

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

SUELEM CEBALHO DE AMORIM

**ANÁLISE DA DINÂMICA PLUVIOMÉTRICA E OS EVENTOS
DE ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NA CIDADE DE
CÁCERES-MT**

**CÁCERES/MT
2020**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

SUELEM CEBALHO DE AMORIM

**ANÁLISE DA DINÂMICA PLUVIOMÉTRICA E OS EVENTOS
DE ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NA CIDADE DE
CÁCERES-MT**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Zenén Domínguez González.

**CÁCERES/MT
2020**

Ficha Catalográfica

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

A524a AMORIM, Suelem Cebalho de.

Análise da Dinâmica Pluviométrica e os eventos de alagamentos e inundações na cidade de Cáceres-MT / Suelem Cebalho de Amorim. – Cáceres, 2020.

94 f. ; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim).

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação *Stricto Sensu* (Mestrado Acadêmico) Geografia, Faculdade de Ciências Humanas, Câmpus de Cáceres, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2020.

Orientador: Dr. Alfredo Zenen Dominguez Gonzalez.

1. Dinâmica Pluviométrica. 2. Episódios de Chuvas. 3. Impactos Socioambientais. I. Gonzalez, Alfredo Zenen Dominguez, Dr. II. Título.

CDU 551.577.5(817.2)



ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIENCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PHD-FEIT' HIV D" F' SOU<A E PDF-GRADUA O
INPUT UNI' ERGT7ARIO OEC1 CERES—JANE VAF4INT
PttOGRAMA DE POS-GRADUA O EM GEOGRAFIA



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos onze dias do mês de maio, do ano de dois mil e vinte. às oito horas e quinze minutos, realizou-se de forma remota, por meio de videoconferência, a Banca de Defesa da Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGGE), da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat) - da dissertação de SUELEM CEBATHO DA AMORIM. intitulada: ANÁLISE DA DINÂMICA PLUVIOMÉTRICA E OS EVENTOS DE ALAGAMENTO E INUNDABILIDADE NA DRENAÇÃO DE CACERES-MS. A Banca Examinadora foi constituída pelo Prof. Dr. Alfredo Zenen Dominguez Gonzalez (Orientador), pelo Prof. Dr. Antônio Rosângelo Filho Ayetador Inteyno, com participação remota e pelo Prof. Dr. Anderson Ritela (Avaliador Externo. residente em Rio de Janeiro), Apoiada a apresentação da dissertação e a atuação dos membros da Banca, o trabalho foi considerado satisfatório na fase de defesa, de modo a que a dissertação proceda à adequação das recomendações para a defesa final. A ata foi elaborada e assinada por mim, Prof. Dr. Alfredo Zenen Dominguez Gonzalez (Orientador e presidente da Banca).

Observações da Banca Examinadora: A dissertação de SUELEM deverá fazer as correções apontadas pela Banca como necessárias e, junto ao orientador, definir as que poderão acatar. Observações pontuais com sugestões para o melhoramento do texto de dissertação.

Prof. Dr. Alfredo Zenen Dominguez Gonzalez
Orientador
Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat)



Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO)
Av. Santos Dumont, s/n, CEP: 78.201-000 Cáceres - MT
E-mail: ppggeo@unemat.br

UNEMAT
Universidade do Estado de Mato Grosso

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa científica (in memoriam) da Professora Dra. Ana Rosa Ferreira, que esteve presente durante a primeira fase da pesquisa, e contribuiu significativamente para o aperfeiçoamento e a construção desse trabalho através de seus conhecimentos acadêmicos e teóricos. Guardo na lembrança sua devota dedicação empenhada para nos ensinar e nos passar o devido conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, meu escudo e proteção.

Agradeço ao meu esposo, pelas palavras de otimismo, por acreditar que seria possível, e por estar presente a cada etapa da minha formação acadêmica.

Agradeço a minha filha pela força e por me tornar espelho em sua vida.

Agradeço aos familiares Marilza Angela Dias, querida sogra, que me forneceu subsídios de encorajamento para continuar nesta caminhada, Agradeço a minha Mãe e irmãos pelo apoio

Agradeço imensamente meu Orientador, por fazer esse sonho se tornar realidade, pela dedicação e companheirismo no desenvolvimento deste trabalho.

Vocês fazem parte da minha história.

LISTA DE ABREVIATURAS

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

GEE - Gases de Efeito Estufa

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

IPCC - Intergovernmental Painel on Climate Change

ODAN - Oscilação Decadal do Atlântico Norte

ODP - Oscilação Decadal do Pacífico

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE QUADROS

| N. | Nome | Pág. |
|-----------|--|-------------|
| 01 | Principais impactos hidrológicos que ocorrem nas cidades | 29 |
| 02 | Descrição dos registros das séries temporais analisadas | 80 |

LISTA DE GRÁFICOS

| N. | Nome | Pág. |
|-----------|---|-------------|
| 1 | Climograma de Cáceres 1960-1990 | 53 |
| 2 | Temperaturas máxima e mínima médias de Cáceres no período 1960-1990 | 53 |
| 3 | Distribuição da precipitação anual em Cáceres entre 1979 e 2018 | 55 |
| 4 | Distribuição da precipitação mensal de 1982 em Cáceres | 57 |
| 5 | Precipitação diária e altura da régua fluviométrica de março de 1982 | 60 |
| 6 | Distribuição pluviométrica mensal de 2007 | 62 |
| 7 | Distribuição pluviométrica e fluviométrica diária de janeiro de 2007 | 63 |
| 8 | Distribuição da precipitação mensal de 2010 | 66 |
| 9 | Distribuição pluviométrica e fluviométrica diária em fevereiro de 2010 | 67 |
| 10 | Distribuição da precipitação mensal de 2011 | 71 |
| 11 | Distribuição pluviométrica e fluviométrica diária de janeiro de 2011 | 71 |
| 12 | Precipitação mensal do ano de 2014 | 73 |
| 13 | Precipitação diária e comportamento fluviométrico do mês de março de 2014 | 74 |
| 14 | Precipitação diária e comportamento fluviométrico do mês de outubro de 2014 | 76 |
| 15 | Dinâmica pluviométrica mensal do ano de 2018 | 77 |

LISTA DE FIGURAS

| N. | Nome | Pág. |
|-----------|---|-------------|
| 1 | III Canal de percepção - Impacto Meteórico | 31 |
| 2 | Localização da área de estudo | 38 |
| 3 | Mapa hipsométrico da área de estudo e sua periferia | 43 |
| 4 | Rede Hídrica de Cáceres: córregos e canais urbanos | 47 |
| 5 | Zona de Convergência Atlântico Sul - ZCAS, ao noroeste e sudeste do Brasil | 52 |
| 6 | A- Inundação do Córrego Sangradouro sobre a antiga Ponte Branca, 1982. B- Vista parcial, após demolição da ponte e canalização do córrego próximo à jusante em razão da urbanização | 58 |
| 7 | Inundação periódica do Córrego Sangradouro sobre a Ponte Branca, 1970, Centro de Cáceres | 59 |
| 8 | Inundação no Porto do Limão – Zona Rural de Cáceres | 61 |
| 9 | Inundação ocorrida em 2007: (A) Transbordamento do Córrego Sangradouro, área central de Cáceres. (B) Local da inundação 2019 | 64 |
| 10 | Inundação em janeiro de 2007 na cidade de Cáceres | 66 |
| 11 | Inundação no Centro de Cáceres no ano de 2010 | 69 |
| 12 | Desobstrução e construção de um canal auxiliar para drenagem das águas, 2010 | 71 |
| 13 | Alagamento e repercussões no ano de 2011 | 73 |
| 14 | Alagamento no bairro Cohab Velha, 11 de março de 2014 | 76 |
| 15 | Alagamento nos bairros Cohab Velha e parte do Centro de Cáceres | 79 |
| 16 | Alagamento no bairro São José, Cáceres MT | 83 |
| 17 | Principais ruas do bairro São José com problemas de infraestrutura de drenagem urbana | 84 |
| 18 | Bairro Cohab Velha, casas com contensão de alvenaria nas portas e galerias obstruídas | 86 |
| 19 | Alagamento no bairro Cohab Velha, 2018 | 87 |

RESUMO

Eventos meteorológicos extremos como chuvas intensas, quando combinados com a influência de fatores geoambientais e problemas de planejamento urbano, vêm causando nas últimas décadas alagamentos e inundações de grande repercussão social e ambiental nas cidades. Visando estabelecer uma interface entre os episódios de chuvas intensas e os desastres socioambientais, esta pesquisa objetivou analisar a dinâmica pluviométrica da cidade de Cáceres e sua relação com os impactos urbanos entre os anos de 1979 a 2018. Os procedimentos metodológicos adotados foram estruturados em etapas: revisão bibliográfica; pesquisa documental; e coleta, organização e análise dos dados pluviométricos e fluviométricos. Os resultados obtidos permitiram identificar os fatores geoambientais e antrópicos que contribuem para a ocorrência dos impactos, bem como a importância da análise pluviométrica para a compreensão dos episódios de chuvas associados aos eventos mencionados e esclarecer a diferenciação desses fenômenos, muitas vezes veiculados de maneira incorreta, sobretudo nas informações dos jornais. Esses resultados podem subsidiar futuros estudos relacionados ao clima de Cáceres e seus impactos urbanos, bem como ações de planejamento urbano no município.

Palavras-Chave. Dinâmica pluviométrica; Alagamentos; Enchentes, Inundações.

ABSTRACT

Extreme weather events such as heavy rains, when combined with the influence of geoenvironmental factors and urban planning problems, have been causing flooding and floods of great social and environmental repercussion in recent decades. Cities. In order to establish an interface between episodes of heavy rains and socioenvironmental disasters, this research aimed to analyze the rainfall dynamics of the city of Cáceres and its relationship with urban impacts between 1979 and 2018. The methodological procedures adopted were structured in stages: bibliographic review; documentary research; and collection, organization and analysis of rainfall and fluviometric data. The results obtained allowed identifying the geoenvironmental and anthropic factors that contribute to the occurrence of impacts, as well as the importance of rainfall analysis for the understanding of rainfall episodes associated with events mentioned and to clarify the differentiation of these phenomena, often conveyed incorrectly, especially in the information of newspapers. These results could support future studies related to Cáceres' climate and its urban impacts, as well as urban planning actions in the municipality.

Keywords: Rainfall dynamics; Flooding; Floods; Inundation.

SUMÁRIO

| CONTEÚDOS | Pág. |
|---|------|
| INTRODUÇÃO | 15 |
| CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 20 |
| 1.1- O clima como componente da categoria de análise ‘paisagem’ | 20 |
| 1.2- As mudanças climáticas globais e os eventos extremos | 24 |
| 1.3- Clima, planejamento e arranjos urbanos | 26 |
| 1.4- Enchentes, alagamentos e inundações | 32 |
| 1.5- Precipitação, formas, natureza e intensidade | 36 |
| CAPÍTULO II – MATERIAIS E MÉTODOS | 38 |
| 2.1- Área de estudo. | 38 |
| 2.2- Procedimentos metodológicos e operacionalização da pesquisa | 39 |
| CAPÍTULO III – RESULTADOS E DISCUSSÃO | 42 |
| 3.1- Fatores geoambientais que contribuem para a ocorrência de alagamentos e inundações na cidade | 42 |
| 3.1.1- Geologia | 42 |
| 3.1.2- Geomorfologia | 43 |
| 3.1.3- Pedologia | 44 |
| 3.1.4- Vegetação | 45 |
| 3.1.5- Hidrografia | 45 |
| 3.2- Sistemas atmosféricos que influenciam na dinâmica pluviométrica do município | 50 |
| 3.3- Dinâmica das chuvas em Cáceres entre os anos de 1979-2018 | 52 |
| 3.4- Episódios de alagamentos e inundações e impactos socioambientais em Cáceres | 65 |
| 3.4.1- Episódio do ano de 1982 | 56 |
| 3.4.2- Episódio do ano de 2007 | 61 |
| 3.4.3- Episódio do ano de 2010 | 66 |
| 3.4.4- Episódio do ano de 2011 | 70 |
| 3.4.5- Episódio do ano de 2014 | 73 |
| 3.4.6- Episódio do ano de 2018 | 76 |
| 3.5- Situação atual da infraestrutura de drenagem urbana de Cáceres | 81 |
| 3.5.1 Bairro São José | |
| 3.5.2 Bairro Cohab Velha | |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 88 |
| REFERÊNCIAS | 90 |
| APÊNDICES | 98 |

Capítulo I - INTRODUÇÃO

Ao longo da sua história, o planeta Terra experimentou a alternância de períodos glaciais (como os que aconteceram durante o Pré-cambriano, o Paleozoico e o Pleistoceno) e períodos interglaciais; ou seja, a história geológica do planeta está marcada pela ocorrência de numerosas mudanças climáticas associadas a causas naturais (RUDDIMANN, 2000, apud RAUPP, 2010).

Neste sentido, Silva (2007 e 2008, apud RAUPP, 2010), destacava que essas mudanças estiveram associadas tanto a fatores internos (movimentação constante das placas tectônicas), como a fatores externos (por exemplo: variações na intensidade luminosa do Sol; movimento de precessão do eixo de rotação; câmbios na excentricidade da órbita terrestre; e variações na inclinação do eixo de rotação da Terra).

O exposto indica que estamos inseridos em um sistema climático cuja dinâmica se manifesta tanto mediante mudanças climáticas como através da variabilidade climática natural (variação das condições climáticas em torno da média), indicando que as alterações sofridas por algum dos componentes do sistema climático, geram alterações no sistema como um todo.

Deste modo, o gradativo incremento do teor de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera durante os últimos dois séculos, devido às emissões de origem antrópica, tem provocado não apenas o aumento das doenças respiratórias e cardiovasculares (BARCELLOS, et al., 2009 apud BRASIL, 2016) mas também um aumento generalizado da temperatura média global, o qual está acompanhado do aumento na frequência e intensidade de eventos meteorológicos extremos, como apontado por Marengo et al. (2007) quando afirmam que:

“...as enchentes e ondas de calor da Europa em 2002 e 2003, os invernos intensos da Europa e Ásia nos últimos anos; o furacão Catarina no Brasil em 2004; os intensos e devastadores furacões no Atlântico Tropical Norte em 2005 (Katrina, Rita, Wilma, etc.); as secas no Sudeste do Brasil em 2001, no Sul em 2004, 2005 e 2006, e na Amazônia, em 2005 ” (MARENGO et. al., 2007, p. 25).

Todavia, as projeções sobre futuras mudanças climáticas indicam um incremento da umidade e dos processos dinâmicos da atmosfera, razão pela qual podemos esperar uma maior frequência e intensidade de eventos meteorológicos extremos como chuvas intensas e secas prolongadas (MARENGO, et al., 2007).

No caso das chuvas consideradas intensas (seja porque ocorrem em um tempo reduzido, ou porque elas persistem durante um tempo prolongado) elas podem provocar desastres advindos das inundações. Tanto este fenômeno como as secas prolongadas produzem milhares de vítimas mortais e importantes perdas econômicas a cada ano no mundo (CONFALONIERI, 2001; 2007).

No interior dos continentes, estes eventos são considerados entre os mais importantes e expressivos derivados das mudanças climáticas provocadas pelo homem (CONFALONIERI, 2001). A partir da segunda metade do século XX, estas perdas têm apresentado uma tendência ascendente devido ao incremento na frequência e intensidade desses eventos extremos, bem como à crescente ocupação de áreas de perigo pelo ser humano (SANTOS, 2012).

Para Monteiro e Mendonça (2003), tais eventos podem-se manifestar na forma de ondas de calor, furacões, longos períodos de estiagem, inundações e deslizamentos. As inundações e enchentes são eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d'água, frequentemente ocasionado por chuvas fortes ou chuvas de longa duração (TOMINAGA, et. al., 2009).

No Brasil, eventos de chuvas extremas (acompanhados frequentemente por ventos fortes, enchentes e deslizamentos) têm causado importantes perdas econômicas e de vidas humanas em diversas cidades, particularmente nas regiões Sul e Sudeste. Paralelamente, secas prolongadas têm atingido a região amazônica, provocando uma diminuição dos níveis fluviais que atingiu a navegação e deixou isoladas diversas comunidades, além de favorecer a intensificação dos incêndios florestais (INPE-UNICAMP, 2011).

Porém, na maioria dos casos, os desastres são previsíveis porque podemos definir, *a priori*, quais são os lugares com maior risco e estimar a probabilidade de ocorrência de um evento natural perigoso e a vulnerabilidade dos seres humanos pela exposição a esse perigo (FERREIRA, 2017).

No caso das cidades, conforme Monteiro e Mendonça (2003), o impacto pressupõe consequências calamitosas, que atacam a integridade física e perturbam sensivelmente as formas de circulação, comunicação interna e a ligação externa; são episódios ou eventos restritos no tempo que estão presos ao modo de transmissão de energia, ou seja, ao ritmo das sucessões dos estados atmosféricos de um determinado lugar.

