

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROBERTA ROLEMBERG DANTAS SANTANA

**GESTÃO DE RISCOS RELACIONADOS A DESASTRES NATURAIS NA CIDADE  
DE MACEIÓ**

CURITIBA

2017

ROBERTA ROLEMBERG DANTAS SANTANA

**GESTÃO DE RISCOS RELACIONADOS A DESASTRES NATURAIS NA CIDADE  
DE MACEIÓ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Felga Gobbi

CURITIBA

2017

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao professor Eduardo Felga pela sua orientação neste trabalho. À equipe de Coordenação e demais professores do curso, em especial professora Ana Paula e professor Carlos Roberto Sanquetta.

Aos colegas de curso que, mesmo distante, contribuíram indiretamente com a finalização do curso.

Aos meus pais e familiares que sempre precisaram entender a ausência em alguns momentos durante o curso.

Aos amigos, com um agradecimento especial ao meu querido amigo Ricardo, pelo apoio e incentivo constantes, conselhos e leitura deste trabalho, todo o meu carinho e minha admiração.

À cidade de Maceió, por me fazer desenvolver a vontade de contribuir pela manutenção de suas belezas.

“Seja a mudança que você quer ver  
no mundo.”

Gandhi

## RESUMO

Diante dos estudos que mostram que o aquecimento global existe e tem suas causas ligadas às atividades humanas, torna-se imprescindível o desenvolvimento de ações e elaboração de políticas para minimização dos riscos e da vulnerabilidade, além da adaptação aos impactos destas mudanças. Na cidade de Maceió, as áreas urbanas estão sujeitas à alagamentos e deslizamentos de terras, provenientes de chuvas intensas, que podem sofrer mudanças em sua frequência e gravidade com as mudanças climáticas. Este trabalho visa estabelecer uma reflexão sobre a gestão de riscos e adaptação às mudanças do clima, com identificação dos impactos e proposição de medidas de prevenção aos desastres naturais, que resultem na redução da vulnerabilidade local aos efeitos climáticos, sendo necessário o investimento em programas, técnicas, planos e projetos de adaptação na infraestrutura de saneamento e habitação, além da melhoria dos aspectos sociais, considerando os impactos, a vulnerabilidade e a capacidade de adaptação às mudanças climáticas em Maceió, visto que possuem consequências distintas nas diversas regiões.

**Palavras-chave:** Aquecimento global. Desastres naturais. Gestão de riscos.

## **ABSTRACT**

Faced with studies that show that global warming exists and has its causes linked to human activities, it is essential to develop actions and elaborate policies to minimize risks and vulnerability, as well as adapting to the impacts of these changes. In the city of Maceió, urban areas are subject to floods and landslides from intense rains, which may change in frequency and severity with climate change. This work aims at establishing a reflection on risk management and adaptation to climate change, identifying the impacts and proposing measures to prevent natural disasters, which will reduce local vulnerability to climate effects, requiring investment in programs, techniques, plans and adaptation projects in the sanitation and housing infrastructure, as well as improving social aspects, considering the impacts, vulnerability and adaptability to climate change in Maceió, since they have different consequences in the different regions.

**Key-words:** Global warming. Natural Disasters. Risk management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Área de estudo Região Metropolitana de Maceió .....	24
GRÁFICO 1 – CHUVA ACUMULADA EM 2010.....	26
GRÁFICO 2 – CHUVA ACUMULADA EM 2011.....	27
GRÁFICO 3 – CHUVA ACUMULADA EM 2017.....	27
GRÁFICO 4 – NORMAL CLIMATOLÓGICA EM ALAGOAS.....	27
Figura 2 – Área de encosta com ocupação irregular (Bairro Levada).....	29
Figura 3 – Área de encosta (Bairro Farol).....	29

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL DOS GEE .....	15
TABELA 2 – IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS DECORRENTES DE EVENTOS EXTREMOS EM MACEIÓ.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AL** - Alagoas

**CO<sub>2</sub>** – Dióxido de Carbono

**COP** – Conferência das Partes.

**GEE** – Gases de efeito estufa.

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia

**IPCC** – Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, em português).

**MDL** – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

**MMA** – Ministério do Meio Ambiente.

**ONU** – Organização das Nações Unidas.

**PNMC** – Política Nacional sobre Mudanças do Clima.

**PNUMA** – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

**UNFCCC** – United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, em português).

**SEMARH** – Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Recursos Hídricos de Alagoas.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS .....	13
1.2.1	Objetivos Específicos .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1	A MUDANÇA DO CLIMA.....	14
2.2	POLÍTICAS SOBRE MUDANÇAS NO CLIMA.....	15
2.2.1	Protocolo de Quioto .....	15
2.2.2	Acordo de Paris .....	16
2.2.3	Conferência de Bonn.....	17
2.2.4	Política Nacional sobre Mudança do Clima .....	17
2.2.5	Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima.....	17
2.3	DESASTRES NATURAIS E VULNERABILIDADE .....	18
2.3.1	Uso e ocupação do solo .....	19
2.3.2	Vulnerabilidade.....	20
2.4	GESTÃO DO RISCO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS DO CLIMA.....	21
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO .....	23
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>25</b>
4.1	EVENTOS EXTREMOS .....	25
4.2	DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	26
4.3	ÁREAS DE RISCO .....	28
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades humanas que ocorre desde o período da revolução industrial tem proporcionado um aumento significativo das emissões de gases que podem alterar a dinâmica e causar desequilíbrio nos processos climáticos.

Os gases do efeito estufa são responsáveis por manter o planeta aquecido, numa temperatura média que seja adequada à existência da vida. Porém, o aumento na concentração destes gases pode causar um desequilíbrio nos processos naturais, que podem aumentar a temperatura média global.

A este fenômeno foi dado o título de aquecimento global, causado em decorrência da elevação da concentração dos gases de efeito estufa, especialmente do gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

O gás carbônico é liberado por diversas atividades humanas, especialmente àquelas em que se utilizam combustíveis fósseis como o petróleo e gás natural. Diversos estudos realizados pela comunidade científica têm apresentado uma relação entre o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa com o aumento da temperatura média do planeta e consequente mudança no comportamento do clima.

