerabilidade para cada uma das três tipologias de desastres, bem como seus respectivos sub-índices (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa), para cada um dos modelos. Adicionalmente, o relatório deverá conter o ranking para o histórico de desastres e impactos pretéritos no nível municipal.</p>	<p>Até 19/10/2018</p>	<p>Documento aberto em formato .doc e .xls, com eventuais anexos, contendo tabelas de rankings. Mapa e o banco de dados associado conforme formatos estabelecidos pela Coordenação Geral de tecnologia de Informação e Informática (CGTI) do Ministério do Meio Ambiente (Anexo I).</p>
<p><b>Produto 8</b> – Relatório-base para a realização das oficinas técnicas (seca e excessos de precipitação) com o MMA, GIZ e atores-chave para apresentação dos resultados preliminares e discussão sobre estratégias para proposição de alternativas de adaptação para as regiões e municípios mais vulneráveis. (Atividade viii).</p>	<p>Até 19/10/2018</p>	<p>Documento aberto em formato .doc e apresentação e formato .ppt ou Prezi, com eventuais anexos.</p>
<p><b>Produto 9 (Final)</b> – Relatório contendo a síntese dos produtos desenvolvidos, ilustrado com os mapas elaborados no âmbito desta consultoria e infográficos que possam facilitar a compreensão das informações. Além disso, o relatório deverá apresentar uma sistematização dos resultados das oficinas, incluindo os relatórios analíticos dos municípios/localidades críticas (Atividade ix e Etapa 3).</p>	<p>Até 20/11/2018</p>	<p>Documento aberto em formato .doc e anexos em pdf, jpg</p>