Para Castro et al. (2006), a relação entre chuva e sítios urbanos provoca impactos sobre ambientes vulneráveis, sendo que a vulnerabilidade se agrava quando a população se torna o objeto/alvo do problema; isso evidencia de forma clara a atuação dos fenômenos climáticos em determinado contexto espaço-temporal.

No ano de 2008, o Brasil ocupou a 10^a posição no mundo em relação ao número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas por eventos como inundações, enchentes e movimentos de massa (OFDA/CRED, 2008, apud TOMINAGA, 2015). Um estudo sobre desastres relacionados com o clima em países da América Latina e o Caribe mostrou que, entre os anos de 1980 e 2013, o Brasil registrou 106 desastres, ficando na segunda posição na região, depois de México (CAF, 2014).

Os alagamentos condicionados por eventos de chuvas intensas, apesar de não causarem danos severos como as enchentes e as inundações, são um dos principais problemas urbanos atualmente; geralmente ocorrem em cidades mal planejadas, associado ao crescimento demográfico, que apresentam sistemas de drenagem deficientes, ou falta dele (TUCCI, 2008).

Esses acúmulos momentâneos de água nas ruas e calçadas são intensificados pelo despejo indiscriminado de lixos, que diminuem a capacidade de escoamento das águas pluviais em áreas urbanas. Assim, a necessidade de conhecer a distribuição espacial do perigo, justifica tanto a demanda por mapas de risco (ferramenta imprescindível na gestão pública, seja ela de caráter preventivo, corretivo ou emergencial), quanto a necessidade de promover ações de coordenação e cooperação intersetoriais e intermunicipais nesta direção (GONZÁLEZ, 2018).

Ou seja, uma gestão regional (centrada especialmente nas cidades e municípios com risco frente aos eventos extremos) que permita mitigar os efeitos das mudanças climáticas globais, mediante a implementação de mecanismos de adaptação aos seus impactos sobre os recursos naturais, a infraestrutura, a economia e a população local (FERREIRA, 2017).

Visando um estudo para a compreensão desses fenômenos e diante dos problemas levantados, esta pesquisa busca analisar as questões relacionadas à dinâmica pluviométrica de Cáceres-MT e sua relação com os impactos socioambientais urbanos, a partir de uma análise temporo/espacial entre os anos de 1979 e 2018.

Esta cidade apresenta problemas urbanos que favorecem a sua vulnerabilidade frente à ocorrência de eventos pluviométricos, o que pode ser constatado nos registros de jornais *online*/impressos desde a década de 1970 (problemas associados a fatores antrópicos e geoambientais da paisagem urbana, algo reconhecido em trabalhos como o de VENDRAMINI, 2017) e fazem parte da memória coletiva da população local.

O estudo pretendeu realizar uma interface entre os fatores geoambientais (especialmente o relevo e o regime de chuvas) e o fator antrópico (ocupação e organização urbana) para a compreensão dos problemas advindos de eventos pluviométricos, de modo a revelar sua importância no planejamento ambiental urbano, principalmente para a adoção de políticas e estratégias de resiliência.

Portanto, o problema de pesquisa é o seguinte: De que forma o regime de chuvas e o fator geomorfológico contribuem para o surgimento/aumento de alagamentos e inundações na cidade de Cáceres?

O objetivo geral da pesquisa é: Analisar a dinâmica pluviométrica de Cáceres e sua relação com os impactos socioambientais urbanos entre os anos de 1979 e 2018. Deste objetivo geral foram derivados os seguintes objetivos específicos: (1) Destacar os principais fatores geoambientais que contribuem para a ocorrência de alagamentos e inundações na cidade objeto do estudo; (2) Caracterizar os sistemas atmosféricos que influenciam na dinâmica pluviométrica do município; (3) Explicar a dinâmica das chuvas na cidade de Cáceres; (4) Identificar os impactos urbanos gerados pelos episódios de alagamentos ou inundações, no período selecionado.

A dissertação está estruturada em quatro capítulos: No primeiro (a Introdução), se apresenta o problema pesquisado, a sua manifestação na cidade de Cáceres como área de estudo, bem como os objetivos da pesquisa.

O capítulo II se dedica a apresentar o referencial teórico da pesquisa; nele se discute inicialmente sobre o clima como componente da paisagem para, a seguir, analisar a relação entre as mudanças climáticas globais e os eventos extremos, o que reforça a necessidade de aperfeiçoar o planejamento urbano, aspecto discutido a continuação do anterior. A seguir se apresentam os conceitos de alagamentos e inundações, e finalmente as características das formas de precipitação, com ênfase na importância da sua intensidade.

No terceiro capítulo se apresenta a área de estudo, bem como se explicam os procedimentos metodológicos para a coleta e processamento dos dados.

O capítulo quarto é dedicado a apresentar e discutir os resultados obtidos na pesquisa, relacionados com os fatores geoambientais que contribuem para a ocorrência de alagamentos e inundações na cidade (ênfase nos sistemas atmosféricos que influenciam na dinâmica pluviométrica local) e as características climáticas da região. A seguir se analisam os episódios de alagamentos e inundações e impactos socioambientais produzidos e finalmente a pesquisa termina com a análise da situação atual da infraestrutura de drenagem urbana de Cáceres.

Capítulo II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

UMA ABORDAGEM INTEGRADA SOBRE A INTERFACE ENTRE CLIMA E SOCIEDADE.

1.1- O clima como componente da categoria de análise “paisagem”

Com o advento da teoria geral de sistemas, proposta em 1968 pelo biólogo Ludwig Von Bertalanfy, surgiu um corpo teórico-metodológico e conceitual baseado numa visão integrada da maneira como os sistemas se organizam e funcionam em uma dinâmica própria (GONZÁLEZ, 2003).

Com base nas concepções da teoria de sistemas, a partir da segunda metade do século XX, o estudo de sistemas complexos experimentou uma importante revolução, disseminando-se em vários campos científicos (CRISTOFOLETTI, 1999, apud GUERRA e MARÇAL, 2012).

Na Geografia, essa teoria sustentou o surgimento da noção de geossistema, para tentar expressar as conexões entre natureza e sociedade (GUERRA e CUNHA, 2000). No caso da paisagem (Landscape, Landschaft), este termo tinha sido interpretado tradicionalmente de formas diversas: inicialmente, apenas como expressão estética de uma formação natural (aspecto externo de um espaço ou território) e a partir do início do século XIX, com a obra de Alexander von Humboldt, como expressão fisionômica, além da estética (SILVEIRA e VITTE, 2010).

No final do século XIX, os estudos dos solos realizados por Dokutchayev levaram à interpretação da paisagem como uma formação natural: Complexo Territorial Natural-CTN, cuja origem e evolução obedecem à inter-relação dialética de componentes somente naturais (GONZÁLEZ, 2003).

Na década de 1960, o geógrafo Sotchava propõe o conceito de “geossistema natural” que interage com a sociedade humana. Sotchava chegou à noção de geossistema quando analisava o conjunto de componentes, processos e relações dos sistemas integrantes do meio ambiente, destacando que o estudo dos geossistemas é o objetivo da Geografia Física e a razão da sua independência em relação às outras disciplinas (GONZÁLEZ, 2003, apud MARANHOLI, 2017, p. 9).

Assim, para Sotchava (1978), o geossistema compreende uma classe particular de sistemas, sendo o espaço terrestre em todas as dimensões, onde os componentes individuais da natureza se encontram numa relação sistêmica uns com os outros, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana.

Sendo assim, a Geografia Física estuda geossistemas de todas as dimensões, considerando não apenas os componentes da natureza, mas a conexão entre eles (e não somente a morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas também aspectos como a sua dinâmica, estrutura funcional e conexões) (SOTCHAVA, 1977).

Desse modo, sob a ótica sistêmica e holística da Geografia Física, a paisagem seria o resultado de elementos que se manifestam simultaneamente e dialeticamente, ou seja, é a fisionomia do próprio geossistema, o resultado da estrutura de diversos elementos (TROPMAIR e GALINA, 2006).

Neste sentido, Conti (2014) apontava que a paisagem é produto de uma convergência de processos atmosféricos, geomorfológicos, hidrológicos e antrópicos. Ela (a paisagem) abrange uma realidade que reflete as profundas relações, frequentemente não visíveis, entre seus elementos (TRICART, 1977).

Posteriormente, outros autores aprofundaram no estudo do geossistema, sendo G. Bertrand quem, na sua Geografia Física Global (1968), introduz a atividade antrópica como fator de formação ou transformação dos geossistemas/paisagens.

Para Bertrand (1968) a paisagem:

“...não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução” (BERTRAND, 1968, p. 256).

Ou seja, como apontado por Bertrand (1968), a paisagem que ocupa uma determinada porção do espaço não é a simples adição de elementos geográficos soltos: ela resulta da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que reagem dialeticamente uns sobre os outros, fazendo um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Portanto, o estudo da paisagem como categoria não deve tratar somente o quadro “natural”, mas a paisagem “total” (integrando as implicações da ação antrópica), o que o leva a considerar o estudo da paisagem como um problema de método (BERTRAND, 1972).

De acordo com Bolós (1981, apud GUERRA e MARÇAL, 2012):

A paisagem, em sua abordagem sistêmica e complexa, será sempre dinâmica e compreendida como o somatório das inter-relações entre os elementos físicos e biológicos que formam a natureza e as intervenções da sociedade no tempo e no espaço, em constante transformação (GUERRA e MARÇAL, 2012, p. 97).

Deste modo, a paisagem contemporânea é visualizada como produto da inter-relação entre natureza e sociedade, ou seja, como um sistema antroponatural constituído por componentes naturais e antrópicos (sendo que estes últimos, com a sua atividade socioeconômica e seus padrões culturais, modificam as paisagens naturais originais, como apontara GONZÁLEZ, 2003).

O fato de que, como salientado por Bertrand (1972), a paisagem não seja a simples adição de elementos geográficos disparados faz com que ela, como categoria de análise geográfica, permita uma abordagem multifacetária interdisciplinar na análise ambiental. Pois a paisagem é o resultado de um processo evolutivo no qual participam, interagindo, diversas componentes, como a geologia, o clima, o relevo, o solo e os organismos vivos (GONZÁLEZ, 2003).

Uma das componentes da paisagem que resulta modificada é o relevo, o que explica a importância de considerar a sua inter-relação com outros componentes na abordagem integrada própria da análise ambiental (GUERRA e MARÇAL, 2012). Para estes autores, é necessário compreender os fenômenos naturais frente às incertezas, enxergando os estudos da natureza com uma ótica mais complexa, para compreender sua dinâmica de maneira sistêmica e não fragmentada (GUERRA e MARÇAL, 2012).

Outra componente natural da paisagem que resulta modificada cada vez mais profundamente pelas atividades humanas é o clima; nele se evidencia uma influência recíproca: de uma parte os mecanismos e processos atmosféricos interferem na configuração das paisagens e de outra, as atividades humanas interferem no comportamento desses mecanismos e processos alterando o clima, sobretudo em áreas urbanizadas onde as propriedades térmicas, hidrológicas e aerodinâmicas são modificadas, resultando em um maior aquecimento do centro das cidades (MAITELLI, et. al., 2004).

Desta forma, quando se estabelece a relação entre clima e meio, busca-se uma visão integrada para compreensão da relação entre clima e homem. Pois o clima, como elemento físico-meteorológico, é um dos agentes ambientais que mais afetam os restantes componentes naturais através dos mecanismos dos processos atmosféricos, sobretudo em áreas urbanizadas (AYOADE, 2004). Neste viés, torna-se indissociável considerar o elemento “clima/físico”, nos estudos que se realizem em áreas urbanizadas.

Para Ayoade (2004), o clima talvez seja o componente mais importante do ambiente natural, pois ele afeta os processos geomorfológicos, de formação dos solos e o crescimento e desenvolvimento das plantas e demais organismos, incluindo o homem (que através das suas diversas atividades, influencia no clima). Exemplo disto são as atuais alterações climáticas associadas às mudanças no teor de gases de efeito estufa na atmosfera, as quais estão influenciando as variações climáticas sazonais (VAZ, 2010).

Conforme Conti (2011), o clima é a sucessão habitual dos tipos de tempo sobre determinado lugar. A palavra clima é de origem grega e significa “inclinação”, ou seja, o ângulo formado pelo eixo de rotação da Terra com seu plano de translação. Portanto, a variação das características climáticas sobre a superfície terrestre está diretamente vinculada à localização nas diversas latitudes, além de outros fatores como relevo e influência oceânica (CONTI, 2011).

Para Ayoade (2007), o termo “clima” refere-se às características da atmosfera, inferidas a partir de observações contínuas durante um período de tempo de, aproximadamente, 30 a 35 anos. De acordo com o autor, o clima abrange maior número de dados do que as condições médias do tempo numa determinada área, incluindo os desvios em relação às médias (variabilidade), condições extremas e probabilidades de ocorrência de determinadas condições de tempo.

Para compreender o clima é preciso entender basicamente quatro aspectos, segundo Conti (2011): (1) Inclinação do eixo de rotação sobre o plano da elíptica, bem como o movimento de translação em torno do Sol, que explicam os fenômenos do clima e a sucessão das estações do ano; (2) Estrutura vertical, composição e características da atmosfera nos diferentes níveis altitudinais; (3) Interação atmosfera-oceano, tendo em vista que essa vasta massa líquida ocupa 73% da superfície terrestre, exercendo influência muito significativa no funcionamento do sistema natural; (4) Movimentação das massas de ar, cujo padrão em escala global é determinado pela forma e movimentos da Terra, e em escalas menores pela distribuição das terras e águas, o relevo e as características da superfície.

Dessa forma, entendendo as características (aspectos) do clima se torna mais fácil compreender os fenômenos catastróficos que ocorrem sobre a superfície terrestre, especialmente em ambientes urbanos (CONTI, 2011).

Este autor (CONTI, 2014) ressalta que o clima, abstrato enquanto categoria, não pode-se expressar em imagem, mas aparece subjacente em qualquer paisagem

da superfície terrestre, desempenhando papel relevante por meio da atuação de seus elementos tais como temperatura, umidade, ventos e outros, em diversas escalas de grandeza.

1.2- As mudanças climáticas globais e os eventos extremos.

De acordo com WWF-BRASIL (2015), no atual século XXI, a preocupação com as mudanças climáticas derivadas do aquecimento gerado pelo aumento do teor de GEE na atmosfera constitui um dos grandes desafios da humanidade, pois a interferência humana no clima tem provocado um incremento da ocorrência de eventos meteorológicos extremos que afetam especialmente às comunidades vulneráveis.

A esse processo de aquecimento global estão vinculados efeitos como a destruição de ambientes naturais, aumento das dificuldades no acesso à água, decréscimos na produção de alimentos e efeitos na saúde, interferindo nos padrões de consumo (WWF-BRASIL 2015, p. 3).

Conforme Nobre et al. (2008), um conhecimento científico mais completo a escala regional sobre o funcionamento do sistema climático permitiria diminuir as atuais incertezas nas projeções de alterações vinculadas às mudanças climáticas, especialmente de eventos meteorológicos extremos (como secas, vendavais, tempestades severas, inundações e outros).

Segundo o relatório do IPCC (2001b, apud MARENGO, 2007), esses eventos têm provocado enormes perdas econômicas e de vida humanas em diferentes partes do planeta. Por isso, Nobre et al. (2008) ressaltam a necessidade de estudar as vulnerabilidades (das populações e dos ecossistemas) frente aos impactos dos extremos climáticos.

Neste sentido, Blaikie et al. (1994, apud CONFANOLIERI, 2008, p. 323) definem a vulnerabilidade social das pessoas frente aos efeitos do clima como o “[...] conjunto de características [...] que determinam a sua capacidade de antecipar, sobreviver, resistir e recuperar-se dos impactos dos fatores climáticos de perigo”.

Segundo a definição usada pelo IPCC, a vulnerabilidade estaria determinada pelo “[...] grau de suscetibilidade de indivíduos ou sistemas ou de incapacidade de resposta aos efeitos adversos da mudança climática, incluindo-se a variabilidade climática e os eventos extremos” (McCARTHY et. al., 2001, apud NOBRE, et. al., 2008, p. 26).

A intensificação das atividades industriais, impulsionada pelo consumo exacerbado dos recursos naturais, promoveu/promove uma série danos ambientais, além de mudanças nos padrões de comportamento climático (MARENGO, 2007). Como parte desse consumo, cresce a emissão indiscriminada de GEE, bem como o desmatamento e as queimadas, que contribuem para a intensificação do problema.

Marengo (2007) salienta que a atividade industrial tem sido determinante para as alterações da variação natural do clima terrestre, sendo ela um fator primordial no aquecimento do planeta. Conforme este autor:

“Durante os primeiros séculos da Revolução Industrial, de 1760 até 1960, os níveis de concentração de CO₂ atmosférico aumentaram de uma estimativa de 277 partes por milhão (ppm) para 317ppm, um aumento de 40 ppm. Durante as recentes quatro décadas, de 1960 até 2001, as concentrações de CO₂ aumentaram de 317 ppm para 371 ppm, um acréscimo de 54 ppm. Os gases do efeito estufa absorvem parte da energia do Sol, refletida pela superfície do planeta, e a redistribuem em forma de calor através das circulações atmosféricas e oceânicas [...]. Qualquer fator que altere esse processo afeta o clima global. Com o aumento das emissões dos gases de efeito estufa, observado principalmente nos últimos 150 anos, mais calor passou a ficar retido” (MARENGO, 2007, p. 25).