As mudanças climáticas causadas pelas atividades antrópicas podem ocasionar problemas ambientais diversos, como: aumento do nível dos oceanos, alterações nos regimes de chuvas, temperaturas extremas, derretimento de geleiras, etc.

Os impactos das alterações climáticas variam entre regiões e comunidades. Em geral, estes são mais graves nas regiões com maior vulnerabilidade, tanto ambiental como social e, podem apresentar efeitos negativos na sociedade como: aumento do número de desabrigados, aumento do número de mortes, perdas de propriedades e patrimônios, perdas na produção de alimentos por conta das mudanças em distribuição de chuvas, dentre outros.

Assim como diversas outras cidades brasileiras, Maceió encontra-se em região litorânea, susceptível a eventos extremos relacionados ao clima. Apesar das dificuldades em identificar claramente as alterações ocorridas e a origem desses eventos, é possível perceber o aumento de sua frequência e também, da sua intensidade e gravidade.

Por ser uma cidade litorânea, Maceió está exposta a alguns dos principais efeitos conhecidos das mudanças climáticas como: o aumento do nível do mar, a mudança na frequência e no regime de chuvas e intensidade de tempestades, aumento da precipitação, aumento da temperatura do oceano, dentre outros, o que impõe diversos riscos à população local.

Esses efeitos podem aumentar a exposição ao risco das moradias e de infraestruturas como escolas, hospitais, comércios, rodovias e também, causar problemas ambientais e de saúde pública, em decorrência do aparecimento de doenças.

Neste trabalho serão descritos os eventos extremos relacionados ao aumento na intensidade das chuvas e na região metropolitana Maceió, o que ocasionou alagamentos, enchentes e deslizamentos de terras.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

As alterações na dinâmica do clima podem resultar em cenários diversos de desastres naturais, que podem ter impactos negativos sobre o meio ambiente, a população e as cidades de forma ampla. Alguns desses cenários têm sido amplamente estudados pela comunidade científica e, a partir desses estudos é possível relacionar os impactos causados às medidas de mitigação e/ou adaptação a estas mudanças.

Os cenários elencados são: enchentes, secas, processos de desertificação, alterações na biodiversidade, alagamentos e inundações, desequilíbrios na biosfera e surgimento de pragas, dentre outros.

Cidades costeiras convivem com eventos extremos desde o início de sua ocupação, mas as mudanças climáticas e o rápido desenvolvimento urbano amplificam seus efeitos, aumentando os prejuízos socioeconômicos e as perdas ambientais.

A identificação de impactos ambientais consiste em descrever as possíveis consequências esperadas de um determinado evento, analisando a relação de causa e efeito entre o evento e os impactos. Para isso, é preciso prever os impactos elaborando hipóteses e investigar a intensidade. A análise dos possíveis impactos ambientais pode levar à proposição de medidas de gestão e atenuação.

Para o controle efetivo desses impactos, as cidades, os governos, a sociedade, devem identificar localmente quais serão os cenários possíveis e, a partir daí, adotar medidas de prevenção e adaptação. Com isso, é possível afirmar que a identificação de impactos é uma ferramenta eficaz de planejamento e que deve ser adotada de forma contínua para evitar grandes catástrofes.

A avaliação dos impactos ambientais é uma ferramenta de gestão de riscos capaz de qualificar e também quantificar, através de escalas previamente definidas, os impactos positivos e negativos que caracterizam um dado objeto de estudo, além de ser uma medida eficaz de planejamento.

## 1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma proposta para identificação de impactos ambientais causados pelos cenários de efeitos prováveis das mudanças climáticas, propondo medidas de controle, mitigação e de prevenção com base no Plano Nacional de Adaptação às mudanças do clima, a partir do estudo dos eventos extremos ocorridos na região da grande Maceió.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Descrever os eventos extremos ocorridos em Maceió;
- b) Identificar medidas de mitigação e adaptação;
- c) Avaliar a capacidade de adaptação da cidade de Maceió às mudanças do clima.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A MUDANÇA DO CLIMA

O clima refere-se a um conjunto de variáveis como a temperatura, pressão, umidade, que caracterizam uma média da condição da atmosfera ao longo de um período específico, geralmente de anos. O tempo se difere do clima, pois se trata de uma condição momentânea da atmosfera (CGEE, 2008).

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), os elementos constitutivos do clima são três: a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica, que interagem na formação dos diferentes climas da Terra.

A atmosfera está dividida em camadas, que se distinguem pela composição química encontrada, que varia de acordo com o distanciamento da superfície.

A atmosfera é formada principalmente pelos gases nitrogênio, oxigênio e argônio, que compõem aproximadamente 99% do total de gases na atmosfera. Outros gases estão distribuídos em menores quantidades, inclusive os gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), vapor d'água e os perfluorcarbonetos (PFC).

Segundo Felipetto (2007), o efeito estufa é um processo natural, onde ocorre a conservação do calor na camada da atmosfera mais próxima à superfície, a troposfera, e mantém a temperatura média do planeta em torno de  $15^\circ\text{C}$ . Parte da energia solar é absorvida ao chegar à superfície, o que mantém o aquecimento do planeta e, a outra parte é refletida de volta ao espaço. Parte da energia refletida é absorvida ainda na atmosfera, em decorrência da presença de gases.

Os gases de efeito estufa interagem com a energia que é refletida pela superfície do planeta, bloqueando a passagem da radiação e causando um aquecimento. De acordo com Maroun (2007) pode existir uma relação entre o aumento da concentração desses gases com o aumento da temperatura média global. Uma quantidade maior na concentração desses gases acelera esse processo, mais conhecido atualmente como aquecimento global.

Os impactos causados por estes gases de efeito estufa são verificados utilizando medidas da contribuição de cada gás para o aquecimento global. O potencial de aquecimento global é uma medida de como determinada quantidade de GEE contribui para este aquecimento. Cada gás possui um valor que determina a

sua contribuição e, tem-se o gás carbônico como gás de referência. A tabela abaixo apresenta o potencial de aquecimento global dos GEE:

TABELA 1 – POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL DOS GEE

GEE	GWP
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310

FONTE: CGEE (2008).

Com o aumento da emissão desses gases alguns efeitos já podem ser observados, tais como: derretimento das calotas polares, aquecimento dos oceanos, aumento do nível dos mares, inundação de regiões costeiras, dentre outros.

## 2.2 POLÍTICAS SOBRE MUDANÇAS NO CLIMA

Há algumas décadas, os governos e a sociedade em geral iniciaram discussões tendo como foco principal questões relacionadas com o meio ambiente. Em 1972 foi realizado o primeiro encontro, promovido pelas Nações Unidas, que se debruçou sobre estas questões, a Conferência de Estocolmo. A criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA deu-se nesta conferência.

Ao longo do tempo, outras reuniões com representantes governamentais de todo o mundo foram realizadas, com o propósito de adequar o crescimento populacional e das atividades humanas à preservação do meio ambiente.

### 2.2.1 Protocolo de Quioto

Durante a Rio 92, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, representantes de vários países estabeleceram uma agenda global reconhecendo os problemas ambientais existentes e as formas para lidar e minimizá-los.

Nesta conferência foi elaborada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, sigla em inglês), com o objetivo de estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa lançados na atmosfera pelas atividades humanas. Neste mesmo evento originou-se a Conferência das Partes que, desde

então é realizada anualmente, onde são realizadas negociações sobre implementação das ações da Convenção Quadro.

Segundo Maroun (2007), a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima entrou em vigor em 21 de março de 1994 e, até novembro de 2004, havia sido assinada por 189 países. Todos os países teriam suas responsabilidades comuns, porém diferenciadas, com compromissos específicos para as nações consideradas desenvolvidas.

O Protocolo de Quioto, criado em 1997 no Japão, entrou em vigor somente em 2005. Entre 2008-2012, 37 países industrializados e a Comunidade Europeia comprometeram-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa GEE para uma média de 5% em relação aos níveis de 1990 (Ministério do Meio Ambiente, 2017).

Com o Protocolo de Quioto foi possível estabelecer mecanismos para auxiliar a alcançar a meta de redução estabelecida, e que poderia ser realizado em diferentes países. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL é um desses mecanismos, sendo o único possível de ser aplicado no Brasil.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo permite que países industrializados reduzam seus custos para a redução doméstica de emissões, investindo em projetos com base em tecnologias limpas a serem implantados em países em desenvolvimento (Maroun, 2007).

### 2.2.2 Acordo de Paris

O Acordo de Paris é mais um tratado elaborado para estabelecer metas de redução na emissão de gases de efeito estufa, com o compromisso de manter o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis na era pré-industrial e, limitar o aumento da temperatura a 1,5°C.

Segundo Bastian (2016), o Acordo de Paris, documento oriundo da COP 21, também prevê o compromisso de acompanhamento e revisão a cada cinco anos de como os países estão aplicando seus planos climáticos, com o primeiro encontro marcado para 2023.

Para atender ao proposto pelo Acordo de Paris, o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025, com ações estabelecidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima.

### 2.2.3 Conferência de Bonn

De forma a discutir a implementação do Acordo de Paris, foi realizada em novembro de 2017 a 23.<sup>a</sup> Conferência das Partes – COP 23, em Bonn na Alemanha. Representantes de diversos países se reuniram com o objetivo de estabelecer as medidas a serem aplicadas para limitar o aumento da temperatura global, contendo o progresso dos impactos relativos ao aquecimento do planeta.

No entanto, houve pouco avanço nas negociações durante a conferência para a elaboração do “livro de regras”, o qual deverá ser concluído em 2018, e que deve detalhar como será o processo para atingir as metas estabelecidas no Acordo de Paris.

### 2.2.4 Política Nacional sobre Mudança do Clima

A Lei n.º 12.187 de 29/12/2009 dispõe sobre a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e, o Decreto n.º 7.390, de 09/12/2010, que regulamenta a política.

A PNMC trata de um compromisso nacional voluntário, estabelecendo ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas a reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões no Brasil, projetadas até 2020.

A Política está relacionada aos princípios de prevenção, precaução, de desenvolvimento sustentável e também, considera as responsabilidades comuns, porém compartilhadas, no âmbito internacional, o que a relaciona com os Acordos Internacionais que versam sobre as Mudanças Climáticas e às ações de combate para este evento.

O Decreto 7.390 regulamenta alguns dos artigos da PNMC, estabelecendo como instrumentos, Planos e Programas, com foco especialmente em desmatamento e proteção dos biomas.

A projeção das emissões considera quatro setores distintos, sendo eles: Mudança de Uso da Terra, Energia; Agropecuária e; Processos Industriais e Tratamento de Resíduos, nesta ordem.

Estabelece também, que, para verificar o atendimento, deverão ser adotadas metodologias e mecanismos para aferir o cumprimento dessas projeções.

### 2.2.5 Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima

Conforme estabelecido na PNMC em seu artigo 4.º, medidas deverão ser implementadas para promover a adaptação à mudança do clima nas três esferas da Federação, desta forma, reduzindo os efeitos adversos da mudança do clima e a vulnerabilidade dos sistemas ambiental, social e econômico.

A ocupação irregular e desordenada das cidades, muito comum de ser observada no Brasil, gera problemas de infraestrutura, ausência de saneamento básico, insuficiência nos sistemas de drenagem, problemas ambientais como o despejo incorreto de resíduos, lançamento de efluentes, dentre outros.

As mudanças no clima, já constatadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, podem afetar os sistemas naturais, assim como a infraestrutura urbana e serviços necessários à população.

O Plano Nacional de Adaptação propõe ações, estratégias e diretrizes que visam a gestão e a diminuição do risco climático do país frente aos efeitos adversos da mudança do clima em suas dimensões social, econômica e ambiental (Ministério do Meio Ambiente, 2016).