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (2008), as concentrações de CO₂ (dióxido de carbono) e de CH₄ (metano) na atmosfera nunca foram tão altas nos últimos 600.000 anos, sendo que o aumento do efeito estufa associado aos GEE gerou um aumento de um (1) grau Celsius na temperatura média global durante o último século.

Se continuar essa tendência, alguns dos efeitos esperados até o fim do século XXI são: aumento da temperatura média global entre 1,8°C e 4°C (podendo chegar a 6,4°C); aumento do nível dos oceanos entre 18 e 59 centímetros; aumento das chuvas em algumas regiões em até cerca de 20%, e derretimento total do Oceano Ártico no verão (IPCC, 2007).

No próprio relatório, o IPCC (2007) admite que o aquecimento da Terra não será homogêneo, sendo maior nos continentes do que no oceano e maior no hemisfério norte. Para Morengo (2007, p. 29), isto deverá afetar a frequência e intensidade de fenômenos climáticos como o El Niño e La Niña.

Estes fenômenos afetam de maneira diferenciada o Brasil (por exemplo: nas regiões Norte e Nordeste, secas durante El Niño; no Sul, secas durante La Niña e excesso de chuva e enchentes durante El Niño). Se o evento El Niño aumentar em frequência ou intensidade no futuro, o Brasil ficará exposto às secas ou enchentes e

ondas de calor mais frequentes. Porém, alguns extremos do clima podem acontecer independentemente da presença do El Niño ou La Niña.

De acordo com Nobre et al. (2008), com um clima mais aquecido haverá mais vapor d'água na atmosfera e, com isso, uma aceleração do ciclo hidrológico. Para estes autores:

“Em termos simples, o aumento de temperatura induz a uma maior evapotranspiração (soma da evaporação da água à superfície com a transpiração das plantas), reduzindo a quantidade de água no solo, mesmo que as chuvas não diminuam significativamente. Esse fator por si só pode desencadear a substituição dos biomas existentes hoje por outros mais adaptados a climas com menor disponibilidade hídrica para as plantas (por exemplo, savanas tropicais substituindo florestas tropicais, caatinga substituindo savanas tropicais, semideserto substituindo caatinga)” (NOBRE et. al., 2008, p. 29).

Também em WWF-BRASIL (2008) se destaca a previsão de uma maior frequência de eventos meteorológicos e hidrológicos extremos (incluindo furacões e tornados), com graves consequências para as populações humanas e os ecossistemas naturais. E o pior é que a avaliação dos impactos das mudanças climáticas “[...] se situam no fim de uma cadeia progressiva de incertezas”, segundo Marengo (2007, p. 32).

1.3- Clima, planejamento e arranjos urbanos.

Para Conti (2014), há uma forte sintonia entre clima e paisagem, sendo que o clima aparece como componente subjacente em qualquer paisagem da superfície terrestre, desempenhando papel relevante por meio da atuação de seus elementos (como temperatura, umidade, precipitação e ventos), em diversas escalas de grandeza.

O clima é um dos elementos ambientais que mais afetam as atividades humanas, sendo que o impacto do clima e das variações climáticas sobre a sociedade pode ser positivo (benéfico ou desejável) ou negativo (maléfico ou indesejável) (AYOADE, 2007).

Neste sentido, para Monteiro e Mendonça (2003), as grandes calamidades naturais tanto em áreas urbanas como rurais, ocorrem em duas formas:

A meteorológica, responsáveis por cheias, deslizamentos de encostas e destruições e as secas muito prolongadas, que reduzem ao mínimo a água do ambiente, aniquilando colheitas e desencadeando surtos de miséria e fome. Nessa categoria também se incluem os extremos de frio ou de calor e as catástrofes produzidas pelos ventos, como tornados e os ciclones. A

geológica; originados nas camadas profundas do planeta como o vulcanismo e os terremotos (MOREIRA e MENDONÇA, 2003, p. 22).

No caso das cidades, tanto a falta de planejamento urbano como as deficiências da infraestrutura (evidenciados na ausência ou o deficiente planejamento dos sistemas de drenagem, a impermeabilização do solo, a ocupação de áreas de risco e outros) constituem causas comuns para o surgimento dos impactos relacionados às condições pluviométricas.

Esses problemas são frequentes nas cidades mal planejadas ou quando estas crescem rapidamente, de modo a dificultar a realização de obras de drenagem e de escoamento das águas pluviais (REIS FILHO, 2010).

As áreas metropolitanas são, particularmente, as mais afetadas porque correspondem aos segmentos da superfície terrestre mais intensamente transformados. Entretanto, tornam-se evidentes problemas urbanos mesmo em cidades de pequeno e médio porte, decorrentes do uso e ocupação dos solos de maneira irracional, potencializando os impactos ambientais.

Cabe destacar que o termo “planejamento” abrange diversas atividades, bem como diferentes categorias de grandeza espacial (como planejamento local, regional ou nacional) e diferentes setores de atividade (como planejamento urbano, rural, ambiental e econômico) (GUERRA e CUNHA, 1995).

Na realidade, o planejamento em áreas urbanas deve considerar todos os componentes do sistema ambiental físico, incluindo a topografia (que em decorrência das densidades ocupacionais, torna-se um dos principais elementos a orientar os processos de ocupação dos solos), o clima, os solos, a hidrografia e a vegetação (GUERRA e CUNHA, 1995).

Para Conti (2011, p. 39) o planejamento territorial e urbano é imprescindível para “[...] que se reduza o impacto dos extremos pluviométricos especialmente em áreas quentes e úmidas em virtude das características climáticas”. Dessa forma, o termo relaciona-se com as tomadas de decisões, a longo e médio prazo (envolvendo geralmente um conjunto de pesquisas, discussões e negociações) bem como diferentes critérios de grandeza espacial (local, regional, nacional) e de setores de atividades (como urbano, rural, ambiental e econômico) (GUERRA; CUNHA, 1995).

Para Tucci (2008), a concepção dos profissionais de engenharia para o planejamento e controle dos sistemas é fundamental para o destino das águas urbanas: quando os engenheiros que trabalham neste tema não possuem uma visão

ambiental atualizada, eles buscam soluções estruturais que alteram o ambiente, com excesso de áreas impermeáveis e o conseqüente aumento de temperatura, inundações, poluição, e outras conseqüências.

Conti (2011) afirma que além da impermeabilização do solo resultante da expansão dos espaços construídos e da pavimentação, as cheias são acentuadas pela falta de infraestrutura em termos de sistema de drenagem, e pelo lançamento indiscriminado de detritos que obstruem os canais. O autor argumenta que

Embora o excesso das chuvas no ambiente urbano inevitavelmente altera os arranjos espaciais, os erros cometidos pelas ações do homem potencializam as calamidades como alagamentos, casas em áreas de risco, inundações em casas e ruas e a explícita quantidade de lixo urbanos que dificultam a vazão da água, nos períodos extremos de precipitação e outros. Todo esse quadro de desequilíbrio seria muito menos sério se houvesse racionalidade no processo de ocupação dos espaços (CONTI, 2011, p. 39).

Além dos problemas da urbanização, outros fatores que interferem no processo de drenagem urbana são o desmatamento, a indisciplina da população, o despejo de lixo em áreas indevidas e a ocupação de áreas de risco (CASTRO, et. al., 2006). Estes autores mostraram a relação causa-efeito dos principais impactos hidrológicos que ocorrem nas cidades, estimulados pelo inadequado planejamento da expansão urbana (Quadro 1):

Quadro 1. Principais impactos hidrológicos que ocorrem nas cidades.

| Causas | Efeitos |
|--|---|
| Impermeabilização | Maiores picos e vazões |
| Redes de Drenagem | Maiores picos a jusante |
| Redes de esgotos deficientes | Degradação da qualidade da água; Moléstias de veiculação hídrica; Inundações: conseqüências mais sérias |
| Desmatamentos e desenvolvimento indisciplinado | Maiores picos e volumes; Mais erosão; Assoreamento em canais e galerias |
| Ocupação das várzeas | Maiores prejuízos; Mais picos; Maiores custos de utilidades públicas |

Fonte: Castro et al. (2006)

Nas diretrizes gerais da política urbana contidas na Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001, p. 6) se estabelece a obrigatoriedade da ordenação urbana através do Plano Diretor, o qual deve garantir “[...] o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas [...]”. O Plano Diretor é obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes, e deverá delimitar as áreas a serem

parceladas, edificadas ou de uso compulsório, atendendo à existência de infraestrutura e de demanda, além de um sistema de acompanhamento e controle.

Segundo o Art. 42 da Lei nº 10.257 de 2001, os municípios com áreas susceptíveis a impactos como deslizamentos, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, deverão seguir diretrizes como as seguintes:

- Inciso I: “[...] parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos [...]” (incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);
- Inciso II: mapear as áreas suscetíveis à ocorrência de impactos como os supracitados (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);
- Inciso III: planejar “[...] ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre”;
- Inciso IV: implementar “[...] medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres”;
- Inciso VI: Identificar e preservar da ocupação as “[...] áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades”.

Note-se que essas diretrizes da política urbana podem contribuir para minimizar eventuais impactos hidrológicos e ambientais a partir da identificação e mapeamento de áreas de risco nas cartas geotécnicas como instrumento de avaliação da aptidão para a urbanização, o que poderia garantir maior segurança para a população residente.

De acordo com a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil-PNPDEC, no Cap. I, Art. 2º, se dispõe que “É dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre”; além disso, prevê que a incerteza ao risco de desastre não constitui a óbice para a adoção das medidas preventivas e mitigadoras da situação de risco.

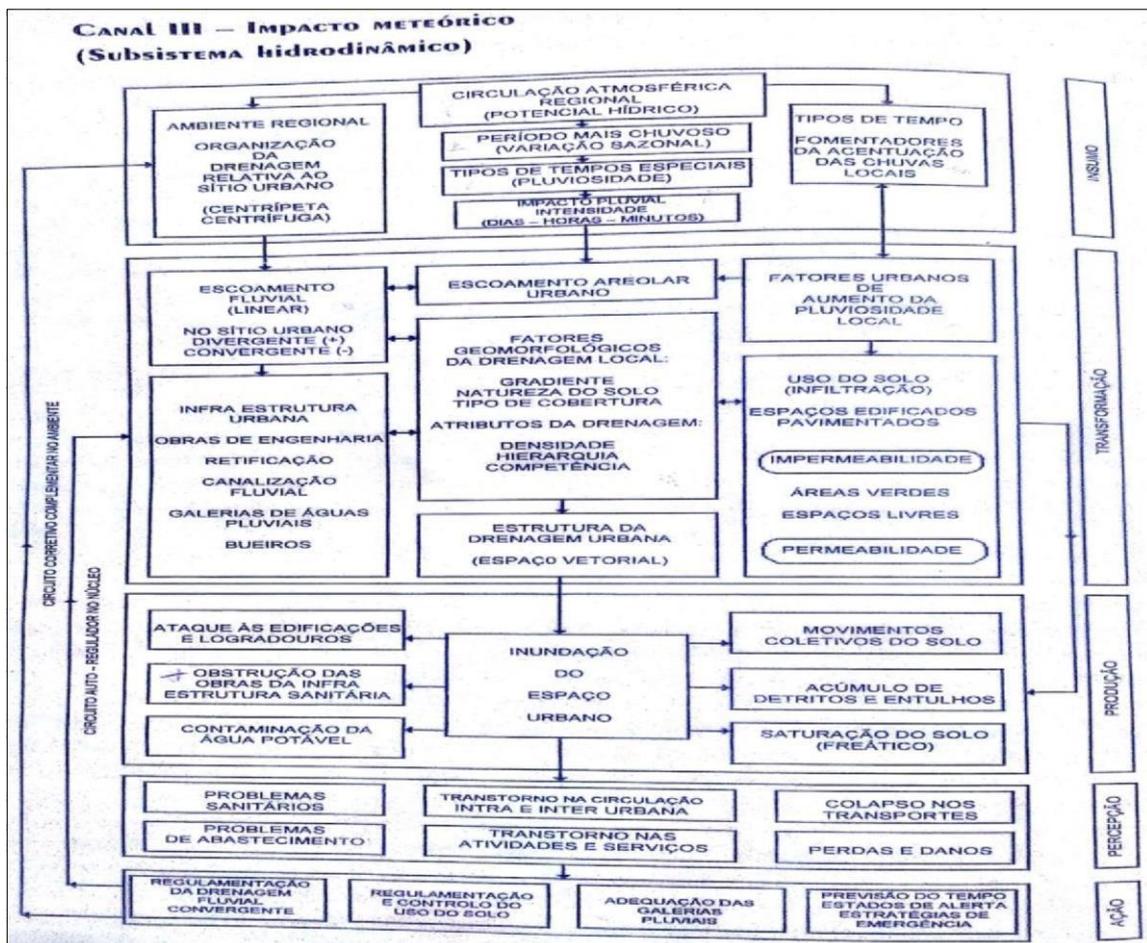
Na seção II - Das Competências dos Entes Federados, o Art. 8º estabelece a competência dos municípios de executar a PNPDEC através de ações como as seguintes: incluir no planejamento municipal as ações de proteção e defesa civil; identificar e mapear as áreas de risco de desastres, vedando novas ocupações nessas áreas; declarar, quando necessário, situação de emergência e estado de calamidade pública.

Além do anterior, o referido artigo estabelece, também, competências do município para: organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à

população em situação de desastre; manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos (bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres) e realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil.

Para compreender a interação dos fenômenos atmosféricos com as atividades humanas nas cidades resulta de grande importância o conceito de Sistema Clima Urbano (S.C.U.) proposto por Monteiro (1976), segundo o qual o clima da cidade admite uma visão ordenada, com vários graus de hierarquia funcional e diferentes níveis de resolução (Figura 1).

Figura 1. III Canal de percepção - Impacto Meteórico.



Fonte: (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003.)

Como mostrado na Figura 1, se de um lado a circulação atmosférica regional (insumo de energia) determina os tipos de tempo que podem fomentar as chuvas locais, do outro a organização da drenagem no sítio urbano (obras de engenharia, retificação, canalização fluvial, galerias fluviais e bueiros), está vinculada a fatores

geoambientais (como o relevo) e ao uso do solo urbano, que determina a relação entre espaços impermeabilizados e permeáveis (como áreas verdes e áreas livres).

O escoamento areolar urbano, associado aos próprios fatores geoambientais da cidade, aumenta os efeitos da pluviosidade; assim, ao estabelecer os caminhos para a compreensão dos impactos meteóricos, Monteiro e Mendonça (2003) agrupam elementos naturais e humanos que influenciam na ocorrência da inundação urbana (Figura 1).

Para Monteiro e Mendonça (2003), esses impactos desencadeiam problemas secundários como obstrução da infraestrutura de drenagem urbana pelo acúmulo de detritos e entulhos, contaminação da água potável e problemas de abastecimento, além de transtornos nos fluxos de mobilidade intraurbanos e interurbanos (colapso no transporte, transtornos nas atividades e serviços e problemas sanitários que às vezes obrigam a decretar estado de emergência).

Os insumos de energia, num processo de transformação/interação com o ambiente urbano, produzem efeitos negativos e perceptivos, que corroboram a subsequência dos agentes do S.C.U., encarado como operador na compreensão da organização climática da cidade e centrado basicamente na atmosfera.

Monteiro e Mendonça (2003) propõem essa análise aferida aos insumos de energia¹ que penetram no S.C.U, relacionados diretamente à atmosfera e à cidade. É o homem (urbanização/cidade) elemento do sistema, agente de grande importância que atua, direta ou indiretamente, na estrutura interna do S.C.U (cidade) por transformar (com as modificações na estrutura urbana) a energia adquirida.

Assim, para identificar como os agentes atuam no III canal de percepção impacto-meteórico estão agrupadas formas meteóricas hídricas (chuva) e mecânicas (fenômenos atmosféricos) que assumem manifestações de intensidade capazes de causar impactos nas cidades e perturbar as circulações de serviços.

1.4- Enchentes, alagamentos e inundações.

As consequências da ocupação espacial em áreas urbanas são determinadas a partir da interação entre o sistema físico e a sociedade, sendo que essa relação se manifesta, especialmente, através de três importantes características das precipitações: duração, frequência e intensidade (GONZÁLEZ, 2018).

¹ As entradas de energias no S.C.U. são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a Terra – o Sol), (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003, p. 21).

Para Paniago (1990) as adversidades pluviométricas que causam impactos nas cidades podem ser agravadas quando a cidade se localiza em uma região de clima tropical onde as chuvas podem trazer, também, doenças e mortalidade para a população local (além dos danos ambientais e prejuízos socioeconômicos).