### 2.3 DESASTRES NATURAIS E VULNERABILIDADE

A mudança do clima associada ao aquecimento global pode alterar a frequência, intensidade, distribuição espacial, duração, sincronismo dos eventos extremos, e resultar em condições adversas até mesmo nunca antes observadas (IPCC, 2012).

Segundo Marengo e Scarano (2016), os impactos já observados das variações nos extremos de tempo e clima nas grandes cidades, especialmente as costeiras, mostram que as mudanças climáticas projetadas para as próximas décadas representam um grande desafio a ser enfrentado pela humanidade no século XXI.

Segundo Relatório da Iniciativa Verde (2015), o termo desastres foi definido como:

“Ocorrência potencial de um evento natural ou fisicamente induzido pelo ser humano, impacto físico ou tendência a este que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, bem como perdas e danos à propriedade, infraestrutura, meios de subsistência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos ambientais.”

Os desastres podem ocorrer de forma natural ou podem ter agravantes associados, neste caso, às mudanças climáticas, que podem aumentar a

intensidade, frequência e gravidade dos eventos. Estes desastres naturais podem ser: secas, estiagens, inundações, enchentes, deslizamentos de terra, alagamentos, furacões, dentre outros.

Mesmo ainda havendo incertezas na relação entre eventos extremos com as alterações climáticas, as áreas urbanas estão mais sujeitas e vulneráveis.

### 2.3.1 Uso e ocupação do solo

O aumento populacional nas cidades metropolitanas tem sido observado ao longo dos anos. A migração da zona rural para as cidades ocorre pela busca de melhores oportunidades de trabalho, das condições sociais, de educação, da saúde, dentre outros fatores.

No entanto, problemas em decorrência da ocupação desordenada são observados nessas cidades dos quais podem ser citados a ocupação de terrenos em áreas de risco, aumento da violência e da desigualdade social, ausência de serviços básicos como o saneamento e infraestrutura de habitação, acesso à água de qualidade, coleta de resíduos, o que pode aumentar consideravelmente os impactos ambientais locais.

A relação entre as mudanças climáticas e seus efeitos nas grandes áreas urbanas tem sido estudada fortemente nos últimos anos, porém, ainda são poucos os que relacionam os impactos com o grau de vulnerabilidade.

Essa ocupação desordenada contribui para elevar o grau de vulnerabilidade e limitar a capacidade de resposta da população à adaptação aos impactos das mudanças climáticas.

Para evitar esse tipo de ocorrência é importante realizar levantamento sobre o uso e ocupação do solo, utilizando-se dessas informações como ferramenta de planejamento, conforme explicado por Takeda (2013):

“Tratam-se o uso e ocupação do solo por mecanismos de planejamento urbano, podendo-se construir o conceito de que o uso do solo é o rebatimento da reprodução social no plano do espaço urbano e a ocupação do solo, por sua vez, é a maneira pela qual a edificação pode ocupar terreno urbano, em função dos índices urbanísticos incidentes sobre o mesmo. [...] O uso e ocupação do solo tem por principais finalidades: a) Organizar o território potencializando as aptidões, as compatibilidades, as contiguidades, as complementariedades, de atividades urbanas e rurais; b) Controlar a densidade populacional e a ocupação do solo pelas construções; c) Otimizar os deslocamentos e melhorar a mobilidade urbana e rural; d) Evitar as incompatibilidades entre funções urbanas e rurais; e) Eliminar possibilidades de desastres ambientais; f) Preservar o meio-ambiente e a qualidade de vida rural e urbana”.

O conhecimento do grau de vulnerabilidade existente é uma ferramenta que pode ser utilizada como base para revisão dos planos diretores das cidades e também, elaboração e execução dos planos de adaptação às mudanças do clima e, direcionar o uso e a ocupação do solo em acordo com os fins adequados em função da sua capacidade.

O zoneamento ambiental é outro instrumento que pode ser utilizado e deve incorporar a variável ambiental no âmbito do ordenamento territorial de modo que as atividades humanas a serem desenvolvidas em um determinado espaço sejam viáveis, considerando aspectos ambientais e não somente o ponto de vista econômico ou social.

Segundo Takeda (2013), em uma cidade desprovida de ordem, os usos desenvolvem-se de forma confusa, com grande prejuízo do bem-estar da população. Este fato aliado às mudanças do clima pode contribuir para aumentar a severidade dos impactos.

### 2.3.2 Vulnerabilidade

O IPCC define como vulnerabilidade a propensão ou pré-disposição a ser adversamente afetado. Vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou susceptibilidade a danos e falta de capacidade para lidar e se adaptar.

Para obter o grau de vulnerabilidade é preciso associar critérios como a exposição, a susceptibilidade, a capacidade do local em lidar com o evento e por fim, a sua capacidade de adaptação.

Pode se observar que os impactos causados, a vulnerabilidade existente e a capacidade de adaptação das cidades às mudanças climáticas exercem consequências distintas em cada região, pois estão relacionados com o nível de desenvolvimento social e a capacidade de resposta da sociedade.

A ocupação habitacional em áreas de risco contribui para intensificar consideravelmente o grau de vulnerabilidade especialmente expondo a perigos de deslizamentos de terra em encostas e erosão, inundações, alagamentos e enchentes.

O interesse pelo estudo da complexidade da temática das mudanças climáticas em áreas urbanas origina-se na elevada concentração de pessoas, que

muitas vezes em países com problemas de desenvolvimento estão desprovidas de infraestrutura para atender as necessidades básicas de habitação e saneamento (Martins, 2010).

## 2.4 GESTÃO DO RISCO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS DO CLIMA

A gestão do risco associada à mudança do clima deve promover a coordenação e cooperação entre as três esferas de governo, setores econômicos e da sociedade civil, uma vez que os impactos da mudança do clima ocorrem em escala local, mas as medidas de enfrentamento dependem de ações coordenadas e implementadas em diferentes estratégias setoriais ou temáticas (Ministério do Meio Ambiente, 2016).