Outra autora que trata o tema é Zanella (2006), para quem os episódios pluviométricos excepcionais (extremos de curta duração), tornam-se intensificadores para áreas vulneráveis, visto que estas são as mais negativamente afetadas por um fenômeno climático como a pluviosidade.

Segundo Confalonieri (2003):

“...a vulnerabilidade pode ser definida como o produto da exposição física perante um perigo natural e sua capacidade em poder se preparar e recuperar diante dos impactos negativos de um desastre, sendo, também, as características de um grupo, ou mesmo uma pessoa, em poder se antecipar, resistir e solucionar junto os impactos, podendo ser eles, os agravados pela influência do clima” (CONFALONIERI, 2003, p. 193)..

Apesar de serem popularmente conhecidas como enchentes, as inundações (tão antigas em centros urbanos quanto às próprias cidades, segundo TUCCI, 2007) não apresentam as mesmas características: segundo Kobiyana et al. (2006), inundação é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele (planícies de inundação). Dessa forma, quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação. Portanto, não devem ser tratados igualmente, por serem fenômenos distintos.

Igual esclarecimento aparece em trabalhos como os de Tucci (2001, apud BRAGA, 2016) e Pompêo (2000) quando afirmam que, nas enchentes, o nível das águas se eleva de forma paulatina e previsível, permanecendo em situação de cheia durante algum tempo para, posteriormente, escoar gradualmente. Para estes autores, as inundações ocorrem quando um volume de precipitação anormal faz com que a água transborde dos leitos (de rios, canais, lagos ou áreas represadas), para invadir os terrenos adjacentes provocando danos.

De modo diferente, os alagamentos ocorrem quando as águas advindas das precipitações pluviométricas se acumulam no leito das ruas e nos perímetros urbanos por causa da existência de sistemas de drenagem deficientes (ou seja, o extravasamento das águas depende muito mais da drenagem eficiente, do que das precipitações locais) (TUCCI, 2001, apud BRAGA, 2016)

Segundo Tucci (2001, apud BRAGA, 2016), os alagamentos são muito frequentes em cidades mal planejadas, ou quando elas crescem rapidamente, acabando por dificultar o funcionamento das obras de drenagem pluvial. Dessa forma, as águas acumuladas no leito das ruas urbanas, decorrentes de fortes chuvas, configuram cidades com sistemas de drenagem deficientes, que dificultam a vazão da água.

Os alagamentos podem ser considerados problemas consequentes da intervenção antrópica, haja vista que são acúmulos momentâneos de água em uma dada área, geralmente causados por problemas na rede de drenagem natural, ou no sistema de drenagem urbana (sejam estes decorrentes do mau dimensionamento, falta de manutenção ou mesmo ausência dele, como apontado por Braga, 2016).

Por isso, as águas acumuladas no perímetro urbano de cidades com drenagem insuficiente indicam a necessidade de estudos relacionados ao escoamento pluvial e à capacidade de drenagem dos solos (não impermeabilizados) da área urbana. Neste último caso, cabe lembrar que o escoamento superficial se intensifica quando o solo não possui mais capacidade de infiltração por estar saturado (todos os poros cheios de água), algo comum em solos argilosos, que possuem poros muito pequenos e, portanto, menor permeabilidade (TRICART, 1977).

Nessas ocasiões, o aumento do escoamento superficial pode provocar que a capacidade do sistema hidrológico seja insuficiente para conduzir as águas até a bacia de drenagem, especialmente em condições de chuvas particularmente intensas (quando se precipita uma grande quantidade em um lapso de tempo muito curto) (TUCCI, 1993).

Assim, os eventos climáticos extremos de precipitação influenciam tanto direta quanto indiretamente no funcionamento das cidades, especialmente aquelas localizadas em climas tropicais e com crescimentos populacionais acentuados, que ignoraram (ou desvalorizaram) a probabilidade de ocorrência de eventos de precipitação intensa (TUCCI, 1993).

Para Castro et al. (2006) o fenômeno relaciona-se com diversos fatores no perímetro urbano, como a redução da infiltração natural nos solos urbanos (a qual é provocada por compactação e impermeabilização do solo; pavimentação de ruas e construção de calçadas) contribuindo para concentrar o escoamento das águas (muitas vezes acompanhado da acumulação de detritos em galerias pluviais e nos canais de drenagem).

Conforme Bastos (2009) a drenagem das águas pode ser favorecida quando são tomadas medidas como: a adequada manutenção da cobertura vegetal e preservação do caminho natural das águas; controle da ocupação de encostas; preservação de áreas de amortecimento de cheias e áreas alagadas e adoção de faixas de proteção nas margens dos corpos hídricos.

O caminho de escoamento natural das águas muitas vezes se configura por vales que, inutilizados no período de estiagem, devem permanecer desobstruídos, pois é um dos trajetos percorridos pelo excedente hídrico durante as precipitações (CANHOLI, 2005, apud BASTOS, 2009).

De acordo com Tucci (2007; 2008), o escoamento pluvial contribui para o surgimento das inundações e impactos nas áreas urbanas em razão de dois processos que ocorrem de forma isolada, ou simultânea: (1) Inundações de áreas ribeirinhas: processos naturais que ocorrem no leito maior dos rios por causa da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica; e (2) Inundações em razão da urbanização: são as inundações que ocorrem na drenagem urbana por efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções do mesmo.

Para este autor (TUCCI, 2007; 2008), essas situações ocorrem devido a fatos como os seguintes: primeiro, que no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano das cidades geralmente não existe nenhuma restrição quanto à ocupação das áreas de risco de inundação (por isso, uma sequência de anos sem enchentes é razão suficiente para que empresários desmembrem essas áreas para ocupação urbana); segundo, que a população de baixa renda invade áreas ribeirinhas que pertencem ao poder público; e a terceira, ocupação de áreas de médio risco pelas pessoas que, quando ocorre inundação, sofrem prejuízos significativos.

Outras formas de manifestação da interferência do crescimento urbano são as obstruções do escoamento por aterros de pontes e outras obras; pela construção de pontes e taludes de estradas; por causa de drenagens inadequadas; pela obstrução de rios, córregos e condutos de drenagem (às vezes com diâmetros que diminuem a jusante) com lixo e sedimentos; e pelo seu assoreamento. Todo isto indica que a implantação da infraestrutura urbana ocorreu de forma desorganizada, com projetos e obras de drenagem inadequadas (TUCCI, 2007; 2008).

Dessa forma, as águas pluviais permanecem por mais tempo no perímetro urbano, acarretando prejuízos para a população local.

1.5- Precipitação, formas, natureza e intensidade.

Para Ayoade (2007) o termo “precipitação” é usado para qualquer disposição em forma líquida ou sólida, derivada da atmosfera, sendo um fator que envolve diversos elementos para determinar sua ocorrência, como: atuação de massas de ar, temperatura, nebulosidade/vapor d’água, umidade do ar, pressão atmosférica, entre outros. Neste sentido, Conti (2011, p. 22) afirma que:

O oceano é a principal fonte de água para atmosfera, embora também contribuam os corpos líquidos formados por rios e lagos. Uma massa líquida, quando aquecida pela radiação solar, sofre elevação da temperatura, podendo ocorrer à evaporação processo que absorve parte da energia térmica da atmosfera, transformando-a em calor latente. O vapor permanece em suspensão na atmosfera até retornar ao estado líquido pela condensação na qual libera o calor latente. Atingindo certas condições, precipita-se de volta ao solo sobre a forma de chuva, granizo, neve e etc. completando o chamado ciclo hidrológico, a chuva, portanto nada mais é do que uma das etapas desse ciclo, (CONTI, 2011, p 22).

Conforme Tucci (1993), a precipitação é toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, o que diferencia as formas de precipitação é o estado em que a água se encontra. De acordo com este autor, existem cinco formas distintas da precipitação: (1) *Chuvisco* (também chamado de Neblina ou Garoa): precipitação muito fina e de baixa intensidade; (2) *Chuva*: precipitação na forma líquida (a chuva congelada é constituída por gotas de água sobre fundida que congelam instantaneamente quando se chocam contra o solo, formando uma capa de gelo); (3) *Neve*: Precipitação na forma de cristais de gelo que coalescem durante a queda formando blocos de dimensões variáveis (a saraiva é uma forma de precipitação sólida constituída por pequenas pedras de gelo com diâmetro menor que 5 mm); (4) *Granizo*: quando essas pedras atingem um diâmetro igual ou maior que 5 mm); e (5) *Orvalho*: gotículas de água formadas por condensação do vapor de água do ar sobre objetos que resfriam durante noites claras e calmas.

Conforme Pinto (1976), os tipos de precipitação podem ser diferenciados, também, de acordo com o fator responsável pela ascensão de massa de ar, sendo:

- Chuvas frontais (aquelas que ocorrem ao longo da linha de descontinuidade, separando duas massas de ar de características diferentes);
- Chuvas orográficas (quando o ar é forçado a transpor barreiras de montanhas) e

-Chuvvas convectivas (provocadas pela ascensão de ar devida às diferenças de temperatura na camada vizinha da atmosfera).

Tucci (1993) explica que as chuvas convectivas (comuns na área de estudo) se caracterizam pelo movimento essencialmente vertical do ar, podendo ocorrer, também, em regiões temperadas por ocasião do verão (tempestades violentas). São chuvas de grande intensidade e curta duração, restritas a áreas pequenas; desse modo, podem provocar extensas inundações em pequenas bacias e centros urbanos.

Conforme Ayoade (2004), as chuvas convectivas estão associadas às nuvens do tipo Cumulus e Cumulonimbus, causadas pela massa de ar ascendente, que é mais quente do que o meio ambiente, frequentemente acompanhada de trovões.

Para este autor (AYOADE, 2004) as chuvas são caracterizadas por sua duração (diferenças de tempo entre os instantes de início e término) e por sua intensidade, definida como a quantidade da água caída por unidade de tempo, expressado em mm por hora (mm h^{-1}) ou seja, a intensidade é a quantidade de precipitação dividida pela duração da tempestade em horas e minutos (AYOADE, 2004). Expressamente as chuvas intensas/extremas que se precipitam num lapso de tempo muito curto, são chamadas de chuvas torrenciais.

O tipo convectivo geralmente tem intensidade maior do que a precipitação ciclônica; portanto, as intensidades de precipitação são muito mais elevadas nos trópicos, onde as tempestades convectivas ocorrem com mais frequência. A intensidade pode ser demonstrada como um aumento no número das gotas de chuva (AYOADE, 2004).

Não somente chuvas, mais a temperatura, a umidade relativa, a evaporação, e a força e a direção dos ventos, manifestam-se de maneira variada em cada ponto da Terra devido à circulação de massas de ar e a outros fatores geoambientais (CONTI, 2011).

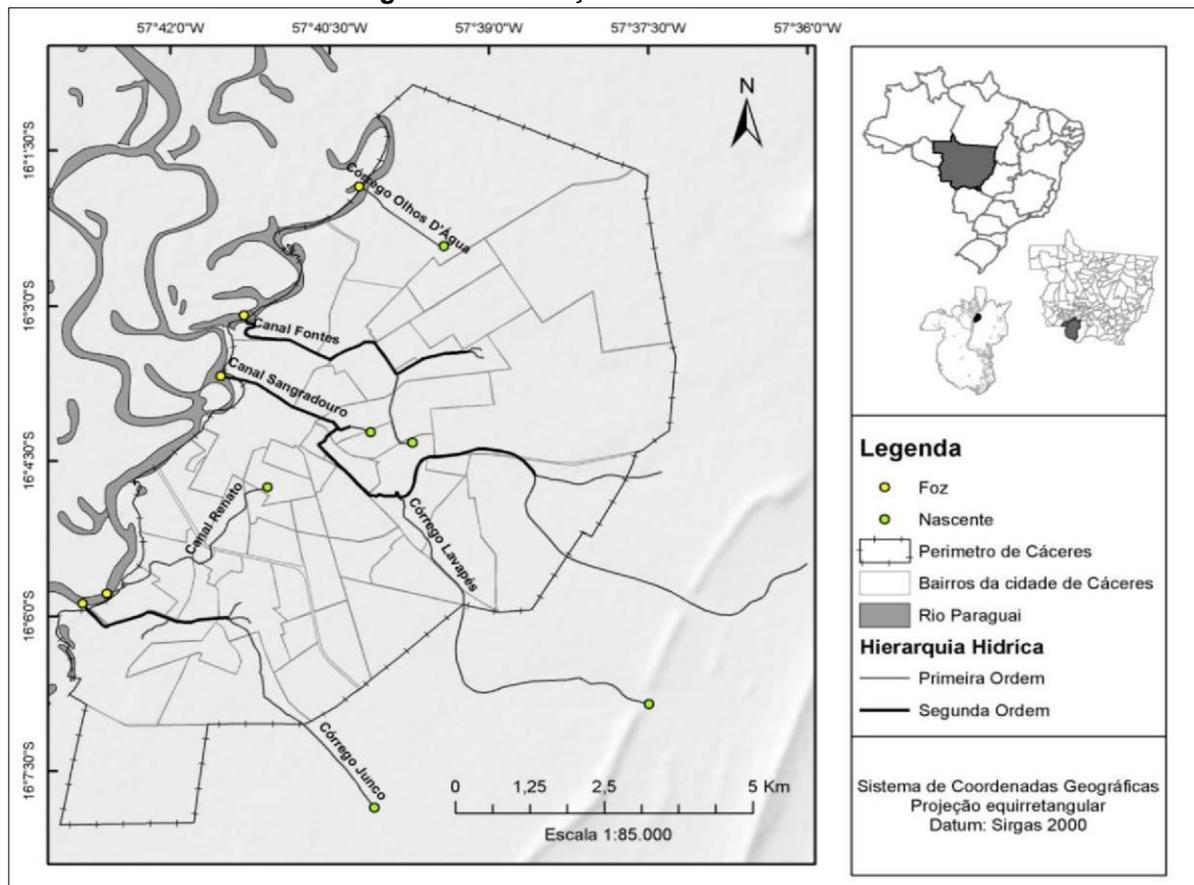
Capítulo III – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

O município de Cáceres localiza-se no sudoeste do estado de Mato Grosso, integrando a microrregião do Alto Pantanal e a mesorregião do Centro-Sul mato-grossense, com uma área territorial de 24.593,123 km² e uma densidade demográfica de 3,61 hab/km² (IBGE, 2018).

A cidade de Cáceres, situada a 215 km da capital do Estado (Cuiabá), está localizada entre as coordenadas 16° 04' 30" de latitude Sul, e 57° 40' 30" de longitude Oeste (W). O sítio urbano encontra-se na margem esquerda do rio Paraguai (Figura 2) e sua principal via de acesso é a rodovia federal BR-070. Segundo estimativas do IBGE (2019), tem uma população de 94.376 mil habitantes.

Figura 2. Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

2.2- Procedimentos metodológicos e operacionalização da pesquisa.

Para o desenvolvimento desse trabalho foram executadas distintas etapas de investigação, a seguir apresentadas:

Etapa I- **Pesquisa bibliográfica**: realizada com base nos fundamentos divulgados por Marconi e Lakatos (2003), os quais ressaltam que a pesquisa bibliográfica se apoia nos principais trabalhos já realizados sobre o tema, os quais fornecem dados atuais e relevantes, além de representar uma fonte indispensável de informações.

Desse modo, foi realizada a leitura e análise de fontes primárias como livros, teses, dissertações e artigos científicos para fundamentar a problemática da pesquisa, bem como aprofundar nas bases conceituais e metodológicas necessárias à pesquisa.

Etapa II- **Pesquisa documental**: foram consultados documentos antigos existentes no Arquivo Público Municipal, bem como registros de fontes jornalísticas como o Jornal Correio Cacerense, Jornal Oeste, G1.com e Diário de Cáceres.

Para Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa de fontes secundárias abrange toda a bibliografia já tornada pública e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito sobre determinado assunto (no caso, a ocorrência dos impactos urbanos registrados nessas fontes antigas). Também nesta etapa foram levantados dados mediante visitas a campo nos órgãos públicos como Defesa Civil e Corpo de Bombeiros, buscando conhecer ações formais e principais medidas do poder público frente aos problemas tratados na pesquisa, bem como registros de relatórios de ocorrência durante os desastres naturais.

Conforme Marconi e Lakatos (2003), os documentos oficiais constituem uma das fontes mais fidedigna de dados. Podem dizer respeito a atos individuais ou, ao contrário, atos da vida política, de alcance municipal, estadual ou nacional.

Etapa III- **Coleta, organização e análise dos dados pluviométricos e fluviométricos**: a análise pluviométrica foi considerada como elemento importante no surgimento de impactos socioambientais na cidade de Cáceres. O diagnóstico envolve primeiramente a coleta, organização e análise dos dados pluviométricos adquiridos no site do INMET, disponibilizados gratuitamente.

A análise de dados pluviométricos considera um estudo de 40 anos (1979 a 2018) tendo em vista que, conforme Ayoade (2004), para determinar e caracterizar

elementos do clima de uma determinada área, as observações nunca podem ser realizadas num período inferior a 30/35 anos. Todavia, os dados de chuvas anuais nos anos de 2015 e 2016 apresentam falhas, impossibilitando a análise dos referidos períodos.