A gestão dos riscos decorrentes das mudanças do clima tem como objetivos evitar perdas e implementar instrumentos que permitam a adaptação e proteção dos sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura. Para isso, a gestão de riscos deve estar inserida nas diversas políticas públicas, com participação de todos os níveis do governo.

Segundo IPCC, em seu 5.º relatório, risco é muitas vezes representado como a probabilidade de ocorrência de eventos perigosos ou tendências multiplicadas pelos impactos destes eventos ou tendências ocorrerem. O risco resulta da interação entre vulnerabilidade, exposição e danos.

A adaptação das cidades frente às mudanças climáticas exige o conhecimento do grau de vulnerabilidade aos perigos existentes para executar ações de redução do risco e minimização dos impactos, com base nos cenários atuais e futuros.

As cidades costeiras brasileiras demandam um planejamento estratégico voltado para priorizar investimentos e medidas de adaptação frente às mudanças climáticas. Redução de riscos e minimização dos impactos ocasionados pelos eventos extremos associados a inundações costeiras, enchentes, alagamentos, movimentos de massa e erosão em zonas costeiras deverão ser parte integrante desse planejamento (Marengo e Scarano, 2016).

A gestão de riscos deve promover um conjunto de ações estruturais e não estruturais com o objetivo de minimizar o risco de ocorrência dos desastres e/ou,

reduzir os seus impactos, além de auxiliar os governos na tomada de decisões sobre como tratar os riscos.

A gestão de riscos deve possuir um caráter, primeiramente, preventivo, com ações de: identificação, avaliação e medidas de redução dos riscos; em seguida, deve contemplar ações de planejamento para situações de emergência visando diminuir a magnitude dos impactos. Todos os riscos identificados e avaliados devem ser gerenciados.

Deve haver uma interação entre as diferentes políticas públicas para incorporar o resultado da avaliação de riscos de forma a estabelecer estratégias eficientes e eficazes para a adaptação e mitigação dos impactos frente à vulnerabilidade dos sistemas naturais e antrópicos, considerando as particularidades de cada região e contemplando os aspectos social, ambiental e econômico do local.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada neste trabalho envolveu a revisão e análise crítica de bibliografia que auxiliou na definição do tema proposto e divulgada em trabalhos científicos, buscando o referencial teórico mais recente, quer sejam: livros, artigos científicos e outros documentos de conhecimento geral relacionados às temáticas: mudanças climáticas, desastres naturais, adaptação e vulnerabilidade às mudanças no clima e políticas públicas urbanas, sendo estes também os termos utilizados durante a busca da bibliografia existente.

Além disso, foram analisados dados de eventos climáticos mais extremos ocorridos na cidade de Maceió. Para este trabalho foi feita uma descrição inicial dos eventos extremos ocorridos na cidade de Maceió nos anos de 2010, 2011 e 2017.

Os dados pluviométricos foram obtidos em diferentes entidades como a SEMARH-AL e CPTEC-INPE.

Além disso, foi realizada uma análise do regime de chuvas, especialmente daqueles períodos em que ocorreram os eventos catastróficos desta região.

Esta pesquisa buscou responder aos questionamentos, como:

- a. Quais os principais impactos identificados a partir de eventos extremos e ocorrência de desastres naturais?
- b. Quais ações a serem realizadas para adaptação da cidade de Maceió diante dos impactos causados pelas mudanças climáticas?

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

Maceió é capital do estado de Alagoas e é uma cidade que se encontra na faixa costeira. De acordo com o censo demográfico realizado em 2010 (IBGE, 2017), Alagoas possui 102 municípios, totalizando uma população de 3.120.494 habitantes, sendo 932.748 residentes na capital, o que representa aproximadamente 30% do total.



Figura 1 – Área de estudo Região Metropolitana de Maceió  
 Fonte: Governo de Alagoas

Segundo Lima et al. (2009), em Maceió o crescimento urbano se expressa na ocupação e uso intenso ao longo dos tabuleiros costeiros da Formação Barreiras. Estes terrenos apresentam certa suscetibilidade a deslizamentos e processos erosivos.

Em Maceió não são observados fenômenos de grande magnitude como terremotos, ciclones, tsunamis, etc. Os eventos mais prováveis decorrem de deslizamentos de terra, alagamentos e outros relacionados à variáveis hidrológicas como a precipitação.

Segundo Passos (2009), possui clima caracterizado como quente e úmido com radiação solar intensa, apresentando pequenas variações de temperatura diárias, sazonais e anuais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cidade de Maceió está sujeita aos problemas decorrentes de chuvas intensas, alagamentos e deslizamentos de terra, potencializados pelo uso e ocupação desordenados do solo e crescimento urbano em áreas com alto grau de vulnerabilidade.

As desigualdades social e econômica encontradas, não só em Maceió, mas em todo estado de Alagoas, contribuem para aumentar o grau de vulnerabilidade às alterações do clima.

Ações de prevenção devem ser baseadas na realidade local de forma a evitar ou minimizar as ocorrências de desastres naturais. A identificação dos impactos tem como objetivo minimizar os danos causados por estes eventos através da elaboração de programas, planos, medidas econômicas, sociais e ambientais.

### 4.1 EVENTOS EXTREMOS

As inundações ocorridas em 2010 atingiram principalmente a população residente nas margens dos rios. Além de Alagoas, o estado de Pernambuco também foi bastante afetado. O evento extremo teve como efeito a inundação dos rios situados nas bacias do Mundaú e Paraíba.

Para Souza (2011), a associação entre os distúrbios ondulatórios de leste e o anticiclone subtropical do atlântico sul, sistemas atuantes na ocasião têm sido apontados como as causas da excessiva precipitação bacias, mas sabe-se que a ocupação urbana desordenada às margens dos rios, alinhada a descaracterização das mesmas foi um fator agravante para a tragédia.

Segundo UFSC (2011), entre 1991 e 2010, no mês de junho foram registrado 54 desastres por inundações bruscas em Alagoas e entre estes, 19 registros de desastres foram associados ao evento de 2010.

Segundo dados do Banco Mundial (2012), as chuvas do mês de junho de 2010 afetaram de forma significativa o estado de Alagoas gerando impactos econômicos e sociais nas comunidades afetadas. Aproximadamente 270 mil pessoas foram afetadas, das quais 44 mil ficaram desalojadas e mais de 28 mil desabrigadas. O número de mortes chegou a 36 e feridos, a 1.131 pessoas.

O custo total do evento foi estimado em R\$ 1,89 bilhões entre perdas e danos. Somente para o setor privado foi estimado impacto da ordem de R\$ 1,25 bilhões ou 66% o que indica para grandes desafios de recuperação do setor pós-desastre. Somente o setor de habitação reportou perdas e danos privados de R\$ 945 milhões e comércio R\$ 125 milhões (Banco Mundial, 2012).

## 4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A análise da tendência de séries históricas de precipitação é uma das maneiras de se determinar a ocorrência de mudança climática local, possibilitando a avaliação de suas consequências sobre as bacias hidrográficas e, conseqüentemente, sobre a sociedade (Silva et al., 2017).

Em regiões como o Nordeste do Brasil, principalmente no semiárido, a precipitação é uma variável determinante das condições do clima local, bem como da sua variabilidade e mudança em longo prazo (SANTOS et al., 2009).

Não é objeto deste trabalho realizar uma avaliação minimamente detalhada sobre os índices de precipitação de cada ano, ocorrido em Maceió. Porém, é importante apresentar os registros da quantidade de chuva acumulada nos anos em que sua ocorrência gerou graves consequências para a população.

As informações de precipitação de Maceió, para os anos de 2010, 2011 e 2017, seguem conforme gráficos abaixo:

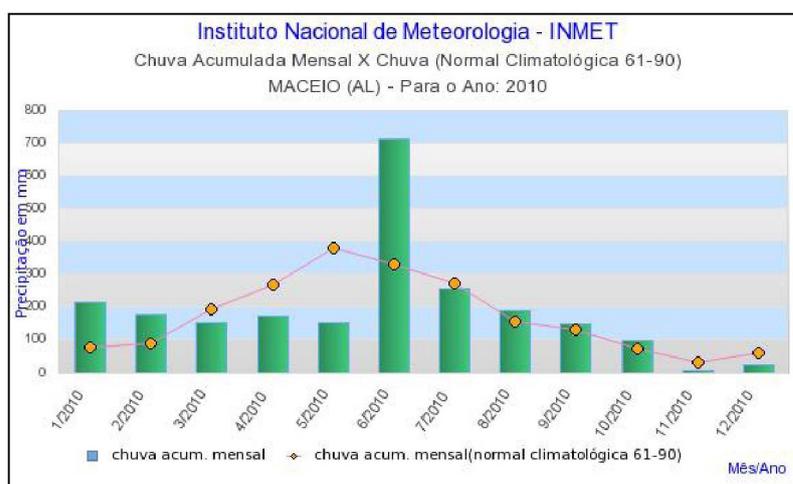


GRÁFICO 1 – CHUVA ACUMULADA EM 2010  
 FONTE: INMET (2017).

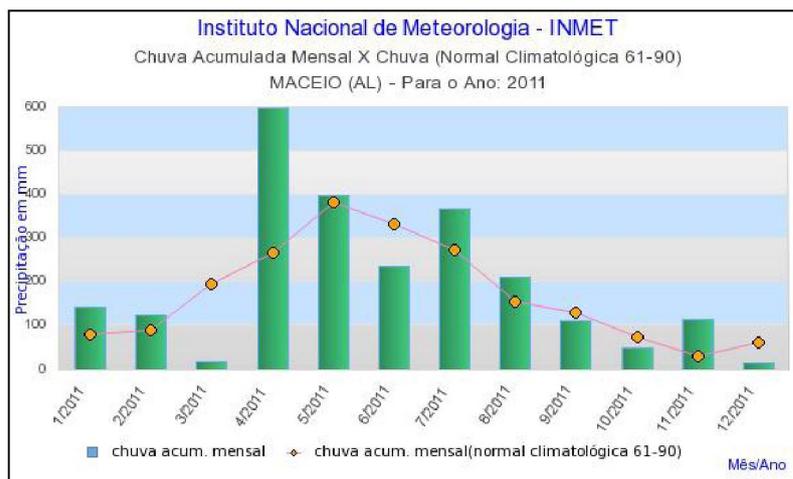


GRÁFICO 2 – CHUVA ACUMULADA EM 2011  
 FONTE: INMET (2017).

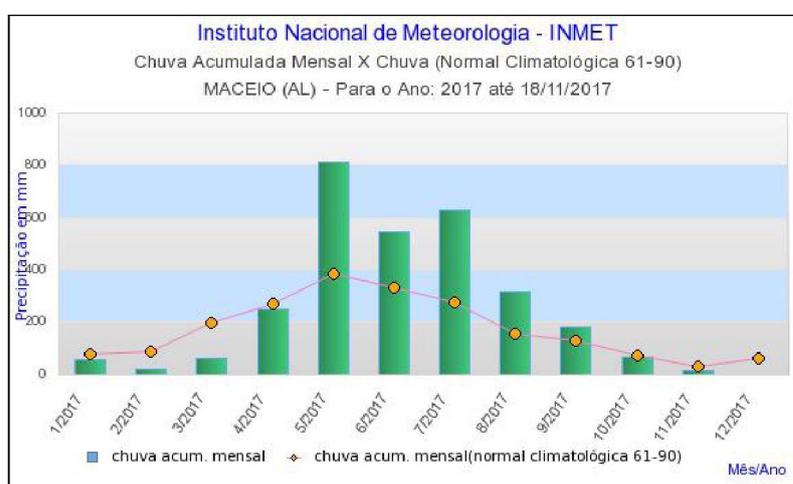


GRÁFICO 3 – CHUVA ACUMULADA EM 2017  
 FONTE: INMET (2017).