A opção de análise temporo/espacial visa esclarecer a ocorrência de impactos relacionados aos eventos climáticos na cidade de Cáceres, a partir dos principais registros. Consideraram-se como principais registros, aqueles de maior repercussão socioambiental, sendo que o critério utilizado foi analisar episódios de maior quantidade de registros na data do evento, como: abrangência e ocorrência de dados, extensão do impacto, relatórios de ocorrência dos órgãos de análise, fotos, e registros de jornais eletrônicos e impressos.

Desse modo, podem-se elencar impactos históricos bem como impactos mais recentes. Nesta etapa foram confeccionados gráficos pluviométricos através do software Excel, mostrando o comportamento anual/mensal, padrão de distribuição, meses com chuvas e precipitação máxima em 24 h. Isto permitiu associar as informações com os noticiários dos jornais locais e regionais, juntamente aos dados da régua fluviométrica da bacia do rio Paraguai situada na Agência Fluvial de Cáceres. A partir desses dados foi possível organizá-los e relacioná-los com os dados das chuvas, para identificar eventos de alagamentos ou inundações.

Este critério para análise das inundações, concomitante a altura da régua do rio, foi sugerido por Santos (2013), onde faz inferência das inundações ocorridas no município, visando identificar a relação da dinâmica do rio Paraguai e os eventos de inundações.

Etapa IV- **Confeção dos mapas temáticos:** para a confeção do mapa de localização da área de estudo e da rede de drenagem dos córregos urbanos utilizou-se a projeção equirretangular sobre o Datum (SIRGAS, 2000), e de coordenadas UTM 422754,10 E e 8230019,10 N a 437015,13 E e 8215484,22 N sobre a projeção 21 S.

Para o processamento dos dados foi inicialmente utilizada a base de dados cartográficos na escala de 1: 250.000, elaborada pelo IBGE e distribuída gratuitamente em sua plataforma Geociências.

A metodologia utilizada para gerar a rede de drenagem desejada partiu de delimitar as bacias hidrográficas e suas redes de drenagem, com base na sequência proposta por Leal et. al. (2017). Esses procedimentos permitem gerar a rede de drenagem desejada. Para gerar as sub-bacias e bacia hidrográfica utilizou-se o

Catchment Grid Delineation (para gerar o raster das sub-bacias), o Catchment Polygon Processing (para gerar o vetor das sub-bacias), o Adjoint Catchment (que junta as bacias hidrográficas) e o Point Delineation (que define o exutório) (LEAL, et. al., 2017).

Etapa V- **Processamento de dados sobre alagamentos e inundações:** para identificar alagamentos ou inundações, seguiu-se a proposta de Tucci (2007), que caracteriza esses fenômenos em distintas formas, como explicado no Capítulo II.

A partir desse suporte teórico, foi possível relacionar e diferenciar esses fenômenos com base em acervos documentais do Arquivo Municipal, complementados com registros de imagens sobre a extensão dos impactos. Além disso, os dados de precipitação mensal, comportamento diário, e altura do rio Paraguai, contribuíram para a análise. A bacia do rio Paraguai funciona como um regulador das águas pluviais e um dos principais elementos para compreensão das inundações em Cáceres. Assim, para a análise dos dados coletados foi feita uma “reconstituição” do encadeamento de eventos pluviométricos que outrora causaram transtornos, bem como os episódios mais recentes.

As informações registradas nos jornais locais permitiram associar quatro importantes fatores na derivação dos impactos que ocorrem na área em questão: episódios elevados de precipitações, alagamentos, inundações e impactos socioambientais.

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Fatores geoambientais que contribuem para ocorrência de alagamentos e inundações na cidade.

3.1.1- Geologia

Conforme a coluna estratigráfica regional, adaptada por Luz et al. (1978, apud ROSESTOLATO FILHO, 2006), a formação geológica presente na cidade de Cáceres é a Formação Pantanal, do período Quaternário, cujos sedimentos estão sobrepostos aos siltitos e argilitos da Formação Diamantino, pertencente ao Grupo Alto Paraguai.

De acordo com Radambrasil (1982), a Formação Diamantino é constituída por camadas com espessuras variadas, sendo que na sua seção basal aparecem intercalações de folhelhos, siltitos arcoseanos e arcóseos, evidenciando ritmos regressivos em seu ambiente de sedimentação, como evidenciado nos municípios de Diamantino e Alto Paraguai.

Conforme Rosestolato Filho (2006), o fato de a cidade de Cáceres ter sido construída sobre sedimentos da Formação Pantanal, assentada sobre a camada argilosa da Formação Diamantino, condiciona uma grande variação do nível no lençol freático, tornando algumas áreas susceptíveis a alagamentos e inundações.

Os afloramentos recentes da Formação Pantanal são facilmente encontrados nas camadas mais superficiais da área urbana de Cáceres, conforme Embrapa (1982):

“Esta formação originou a grande planície do Pantanal MatoGrossense, na qual são consideradas camadas de natureza arenosa fina e siltico-argilosa. Os Leques Aluviais são possivelmente representados por depósitos dos rios Jaucoara, Paraguai e outros menores, às bordas das grandes serras areníticas que limitam a oeste a Província Serrana” (EMBRAPA, 1982, p. 29).

Igual opinião aparece em Rosestolato Filho (2006), para quem a malha urbana de Cáceres está situada nesta formação, composta por sedimentos aluviais predominantemente arenosos, siltico-argilosos e argilosos (inconsolidados ou pouco consolidados) com níveis conglomeráticos. Constata-se que as argilas e areias ocorrem em áreas sujeitas a inundações por tempo mais prolongado e apresentam granulometria predominantemente fina a muito fina (RADAMBRASIL, 1982).

A maior parte da superfície dos Pantanaís mato-grossenses é ocupada por areias quartzosas, que provavelmente dominam também nas camadas sotopostas,

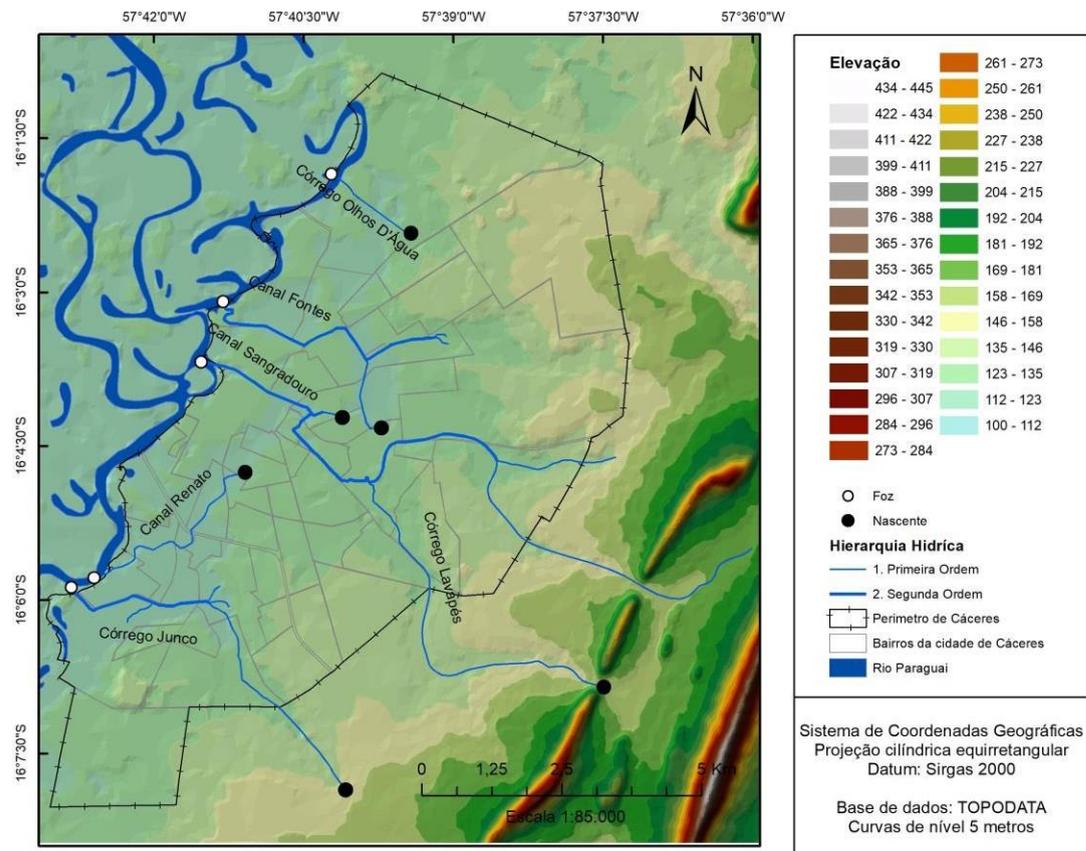
pois o quartzo é o principal componente das rochas encontradas nas áreas-fonte (ROSESTOLATO FILHO, 2006).

3.1.2- Geomorfologia

O município de Cáceres está situado entre a Bacia do Pantanal (que abrange a maior parte do município, incluindo o perímetro urbano estudado nesta pesquisa) e a Província Serrana (unidade geomorfológica que ocupa aprox. 30 % do município, conforme ALMEIDA, 1964, apud ROSESTOLATO FILHO, 2006).

No perímetro urbano, a diferença de altitude é menor de 20 m. o que favorece a ocorrência de alagamentos e inundações, como pode ser visto na (Fig. 3).

Figura 3. Mapa Hipisométrico da área de estudo e sua periferia.



Fonte: Autora, 2020.

Na Bacia do Pantanal, a espessura dos sedimentos é de cerca de 600 metros e eles formam uma vasta planície aluvial constituída por depósitos de leques aluviais com sedimentos arenosos e silto-argilosos, com pouco cascalho, bem como lateritas ferruginosas; a planície é caracterizada por inúmeros canais abandonados e pequenas lagoas, definindo a formação Pantanal (CPRM, 2004).

O Pantanal mato-grossense está sujeito a inundações periódicas, porém, apresenta áreas permanentemente alagadas e uma complexa rede hidrográfica. O município de Cáceres está inserido neste complexo dinâmico, com influências das variações topográficas, os tipos de solos, as formações geológicas, os tipos de relevo e as características climáticas.

3.1.3- Pedologia

No perímetro urbano de Cáceres, a cobertura de solos tem se formado sobre os sedimentos da Formação Pantanal e as coberturas Terciário-Quaternárias Detrítico Lateríticas, o que explica a presença de um horizonte inferior composto por areias, argilas de cores variadas e concreções limoníticas (ROSESTOLATO FILHO, 2006). Assim, no horizonte de variação do lençol freático aparecem concreções ferruginosas, plintitas com concentrações acima de 15% e espessura do horizonte maior do que 15 cm.

O solo predominante na área estudada é o Plintossolo, o qual é constituído por materiais argilosos, coloridos, que endurecem irreversivelmente quando expostos, passando de plintitas para petroplintitas (ROSESTOLATO FILHO, 2006).

De acordo com o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007), os Plintossolos são solos “imperfeitamente drenados” onde a água é removida do solo lentamente, de tal modo que este permanece molhado durante grande parte do ano. Estes solos comumente apresentam uma camada de permeabilidade lenta no solum, lençol freático alto, adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação destas condições.

Normalmente, apresentam algum horizonte mosqueado de redução no perfil, notando-se, na parte baixa, indícios de gleização (especialmente em áreas muito úmidas ou úmidas durante o ano todo). Esta classe ocorre em terrenos de várzeas, com relevo plano ou suavemente ondulado, em zonas de baixada (EMBRAPA, 1982).

3.1.4- Vegetação

De acordo com Vendramini (2017), a partir de dados do projeto PROBIO (MM, 2017), foram identificados fragmentos de diferentes formações de vegetação no perímetro urbano de Cáceres, especialmente: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Mata Ciliar) ao longo dos cursos de água, Savana Arborizada (Cerrado) sem floresta de galeria e Savana Florestada.

Segundo o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial é uma formação encontrada com maior frequência na grande depressão pantaneira mato-grossense-do-sul, entre as margens dos rios da Bacia do Rio Paraguai.

A Savana Arborizada, dispersa por toda a área do Pantanal, constitui-se fisionomicamente de uma formação campestre, com origem natural ou antrópica (caráter secundário), possuindo estrutura mais aberta e mais baixa que o Cerradão. É caracterizada por um tapete gramíneo lenhoso contínuo e pela presença de árvores gregárias de troncos e galhos retorcidos, casca espessa (às vezes, suberosa), folhas grandes (podendo ser grossas, coriáceas e ásperas) (GOMES e SANTOS, 2002).

A Savana Florestada, formação com fisionomia e características típicas, apresenta árvores com alturas que variam de 6 a 8 m e está restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, se desenvolvendo em clima tropical estacionalmente úmido (IBGE, 2012).

3.1.5- Hidrografia

A Região Hidrográfica da Bacia do Alto Paraguai (BAP) compreende, no território brasileiro, uma área de 362.259 km², dos quais 52% correspondem ao Mato Grosso e 48% ao Mato Grosso do Sul. No estado de Mato Grosso drena diversas cidades, dentre estas a de Cáceres. O rio Paraguai, principal tributário da BAP, nasce na Chapada dos Parecis, entre as serras de Tapirapuã e Tira Sentido (CALHEIROS e OLIVEIRA, 2010).

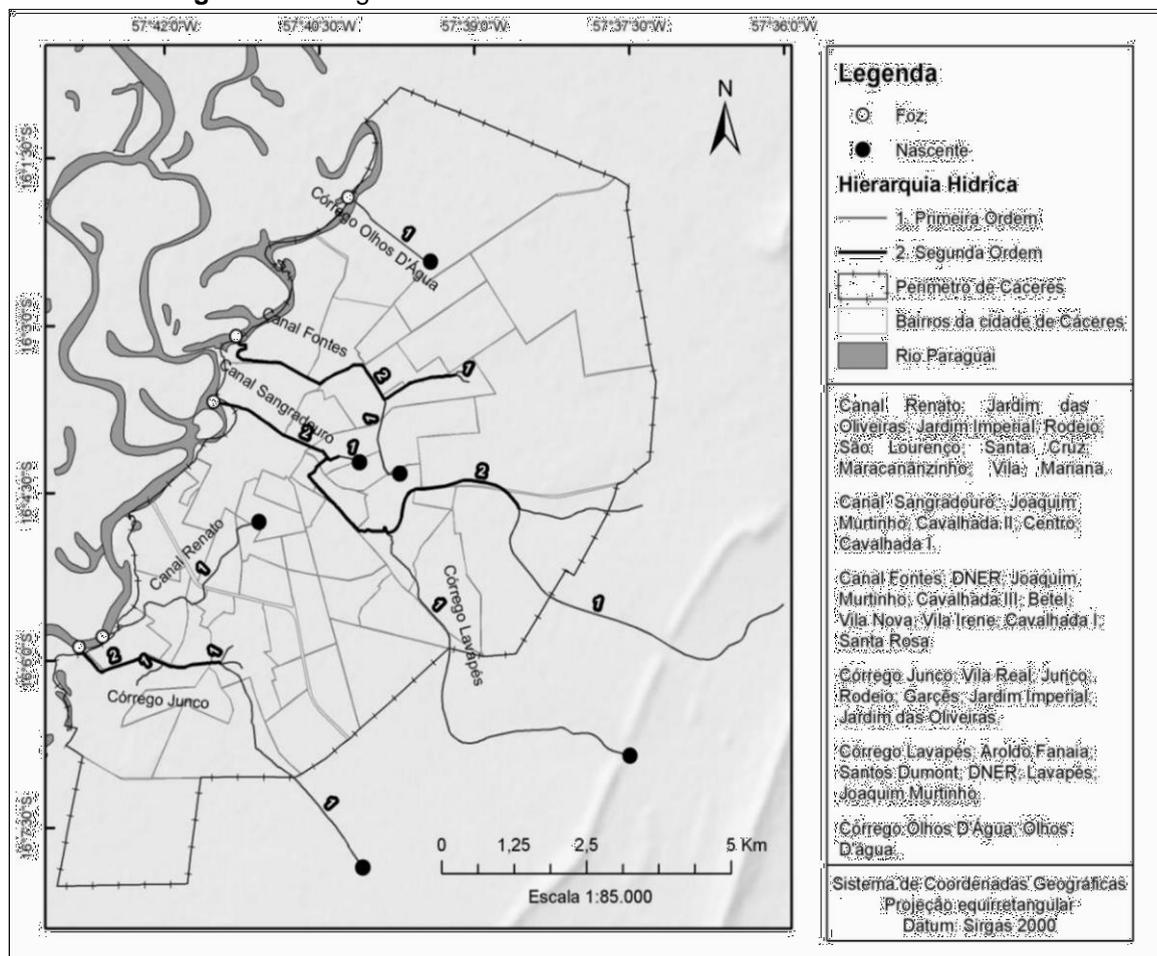
As características geoambientais da bacia, especialmente os fatores geológico e geomorfológico, de conjunto com os volumes pluviométricos, configuram o seu sistema fluvial, cuja dinâmica mostra diferentes períodos interanuais (com transição entre eles). Conforme Leandro et al. (2017) esses períodos são: (1) Enchimento, que começa no início da época chuvosa (entre outubro e janeiro); (2) Cheia: período de máximo enchimento, que vai de fevereiro a abril; (3) Esvaziamento, que se inicia no mês de abril, quando o nível fluviométrico começa a decrescer, marcando o fim da Cheia; e (4) Vazante: entre os meses de maio e setembro, sendo que os meses de agosto e setembro configuram os períodos de maior vazante. No período de cheia ocorre o transbordamento para a planície de inundação e no período de vazante, com

a redução no volume de água e em decorrência da deposição de sedimentos, há alterações na configuração do corredor fluvial – canal e planície de inundação.

A propagação das cheias do rio Paraguai se dá ao longo de vários meses do ano, com um lento escoamento das águas no Pantanal (CPRM, 2019). Este sistema dinâmico, que determina a caracterização do Pantanal, se forma pela complexa combinação das contribuições de cada planície, cujas lagoas e baías funcionam como reguladores de vazão, acumulando água e amortecendo a elevação do nível durante o aumento das cheias, e cedendo água durante a recessão. Diante disso, ocorrem cheias locais em diversas regiões ao longo do ano, que variam de acordo com o regime pluviométrico e os atributos ambientais, como ocorre na região de Cáceres (CPRM, 2019).

O perímetro urbano de Cáceres é drenado por diversos córregos, sendo eles: Sangradouro, Lavapés, Olhos D'Água, Junco, Canal do Renato e Canal do Fontes, todos os quais vertem suas águas no rio Paraguai (Figura 4).

Figura 4. Córregos e canais urbanos de Cáceres



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O córrego Sangradouro, apesar de menor extensão (2,81 km²), exerce importante função no escoamento das águas para o rio Paraguai durante o período chuvoso. Esta sub-bacia, situada entre as coordenadas 16° 03' 41" a 16° 06' 52" Sul, e 57° 37' 30" a 57° 41' 32" W, é composta pelos córregos Sangradouro e Lavapés, com extensão total de 12,46 Km². Drenam os bairros; Aroldo Fanaia; Santos Dumont; DNER; Lavapés; Joaquim Murtinho; Cavallhada II; Centro e Cavallhada.

As suas nascentes se encontram situadas nas Serras do Lobo e do Bom Jardim (na zona rural do município), e sua foz na Baía do Malheiros, no rio Paraguai (SANTANA et. al., 2017). Esta sub-bacia, com baixa amplitude altimétrica, apresenta pouca variação do lençol freático e o solo característico nela é o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (SANTANA et. al., 2017).

Estudos realizados por Barros e Souza (2012) sobre o nível de degradação da sub-bacia, revelaram a influência das intervenções antrópicas em diversos pontos dos córregos Sangradouro e Lavapés, pelo despejo de resíduos sólidos e líquidos de esgotos e restos de materiais de construção jogados diretamente nos canais e no seu entorno. Estes fatores comprometem a dinâmica fluvial pelo estrangulamento e potencializam a ocorrência de inundações em áreas próximas à planície de inundação.

O córrego intermitente Olhos D'Água encontra-se entre as coordenadas 16° 02' 26" a 16° 01' 51" Sul e 57° 39' 25" a 57° 40' 13" W, possuindo uma extensão de 1,81km; ele nasce no perímetro urbano e drena somente o bairro homônimo, percorrendo áreas de pequenas e médias propriedades e desaguando na baía do Felipinho, na margem esquerda do rio Paraguai (CRUZ e ZOUZA, 2018).

No seu entorno, a vegetação foi retirada para a construção de residências e implementação de pastagem, o que levou a diversas alterações como: leito dragado para remoção de sedimentos, lixos e capim (que provocam mudanças na profundidade e largura da calha e na capacidade do canal), construção de pontes e construção de açudes nas pequenas e médias propriedades (CRUZ e ZOUZA, 2018).

O canal dos Fontes, localizado entre as coordenadas 16° 04' 19" a 16° 03' 05" Sul, e 57° 39' 43" a 57° 41' 18" W, possui uma extensão de 5,05 km e drena os bairros DNER; Joaquim Murtinho; Cavallhada III; Betel; Vila Nova; Vila Irene; Cavallhada I; e Santa Rosa. Embora seja reconhecido por alguns pesquisadores como Córrego dos Fontes, de acordo com Cruz e Souza (2018), trata-se de uma obra de engenharia construída artificialmente pela prefeitura municipal nos anos de 1986-

1988, com o intuito de resolver problemas de escoamento da água nas áreas onde estava ocorrendo expansão da malha urbana da cidade. Estes autores ressaltam que:

A construção do canal está ligada à obra de complementação urbana do projeto CURAI do Ministério de Desenvolvimento Urbano, juntamente com BNH (Banco Nacional de Habilitação). Desse modo, desenvolveram ações de infraestrutura urbana, incluindo obras de pavimentação de vias públicas, meios-fios, sarjetas e galerias de água pluviais, que beneficiaram diversos bairros da cidade. Nesse projeto também estavam inclusas as ações direcionadas à drenagem urbana da cidade (MENDES, 2009, apud CRUZ e SOUZA, 2018, p. 11).

O canal sofreu várias alterações em sua morfologia/geometria, devido à retificação e à dragagem do leito pelas ações de manutenção dos canais urbanos realizados pela Prefeitura Municipal, cuja retirada de sedimentos provocou o alargamento e aprofundamento do canal (CRUZ e ZOUZA, 2018). Atualmente se encontra alterado pelas retificações, que comprometem sua função de drenagem durante as chuvas.

O córrego Junco encontra-se entre as coordenadas 16° 07' 51" a 16° 05' 52" Sul, e 57° 40' 06" a 57° 42' 50" W, possuindo 7,09 km de extensão e drenando os bairros Vila Real, Junco, Rodeio, Garçês, Jardim Imperial e Jardim das Oliveiras. Sua maior extensão encontra-se na área urbana, restando apenas um pequeno trecho na zona rural. Diferentemente dos demais representa o único córrego perene (RAYMUNDI, et. al., 2017).

As áreas de maior adensamento populacional localizadas na maior parte do córrego, explicam as alterações que apresenta, advindas do destino de lixo e entulho (construção e poda de árvores) e dejetos residenciais, que comprometem a qualidade da água, o equilíbrio do fluxo e a redução da profundidade da calha (RAYMUNDI et. al., 2017).

O Canal do Renato localiza-se no bairro Vila Mariana, entre as coordenadas 16° 04' 45" a 16° 05' 47" Sul, e 57° 41' 05" a 57° 42' 37" W, com uma extensão de 3,97 Km. Ele drena os bairros Jardim das Oliveiras, Jardim Imperial, Rodeio, São Lourenço, Santa Cruz, Maracanãzinho e Vila Mariana (NASCIMENTO, 2008).

De acordo com Nascimento (2008), a origem do nome é desconhecida pela população local, porém, outros fazem associações com o nome de um dos secretários da Prefeitura Municipal (Renato Vidal Garcia), proprietário de antigas chácaras, que foi o primeiro a drenar a área em questão.

Diversos estudos sobre a morfologia do canal têm demonstrado as alterações significativas decorrentes das interferências antrópicas. De acordo com Matias et al. (2014), é um canal artificial, e tinha como função drenar a água pluvial e evitar enchentes em alguns bairros da cidade. Porém, está subsidiando outras atividades (como servir de rede de esgoto e depósito de lixo nas margens e no fundo do canal) comprometendo seriamente sua função.

Sondagens feitas por Aguiar e Rosestolato Filho (2005) permitiram constatar os efeitos negativos causados por obras de engenharia implementadas ao longo de córregos como Sangradouro, José Bastos e/ou Junco, Fontes e Renato. Dados quantificados nos parâmetros largura, profundidade e velocidade média do fluxo através de seções transversais, confirmaram a influência das intervenções antrópicas que alteram a capacidade de fluxo dos canais. Em síntese, conforme os autores acima referenciados, os canais fluviais que mais respondem negativamente com alterações das seções transversais (como redução da capacidade do canal e diminuição do fluxo) são os córregos Sangradouro e Renato, cujas bacias de drenagem se encontram bastante atingidas pela urbanização.

Para Aguiar e Rosestolato Filho (2005), três características contribuem para o problema: (1) serem obras de engenharia que estrangulam as seções transversais, reduzindo a capacidade de escoamento do canal; (2) o transporte de sedimentos, que ocorre com grande intensidade durante os períodos de altos índices de precipitação, também reduz a capacidade drenagem do canal, e (3) as inundações ocorrem em pontos obstruídos à jusante, que afetam a eficiência do fluxo. Além desses fatores, a disposição de resíduos sólidos nos canais fluviais contribui para intensificar as inundações.

Tucci (2005) ressalta que, na medida em que a bacia é urbanizada e a densificação consolidada, maior quantidade de resíduos sólidos é produzida, obstruindo a drenagem. Este problema somente é minimizado com uma adequada frequência da coleta, com a educação da população e com multas pesadas.

3.2- Sistemas atmosféricos que influenciam na dinâmica pluviométrica de Cáceres.

A análise dos fatores climáticos nos permite entender as condições do tempo, em especial a distribuição de chuvas, cuja ocorrência depende do comportamento dos sistemas atmosféricos regionais (principalmente a circulação das massas de ar,

associada a fatores geográficos como o relevo, a latitude e a longitude, como apontado por NIMER, 1979).

Assim, o quadro sinótico da cidade de Cáceres está sujeito à atuação dos seguintes sistemas atmosféricos, apresentados de acordo com BORSATO (2011): (1) Massa Equatorial Continental - mEc; (2) Massa Polar Atlântica – mPa; (3) Massa Tropical Atlântica - mTa; (4) Massa Tropical Continental – mTc; (5) Sistemas Frontais – SFs; e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A mEc tem sua origem na região central da Amazônia, sendo uma massa de ar quente e úmida que atua sobre o estado de Mato Grosso especialmente durante o verão, sendo responsável pela ocorrência de chuvas intensas. O verão se caracteriza como a estação mais úmida, sendo popularmente denominado de estação das águas (BORSATO, 2011). A cidade de Cáceres sofre a influência dessa massa de ar durante o verão, a qual promove uma considerável dinâmica pluviométrica que caracteriza o clima local nessa época do ano.

A mPa, que atua na estação de inverno, tem origem no continente Antártico, sendo responsável pelas frentes frias que avançam desde o sul do Brasil para o território mato-grossense e o sul da Amazônia, com quedas bruscas da temperatura, conhecidas como friagem (MAITELLI et. al, 2004). Os SFs ocorrem quando as diferentes massas de ar entram em contato e não conseguem se misturar porque cada uma possui características próprias, o que gera mudanças no estado do tempo; assim, a zona de contato entre elas caracteriza as frentes (frias ou quentes) (MATOS, 2018).

A mTa, quente e úmida, é formada no Anticiclone de Santa Helena no Oceano Atlântico; ao chegar ao continente seus ventos enfrentam os obstáculos oferecidos pelo relevo e ascendem, condensando a umidade e causando aumento da nebulosidade, neblinas, chuvas e outros tipos de tempo. Depois avança pelo interior do continente, onde o aquecimento diurno pode gerar sistemas convectivos locais com chuvas localizadas (BORSATO, 2011).

A mTc, associada à baixa pressão predominante sobre a região do Chaco, no Paraguai possui alta temperatura e pouca umidade, sendo que, segundo Borsato (2011):

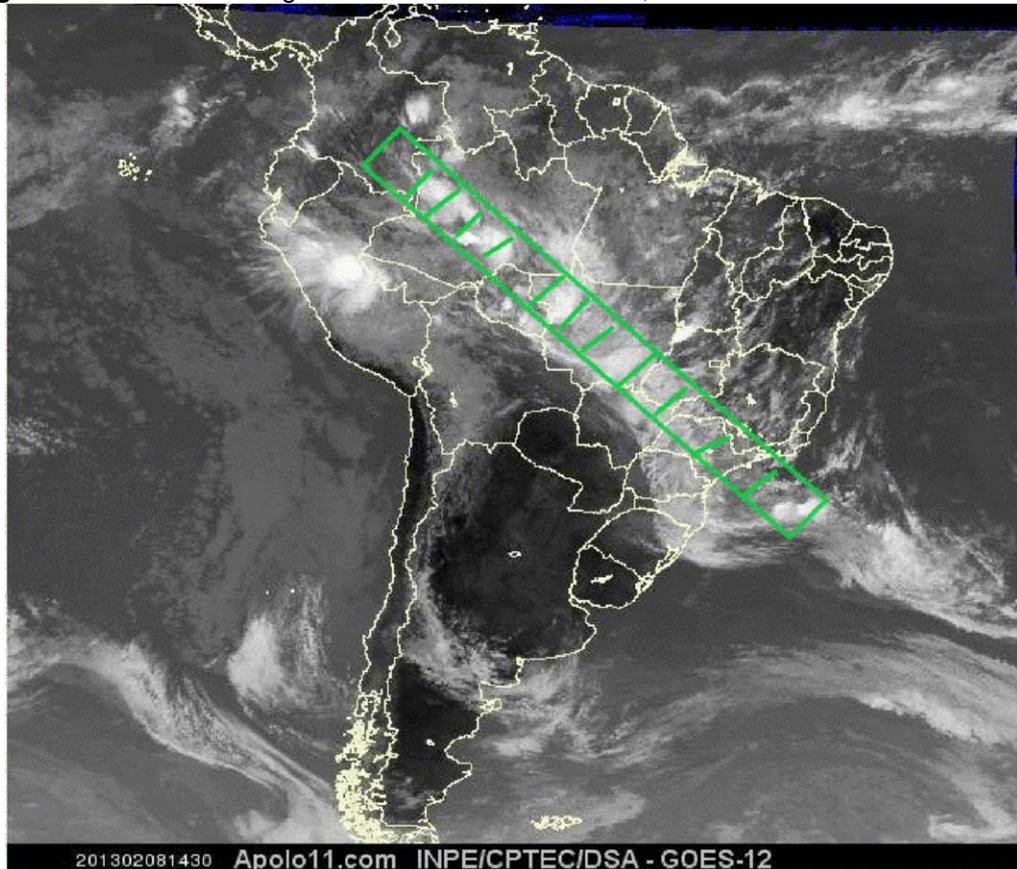
“No Brasil, ela atua no Centro-Oeste, no oeste das regiões Sul e Sudeste. Com o envelhecimento da mPa e o seu deslocamento para o interior do Atlântico, a mTc se amplia a partir do seu centro de origem e proporciona dias ensolarados, temperatura elevada e pouca chuva, já que o forte

aquecimento da superfície gera sistemas convectivos locais esparsos” (BORSATO, 2011, p. 92).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é uma faixa de nebulosidade convectiva que, quando se configura, estende-se desde o Sul da Amazônia em direção ao Sudeste até o Oceano Atlântico Subtropical. Identifica-se claramente durante o verão do hemisfério sul, atingindo também a cidade de Cáceres. Esta zona de instabilidade atmosférica é um dos principais fenômenos que influenciam o regime de chuvas na região central do Brasil, de acordo com Quadro et al. (2011, apud BORSATO, 2011).

Este corredor de umidade traz consigo ventos úmidos e provoca chuvas fortes e volumosas. É caracterizada como uma banda persistente de precipitação e nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste (INPE/CPTEC, 2020), embora possua menor participação durante os verões em relação à mEc, (QUADRO, 1994, apud BORSATO, 2011) (Figura 5).

Figura 5. Zona de Convergência do Atlântico Sul- ZCAS, ao noroeste e sudeste do Brasil.



Fonte: INPE/CPTEC, 2020.

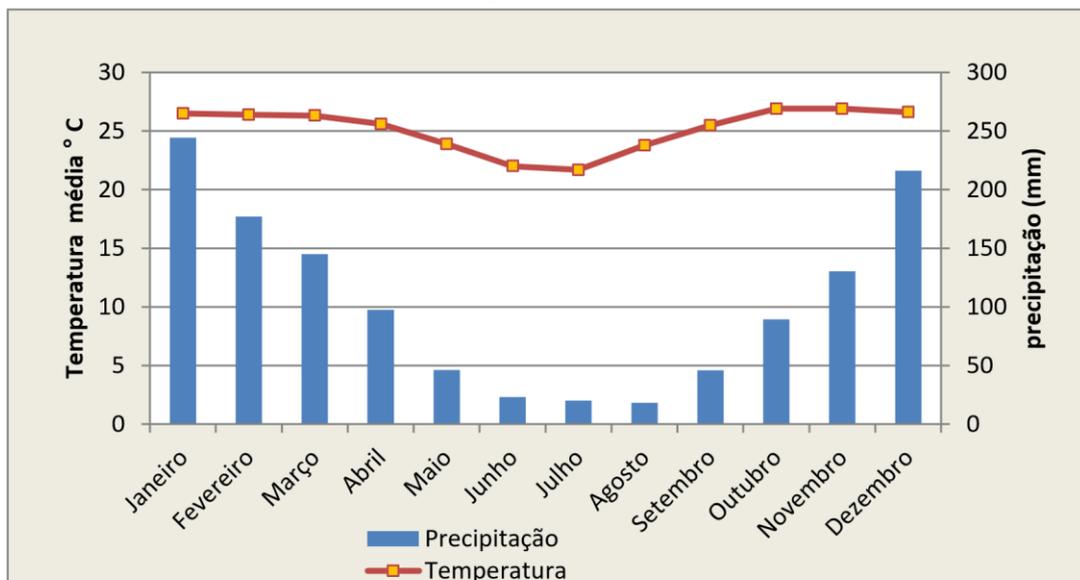
3.3- Dinâmica das chuvas em Cáceres entre os anos de 1979-2018.