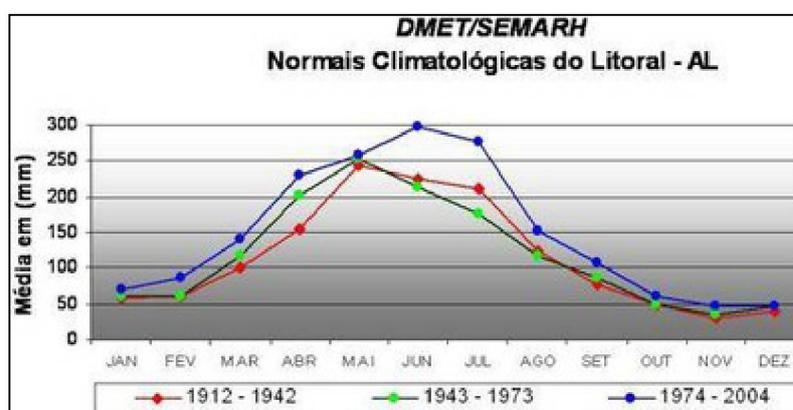


GRÁFICO 4 – NORMAL CLIMATOLÓGICA EM ALAGOAS  
 FONTE: INMET (2017).

Os meses de maio, junho e julho possuem a maior média de precipitação. Porém, é possível perceber que nos anos em análise, conforme os gráficos acima, o

índice de precipitação foi muito mais elevado que a normal climatológica analisada entre os anos de 1912 a 2004, sendo o maior volume estimado em 300 mm, em comparação aos volumes de 700, 600 e 800 mm, para os anos de 2010, 2011 e 2017, respectivamente.

Essas chuvas intensas resultaram em deslizamentos de terra, alagamentos e inundações em diversos pontos da cidade e de municípios próximos à região metropolitana de Maceió.

### 4.3 ÁREAS DE RISCO

Segundo a Defesa Civil, a cidade de Maceió tem cerca de 575 áreas de risco. O aumento repentino na população da cidade tem tido como efeito, a ocupação indevida de áreas impróprias para construção de moradias, contribuindo para o aumento desse número (Santos et al., 2017).

Todos os anos, quando se inicia o período de fortes chuvas, alagamentos e deslizamentos de terra ocorrem em Maceió. A gravidade da situação aumenta pelo grande número de pessoas que vivem principalmente nas encostas, áreas de maior risco. Durante o período de chuvas intensas, muitas residências e estabelecimentos comerciais são invadidos pela água, resultando em perdas econômicas e materiais, além da perda de vidas, em alguns casos.

O risco definido neste trabalho envolve somente aquele que está relacionado às áreas com ocupação humana.

Apesar das incertezas ainda vigentes em relação às mudanças climáticas, inclusive especificamente para a cidade de Maceió e estado de Alagoas, é possível que a alteração na frequência de ocorrência dos eventos extremos, tais como: secas e estiagens, aumento do nível do mar e altas temperaturas seja reflexo dessas mudanças.

As áreas costeiras poderão ser as mais afetadas pelos possíveis impactos das mudanças climáticas devido sua elevada importância, por serem densamente povoadas, além de apresentarem um crescimento desordenado e uma infraestrutura deficiente.

Por conta de sua ocupação irregular, as áreas de encostas em Maceió são as mais susceptíveis aos desastres naturais, em função do potencial para ocorrência

de processo destrutivo, como os escorregamentos. Nas figuras abaixo esta situação é confirmada e faz parte da realidade da cidade.



Figura 2 – Área de encosta com ocupação irregular (Bairro Levada)  
Fonte: Autor (2017)



Figura 3 – Área de encosta (Bairro Farol)  
Fonte: Autor (2017)

A partir dos eventos extremos ocorridos em Maceió, foi possível elencar alguns impactos conhecidos e divulgados, dentre eles estão os citados na Tabela 2:

TABELA 2 – IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS DECORRENTES DE EVENTOS EXTREMOS EM MACEIÓ

CENÁRIOS	RISCOS	IMPACTOS OBSERVADOS	MEDIDAS DE CONTROLE
Precipitações intensas	Alagamentos e inundações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento nas perdas de propriedades e da infraestrutura;</li> <li>▪ Mortes;</li> <li>▪ Aumento no número de casos de doenças por veiculação hídrica;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Criação de um banco de dados e de uma rede de informações integrada entre os órgãos pertinentes com o mapeamento de todas as áreas de risco existentes na cidade;</li> <li>2. Realizar melhorias nos sistemas de drenagem para facilitar o escoamento em situações adversas de chuvas intensas;</li> <li>3. Construção de habitações fora das áreas de risco;</li> <li>4. Criação de um sistema de alerta para a população residente em áreas de riscos, até a sua realocação;</li> <li>5. Fortalecimento da utilização de energias renováveis;</li> <li>6. Melhorias nos sistemas de drenagem superficial, de saneamento básico e coleta de resíduos;</li> <li>7. Criação de um Programa de Conscientização e Educação Ambiental da população;</li> <li>8. Monitoramento constante para previsão de eventos;</li> <li>9. Elaboração de um Plano Estadual voltado à mitigação das mudanças climáticas;</li> <li>10. Revisão do Plano Diretor.</li> </ol>
	Deslizamentos em encostas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interrupção no fornecimento de água de energia;</li> <li>▪ Aumento no número de desabrigados;</li> <li>▪ Redução de espaços habitáveis;</li> <li>▪ Comprometimento dos sistemas de saneamento básico;</li> <li>▪ Aumento da erosão do solo;</li> <li>▪ Aumento dos danos à fundações de construções pela compactação do solo.</li> </ul>	
Temperaturas extremas	Secas e estiagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento no número de focos de queimadas;</li> <li>▪ Aumento dos riscos à vida e a saúde humana;</li> <li>▪ Alteração da paisagem local;</li> <li>▪ Perda de biodiversidade;</li> <li>▪ Diminuição da qualidade e quantidade dos recursos hídricos;</li> <li>▪ Queda do abastecimento de água;</li> <li>▪ Interrupção do fornecimento de energia;</li> <li>▪ Aumento na demanda de energia;</li> <li>▪ Aumento do estresse em virtude do calor;</li> </ul>	

Eventos como alagamentos, enchentes e deslizamentos de terra são os mais frequentes e recorrentes na região metropolitana de Maceió. A ocupação irregular em áreas de encostas e nas regiões lagunares contribui para os efeitos catastróficos dos últimos eventos registrados.