Verifica-se, então, que o clima da região de estudo decorre da conjugação de vários mecanismos atmosféricos, aos quais se superpõem fatores de ordem geográfica.

Trata-se de um clima Tropical continental ou Tropical estacionalmente úmido (Aw segundo a classificação de Köppen), com duas estações bem definidas de inverno e verão (quando ocorrem as chuvas), e temperaturas médias que variam de 17°C (mínima) a 40°C (máxima).

De acordo com dados climatológicos do INMET correspondentes ao período de 1960-1990, a temperatura média anual de Cáceres é de 25,18°C (Gráfico 1). Conforme Neves et al. (2011), a máxima anual de temperatura é de 33,2°C e a mínima de 20,3°C (Gráfico 2); no entanto, as máximas diárias na primavera podem ultrapassar 41°C. A umidade relativa média anual é de 66,71% e a precipitação média anual é de 1.320,4 mm (NEVES et. al., 2011).

Gráfico 1. Climograma de Cáceres 1960-1990.



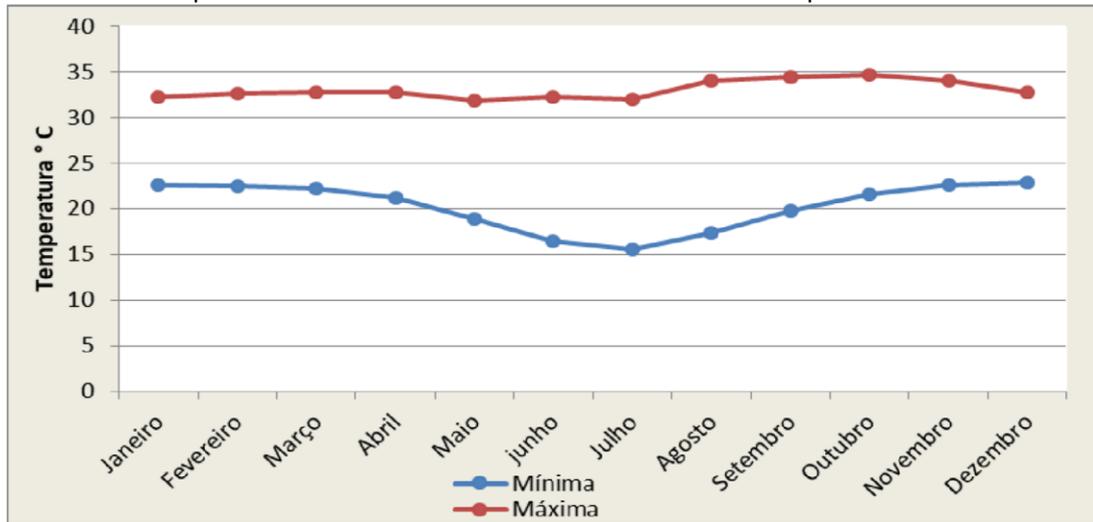
Fonte: Elaborado pela autora com base em dados do INMET, 2019.

As maiores temperaturas médias ocorrem no período úmido e as menores no período seco, configurando o clima local em duas estações definidas pela distribuição espacial e temporal das chuvas (NEVES et. al., 2011).

De acordo com Dallacort et al. (2014), os meses com temperaturas mais baixas são: maio, junho, julho, agosto e setembro, sendo que os demais meses

apresentaram temperaturas médias superiores a 26°C, o que se corresponde com as informações apresentadas do Gráfico 2.

Gráfico 2. Temperaturas máxima e mínima médias de Cáceres no período 1960-1990.



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados do INMET, 2019.

A estação seca ocorre de maio a setembro e a chuvosa de outubro a abril, sendo que a maior média de precipitação ocorre no mês de janeiro, e a menor em junho (DALLACORT et. al., 2014).

As chuvas são maiores nos meses associados à entrada de maior radiação solar no Hemisfério Sul (verão), ou seja, à atuação de sistemas convectivos de mesoescala, no caso a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que provoca chuvas convectivas em grande parte do Brasil, e atinge, também, esta área como explicado anteriormente (NEVES et. al., 2011).

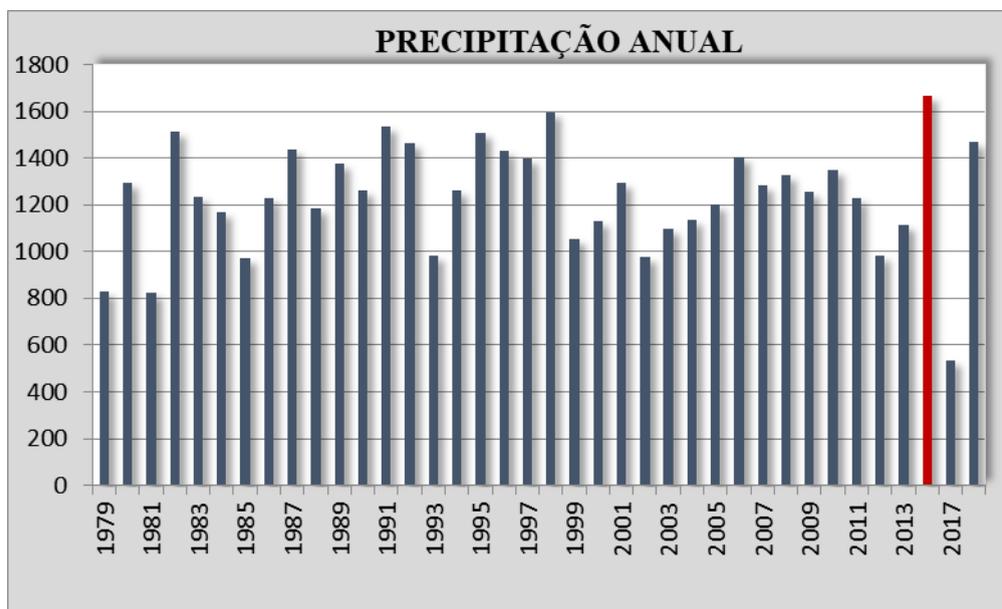
Conforme orienta a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2017), a evolução do comportamento atmosférico nunca é igual de um ano para outro ou de uma década para outra; portanto, podem-se verificar flutuações a curto, médio e longo prazo; neste caso, a dinâmica de chuvas no município de Cáceres comumente apresenta variações de um ano para outro, havendo períodos anômalos de chuvas, com volumes acima ou abaixo da média climatológica.

A análise da dinâmica pluviométrica de Cáceres foi considerada um elemento importante para compreensão dos impactos socioambientais que ocorrem na cidade. Os problemas de casas e ruas alagadas também são determinados pelo regime de chuvas e pela quantidade precipitada, assim como pela ocorrência de eventos prolongados de chuvas que determinam a magnitude e a abrangência dos danos causados à população exposta.

As análises realizadas permitiram identificar oscilações do índice de precipitações que vão desde valores inferiores a 800 mm até acima de 1600 mm anuais. Por exemplo, o ano de 2014 foi o mais chuvoso, com um volume de precipitação de 1.665 mm, seguido pelos anos de 1998 (com 1.591,9 mm); 1991 (1.534,8mm); 1982 (1.512,2mm) e 1995 (1504,6mm). Nestes anos, que correspondem a 12,5% do total de anos analisados, os valores de precipitação superaram a média de 1.320,4 mm/a, como mostrado no Gráfico 3.

Esses valores pluviométricos podem acarretar diversos problemas ambientais condicionados pelo ritmo, distribuição e sucessão das precipitações. Entretanto, não são determinantes por estarem relacionados aos fatores geoambientais e antropogênicos, que variam de acordo com as características de cada região. No caso da cidade de Cáceres, são elementos intrínsecos para a compreensão das inundações e dos alagamentos que ocorrem periodicamente.

Gráfico 3. Distribuição da precipitação anual em Cáceres entre 1979 e 2018.



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados do INMET e da Estação automática, 2019.

Os anos de 1987 (com 1.435,2 mm), 1992 (1.460 mm), 1996 (1.431 mm), 1997 (1.400,2 mm), 2006 (1.404,2 mm) e 2018 (1470,6 mm) apresentaram índices elevados, e também correspondem a 12,5% dos anos analisados; desse modo, a ocorrência de chuvas entre 1.400 mm/a e 1,600mm/a é esporádica para a cidade de Cáceres, porém, podem ocorrer excepcionalidades, em razão dos sistemas atmosféricos atuantes na região.

Em contrapartida, houve destaque em oito anos da série com índices entre 536 mm/a e 981,1 mm/a, valores que estão abaixo da média anual, como ocorreu em

1979 (829,3 mm), 1981 (822,5 mm), 1985 (972,3 mm), 1993 (980,7 mm), 2002 (973,9 mm), 2012 (981,1 mm) e 2017 (536 mm).

É importante salientar que o ritmo das chuvas no ano de 2017 se comportou de maneira anômala, não havendo dinâmica nos meses de janeiro, fevereiro e março do referido ano. Desse modo, é possível afirmar que houve falhas, uma vez que foram encontrados registros de alagamentos com relatórios de ocorrências através dos jornais locais e do Corpo de Bombeiros Militar de Cáceres, nos meses de ausência de precipitação. Portanto, equivale a 15% do total analisado.

Outras séries temporais tiveram maior destaque, por apresentarem tendências similares do volume precipitado, sendo eles: 1980 (1.293,3 mm); 1983 (1.235,4 mm); 1984 (1.169,2 mm); 1986 (1.229,9 mm); 1988 (1.186,8 mm); 1989 (1.375,9 mm); 1990 (1.262,7 mm); 1994 (1.261,7 mm); 1999 (1.055,8 mm); 2000 (1.130,9 mm); 2001 (1.291,7 mm); 2003 (1.094,4 mm); 2004 (1.135,6 mm); 2005 (1.199,1 mm); 2007 (1.283,2 mm); 2008 (1.325,8 mm); 2009 (1.255,4 mm); 2010 (1.346,5 mm); 2011 (1.230, 2 mm) e 2013 (1.112,3 mm).

Essa dinâmica de chuvas, que variaram entre 1.000 mm/a e 1.300 mm/a, correspondeu a 50% do total analisado, percebendo-se maior tendência de ocorrência de chuvas nessas quantidades para o município.

Os volumes de chuvas precipitados em Cáceres são favorecidos pela atuação dos sistemas atmosféricos, principalmente no verão quando é maior a influência da mEc, como colocado anteriormente, cujo deslocamento para a região provoca chuvas intensas com volumes elevados. Esse sistema atmosférico traz consigo nuvens convectivas, precipitações e elevadas taxa de umidade para a cidade.

Borsato (2011) em estudo sobre os sistemas atmosféricos predominantes de três (3) verões em quatro regiões do Brasil, identificou que neste período, em Cáceres, a mEc representou mais de 80% de atuação, sendo a principal responsável pela ocorrência de chuvas convectivas.

As dinâmicas de chuvas em Cáceres variam de 800 mm/a a 1600 mm/a, havendo ocorrência de episódios anômalos que fogem da média climatológica, exceto nos anos de 2017, que aparentemente apresentou falhas, pois não foram contabilizados com volumes precipitados.

Apesar de algumas séries temporais apresentarem chuvas escassas (anos de maior estiagem), não interferem na ocorrência dos problemas urbanos por se

tratarem de episódios restritos no tempo, como: volume precipitado em horas, dias, semanas e fatores externos.

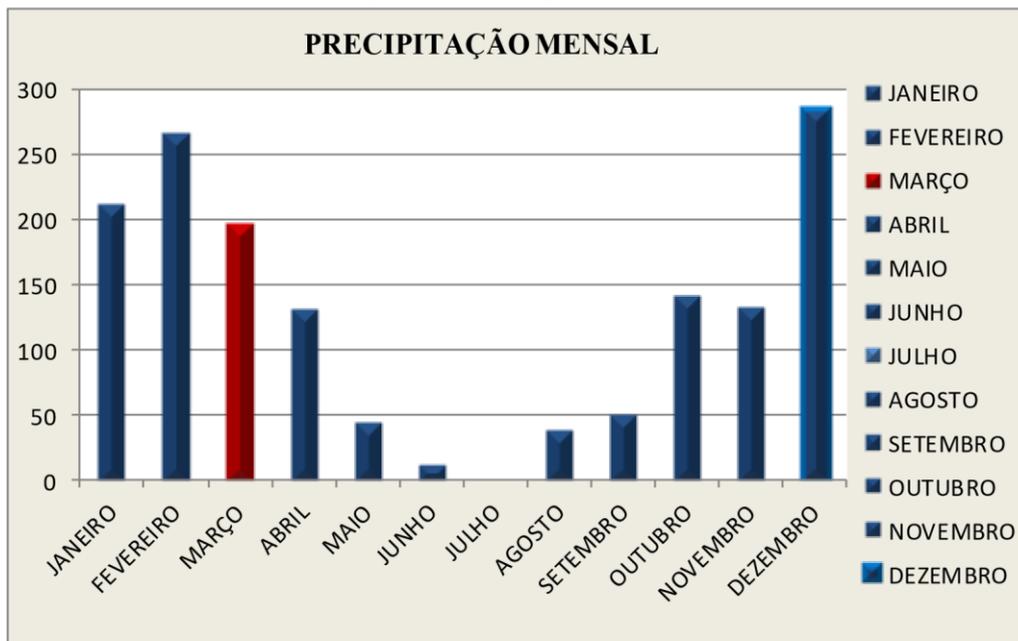
3.4- Episódios de alagamentos e inundações e impactos socioambientais em Cáceres.

3.4.1- Episódio do ano de 1982.

O evento de 1982 causou diversos transtornos na cidade, sendo uma das inundações históricas registradas, pela sua extensão e maior envolvimento de vítimas após um período prolongado de chuvas. É válido ressaltar que foi constatada através dos jornais coletados no Arquivo Público Municipal, a ocorrência de ruas e casas alagadas, desde o ano de 1975 até os dias atuais. Porém, para esta pesquisa consideraram-se, apenas, as repercussões a partir das séries temporais analisadas.

Neste ano de 1982, o volume de precipitações total foi de 1.512,2 mm, se destacando pela sua maior pluviosidade os meses de janeiro (212,6 mm), fevereiro (265,6 mm) e dezembro (285,6 mm) (Gráfico 4).

Gráfico 4. Distribuição da precipitação mensal de 1982 em Cáceres.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do INMET, 2019.

As chuvas foram desigualmente distribuídas durante o ano, porém, com destaque para o mês de dezembro (mais chuvoso), sendo que ocorreram chuvas escassas nos meses de maio (44 mm), junho (11,4 mm), julho (0,0 mm), agosto (38,4 mm) e setembro (50,6 mm), evidenciando a dinâmica pluviométrica comum na cidade de Cáceres durante o período de estiagem.

Devido à extensão dos impactos causados pelos episódios extremos de chuvas em 1982, o evento foi considerado por apresentar alto índice pluviométrico e de grande repercussão socioambiental, condicionado pelo transbordamento do rio Paraguai e córregos urbanos, e a extensão de áreas afetadas (Figura 6).

Figura 6: **A-** Inundação do Córrego Sangradouro sobre a antiga Ponte Branca, 1982. **B-** Vista parcial, após demolição da ponte e canalização do córrego próximo à jusante em razão da urbanização.



Fonte: Instituto Histórico Geográfico de Cáceres - IHGC.

A Figura 6-A retrata as inundações periódicas que outrora ocorria naturalmente na região central de Cáceres. As cheias que ocupavam a planície de inundação do Córrego Sangradouro sobre a Ponte Branca (mais conhecida pelos povos antigos como “Ponte de Pedra”, símbolo cultural e de ligação entre o Centro e o bairro Cavahada), não representavam ameaças para a população em seu entorno, pois se tratava da dinâmica natural durante a estação chuvosa (Figura 7).

Demolida em 19/05/1998, atualmente parte do córrego próximo à foz encontra-se canalizado e não existem vestígios da existência da mesma (Figura 6-B). Essas áreas atualmente ocupadas por ruas e calçadas são suscetíveis às inundações, visíveis durante os episódios intensos de chuvas.

Figura 7. Inundação periódica do Córrego Sangradouro sobre a Ponte Branca, 1970, Centro de Cáceres.