Considerada bastante dependente do turismo, uma importante atividade econômica, a cidade de Maceió pode ter dificuldade em se recuperar de um desastre natural em função de um evento extremo, o que pode diminuir o fluxo de turistas e afetar a infraestrutura hoteleira e de lazer por longo prazo. Isso confere um grau muito alto de vulnerabilidade à região.

Um planejamento estratégico pode ser considerado como uma excelente ferramenta para minimizar os efeitos das mudanças climáticas, que deve conter estudos que envolvam análises de risco, vulnerabilidades e impactos associados a cenários atuais e projeções de eventos extremos.

Esses estudos são um ponto de partida para a orientação na tomada de medidas efetivas para a redução de impactos e o restabelecimento das condições iniciais, além de possibilitarem a indicação de áreas críticas e prioritárias.

## 5 CONCLUSÕES

As mudanças climáticas exercem influência em todo o planeta, porém, é preciso conhecer as especificidades de cada local, pois podem interferir na gravidade e magnitude dos impactos.

Durante a pesquisa foram encontradas algumas dificuldades para obtenção de dados oficiais e atuais sobre a relação entre mudanças do clima, vulnerabilidade e adaptação da cidade de Maceió.

Deverão ser elaborados e detalhados estudos sobre áreas de risco, com indicação do grau de vulnerabilidade para cada local e identificação destas áreas antes da ocorrência de alagamentos, enchentes e deslizamentos de terra, sendo assim medidas preventivas; realocação da população para habitações adequadas fora de áreas de risco e combate à ocupação destas áreas; ações de sensibilização e educação ambiental da comunidade; instalação de sistemas de alertas para a população; sistema de monitoramento das condições climáticas locais.

É essencial que não só a cidade de Maceió, como o estado de Alagoas, estejam preparados para enfrentar os impactos negativos decorrentes das mudanças climáticas assim como para criar as oportunidades provenientes da necessidade de mitigação do problema.

O mapeamento de riscos e dos impactos, a identificação e estudo das vulnerabilidades também é fundamental para o desenvolvimento sustentável da região. Investir em medidas preventivas é menos oneroso e mais eficiente que atuar após situação de calamidade.

Um planejamento econômico e socioambiental consistente é um instrumento fundamental para políticas eficazes de combate aos efeitos da mudança climática e garantia da sustentabilidade, estabelecendo as medidas de adaptação e mitigação necessárias.

## REFERÊNCIAS

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de Perdas e Danos: Inundações bruscas em Alagoas – Junho de 2010**. Brasília, Agosto 2012. 59p. Relatório.

BASTIAN, M.E.G. DE A. **O acordo de Paris como solução efetiva às questões climáticas a partir uso de sanções premiais**. 2016. 115p. Monografia (Pós Graduação em Novas Tendências do Direito Internacional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2016.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Manual de Capacitação sobre Mudanças do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Brasília, 2008. 276p.

FELIPETTO, A. V. M. **Conceito, planejamento e oportunidades**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 48p.

INICIATIVA VERDE. **Sumário do Relatório do IPCC para os Tomadores de Decisão do Quinto Relatório do Grupo de Trabalho II**. Versão traduzida para o português. São Paulo, 2015. 47p.

**Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE)**. Estado de Alagoas. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=270430&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 16/11/2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. Cambridge University Press, 2012, 582 pp.

LIMA, I. S.; FERREIRA, A. C.; SILVA, H. F.; RAMOS, V. C. L. **Intervenções de Engenharia Indicadas no Plano Municipal de Redução de Riscos a Deslizamentos e**

Inundações do Município de Maceió (AL). In: 5ª Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas, 2009, São Paulo. 8p.

MARENGO, J.A., SCARANO, F.R. (Eds.). **Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas**: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: COPPE - UFRJ, 2016. 184p.

MAROUN, M.R. **Adaptação às mudanças climáticas: uma proposta de documento de concepção de projeto (DCP) no âmbito do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**. 2007. 202p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2007.

MARTINS, R. **Governança climática nas cidades**: reduzindo vulnerabilidade e aumentando resiliência. Revista de Geografia Acadêmica 4: 5-18, 2010.

MENDONÇA, F., Danni-Oliveira, I.M. Climatologia e Meteorologia: alguns conceitos e abordagens. In: MENDONÇA, F., Danni-Oliveira, I.M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 15.

Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**: volume 1 : estratégia geral: portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016 / Ministério do Meio Ambiente. --. Brasília: MMA, 2016. 2 v.

**Ministério do Meio Ambiente**. Protocolo de Quioto. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>>. Acesso em: 17/11/2017.

PASSOS, I.C. da S. **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar**. 2009. 175p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

SANTOS, C. A. C. dos; BRITO, J. I. B. de; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 39- 47, 2009.

SANTOS, A.C.C.S.; SANTOS, K.S.S.; MORAES, M.S.; BEZERRA, S.G.; SILVA, P.H.G. Deslizamentos de terra na cidade de Maceió, mapeamento de zonas de risco, aplicando ferramentas computacionais. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maceió, v. 4, n. 1, p. 63-78, maio 2017.

SILVA, R.O.B.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SOUZA, W.M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Engenharia Ambiental e Sanitária**, v. 22, n. 3, 579-589, maio/junho 2017.

SOUZA, J.C.O. Análise do Evento Climático Extremo Ocorrido na Região Leste de Alagoas: Bacias Hidrográficas dos Rios Mundaú e Paraíba do Meio. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 2, 377-395, 2011.

TAKEDA, T. O. **Uso e ocupação do solo urbano**. Disponível em: <[www.jurisway.com.br](http://www.jurisway.com.br)>. Acesso em: 07/01/2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Alagoas**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011. 51p.