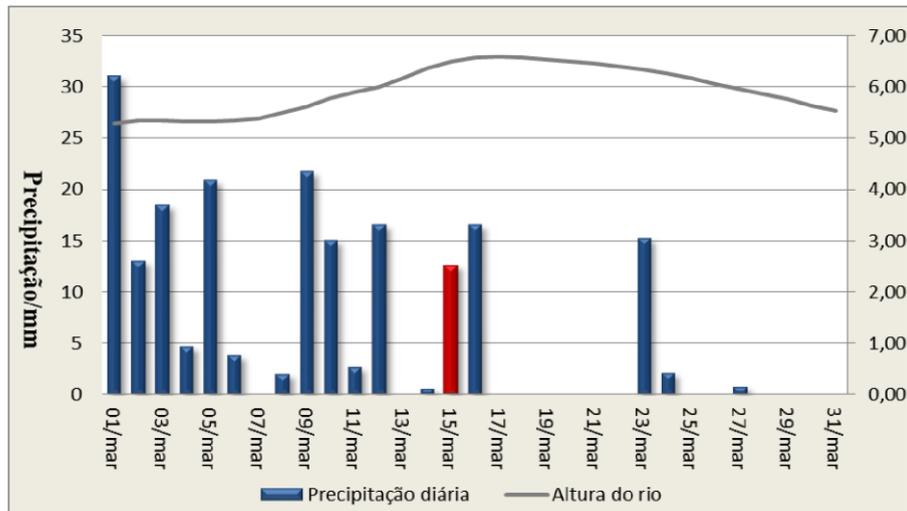
Fonte: Patrimônio Histórico e Cultural de Cáceres, 2019.

Conforme o Relatório da Prefeitura Municipal de 1982, neste ano as repercussões em torno dos desastres iniciaram em 23 de fevereiro, quando as chuvas cessaram após 14 horas ininterruptas, provocando os primeiros problemas ligados ao sistema de drenagem. Casas e paredes foram danificadas, principalmente nas regiões periféricas, havendo casos de pessoas feridas e registro de morte.

A Defesa Civil entrou em estado de alerta no monitoramento da régua do rio Paraguai e, com isso, foi declarado o estado de emergência para Cáceres no dia 15/03/1982, pelo Decreto nº 17. Nesse período, a régua fluviométrica marcou valores superiores à cota de alerta de 5,4 m, indicando 6,58 m no dia 17 de março (maior volume já registrado nas séries analisadas).

O volume de chuva no referido mês foi de 197,8 mm, não excedendo 32 mm/d; portanto, as inundações e danos causados devem-se à sucessão de chuvas de meses antecedentes que contribuíram para a elevação do nível da água, bem como pela própria dinâmica do rio Paraguai e seus afluentes. Essa dinâmica se caracteriza em períodos interanuais, pela transição entre o Enchimento (que ocorre especialmente entre meados de outubro e janeiro) e a Cheia (quando atinge picos máximos, nos meses de fevereiro, março e abril) (Gráfico 5).

Gráfico 5. Precipitação diária e altura da régua fluviométrica de março de 1982.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

De acordo com o relatório da Prefeitura Municipal, foram diversos os efeitos: da inundação parcial na cidade de Cáceres, com mais de 750 pessoas desabrigadas (incluindo áreas rurais como o núcleo do Limão e o então Distrito do Porto Esperidião, pela inundação do rio Jauru, afluente do rio Paraguai) (Figura 8).

Figura 8. Inundação no Porto do Limão – Zona Rural de Cáceres.



Fonte: Relatório emitido pela Prefeitura Municipal de Cáceres, 1982.

Devido à submersão de 8 km da BR 174, uma das principais vias de acesso nesse período, houve problemas no abastecimento de alimentos e combustíveis em

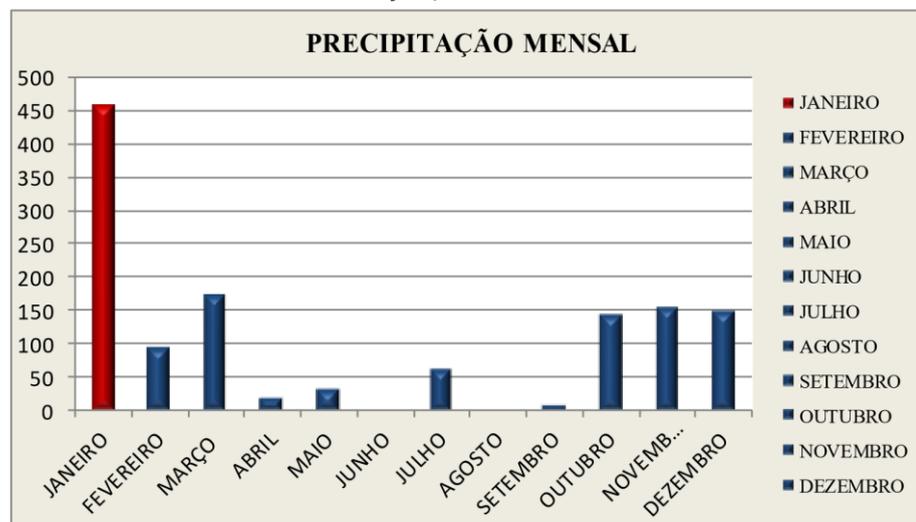
diversos locais. Para minimizá-los, foi utilizado um sistema de transporte fluvial para atender as áreas afetadas de Cáceres e região, fornecendo alimentos, vacinas e outros recursos, e movimentar agentes de saúde (médicos e enfermeiros).

De acordo com o relatório de 26/03/1982, 18 casas foram afetadas/destruídas e 10 ficaram em situação precária. Somente no dia 26 de abril de 1982, fica declarado à cessação de situação de emergência, quando os volumes de chuvas diminuiram, como evidenciado na régua do rio Paraguai.

3.4.2- Episódio do ano de 2007.

O ano de 2007 atingiu um volume pluviométrico de 1.283 mm\la, com uma distribuição irregular (Gráfico 6).

Gráfico 6. Distribuição pluviométrica mensal de 2007.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do INMET, 2019.

O Gráfico 6 revela que a dinâmica pluvial se configurou com chuvas concentradas em determinados meses, se destacando janeiro como mais chuvoso (458.1mm), seguido pelos meses de março (171mm), novembro (150,4 mm), dezembro (146,7mm) e outubro (141,8mm).

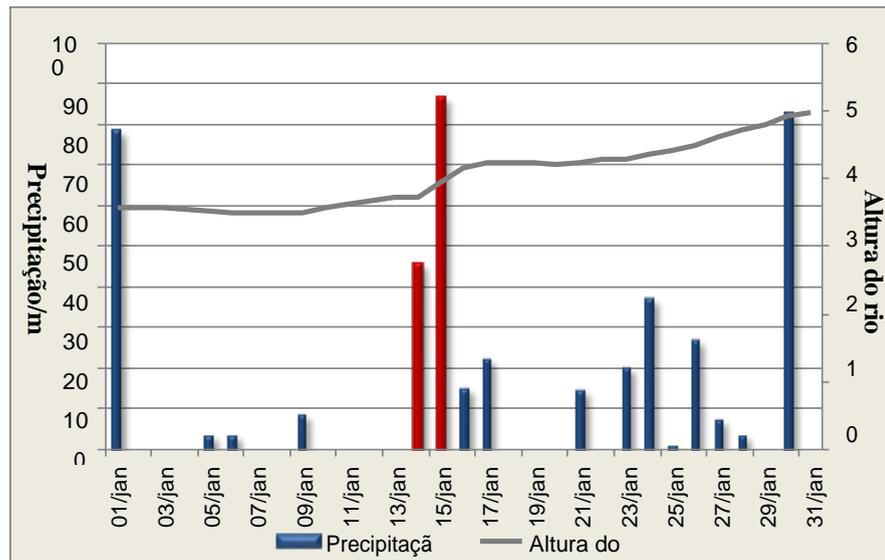
Chuvas escassas ocorreram em fevereiro (92,3 mm), abril (18 mm), maio (33,2 mm) e setembro (9,5 mm). No mês de julho ocorreram 61,7 mm, marcando uma excepcionalidade, visto que comumente não apresenta chuvas durante a estação seca. Os meses com ausência de precipitação foram junho e agosto.

O mês de janeiro deste ano de 2007 apresentou elevados valores de chuvas, as quais causaram um número expressivo de vítimas, como mencionado pelos veículos de informação eletrônica. Neste mês foram registrados dois episódios

críticos de chuva, correspondentes aos dias 14/01 (45.8 mm/d), e 15/01 (86.6 mm/d) que ocasionaram danos significativos para a população local.

O Gráfico 7 mostra os registros de dias com baixo volume pluvial, intercalados com dias de precipitações elevadas, de até 86.6 mm/d. Destacam-se os dias: 01/01 (com 78 mm/d), 14/01 (45.8 mm/d), 15/01 (86.6 mm/d) e 30/01 (82,8 mm/d).

Gráfico 7. Distribuição pluviométrica e fluviométrica diária de Janeiro de 2007



Organização: A autora, 2019. **Fonte:** INMET

O evento pluviométrico registrado nos dias 14 e 15 de janeiro de 2007 foi responsável por diversas repercussões socioambientais e transtornos em Cáceres, sendo divulgado através do meio de comunicação G1.com a seguinte publicação:

A forte chuva que atingiu Cáceres [...] deixou 15 bairros alagados. Segundo o Corpo de Bombeiros, mais de 300 casas foram invadidas pela água. As famílias atingidas estão sendo removidas para ginásios, escolas e casas de parentes nas regiões mais altas da cidade. Cem homens do Corpo de Bombeiros, Polícia Militar e Exército trabalham no resgate [...].

Alguns impactos não dependem apenas do volume de chuvas, mas do seu ritmo e duração. Nos dias supracitados a régua fluviométrica do rio Paraguai atingiu alturas de 3,73 m e 3,96 m (veja-se que a régua está abaixo da cota de alerta, sendo o transbordamento dos córregos urbanos e canais o causante das enchentes, pelas suas reduzidas seções, como apontado por REIS, 2007) (Figura 9).

Figura 9. Inundação ocorrida em 2007: **(A)** Transbordamento do Córrego Sangradouro, área central de Cáceres. **(B)** Local da inundação 2019.



Fonte: Eng. Adilson Reis, 2007.

Devido à chuvas na cidade durante 18 horas ininterruptas (com total de 132 mm), o solo ficou saturado (menor capacidade de infiltração) o que, em conjunto com os fatores antropogênicos, potencializou o alagamento de casas, por inundações que obrigaram à intervenção da Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros de Cáceres (Figura 10).

Figura 10- Inundação em Janeiro de 2007 na cidade de Cáceres



Fonte: Eng. Adilson Reis, 2007.

Conforme o relatório elaborado pela Prefeitura Municipal (2010), a obra realizada em 2007 na foz do Córrego Sangradouro com o intuito de despoluir a baía do Malheiros, criou um “grave” obstáculo físico ao curso natural do córrego, que fez com que toda a contribuição de água da bacia do Sangradouro (principal córrego urbano) ficasse represada, ampliando assim as áreas atingidas e contribuindo para a ocorrência dos desastres.

Além desses condicionantes, neste período, tanto as cartas sinóticas como a compilação de dados climatológicos disponibilizados pelo INMET, permitiram a Borsato (2011), identificar os sistemas atmosféricos atuantes no verão de 2007-2008, quando as chuvas de origem convectiva atingiram 858,4 mm, representando 97% do volume pluviométrico total.

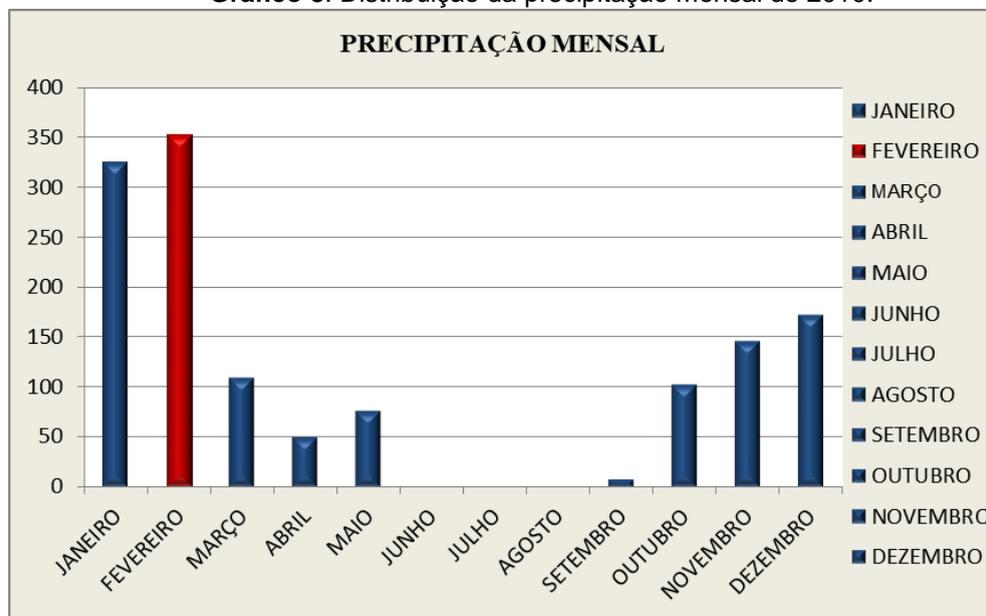
De acordo com Torres e Machado (2008), estas chuvas são comuns no verão, quando, depois de atingida a temperatura máxima do dia, e com o decréscimo da mesma no final da tarde ou início da noite, “despencam” fortes aguaceiros de curta duração, acompanhados de relâmpagos e trovões, contribuindo para a ocorrência de desastres socioambientais em áreas suscetíveis aos fenômenos climáticos como na cidade de Cáceres.

3.4.3- Episódio do ano de 2010.

O episódio ocorrido no ano de 2010, considerado como uma das maiores enchentes dos últimos anos, causando diversos transtornos à população cacerense, (chegando a ser comparada com a cheia histórica de 1982), com um número significativo de vítimas durante o período das chuvas, onde o valor total de precipitação foi de 1.346,5mm/a.

O regime pluviométrico mensal concentrou-se no primeiro bimestre do ano, sendo que janeiro registrou 326 mm e fevereiro 352 mm (Gráfico 8).

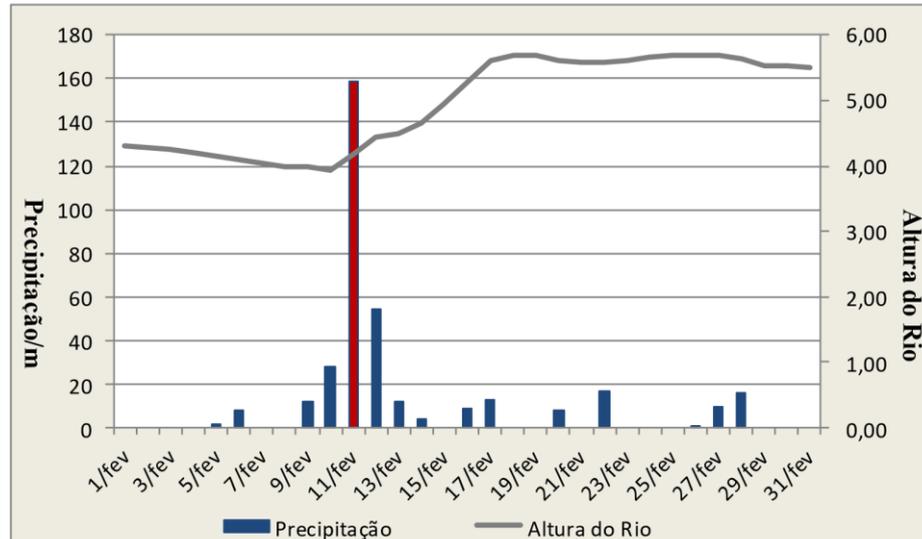
Gráfico 8. Distribuição da precipitação mensal de 2010.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do INMET, 2019.

Entretanto, chuvas escassas ocorreram em dezembro (173,1 mm), novembro (146,9 mm), março (109,8 mm), outubro (102,8 mm), maio (76,8 mm), abril (50,6 mm) e setembro (7,8 mm). Seguindo o padrão, não ocorreram chuvas em junho, julho e agosto. Contrariamente, o mês de fevereiro foi o mais chuvoso do ano, ocasionando diversos problemas socioambientais para a população, como evidenciados nos jornais eletrônicos.

O Gráfico 9 mostra as chuvas diárias do referido mês, sendo possível observar dias sem chuvas e outros com volumes excepcionais como o dia 11 de fevereiro, com 159 mm/d.

Gráfico 9. Distribuição pluviométrica e fluviométrica diária em fevereiro de 2010.

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do INMET, 2019.

Estas chuvas intensas no período de 24 horas são determinantes para a ocorrência das inundações urbanas, pois as galerias fluviais não conseguem conduzir a quantidade de água precipitada até a bacia de drenagem. A régua fluviométrica registrou a cota de 4,17 m na data do episódio, e volumes superiores a partir da primeira quinzena do mês. Desse modo, os transtornos ocorridos foram intensificados pelas cheias/transbordamentos dos córregos urbanos.

O episódio pluvial ocorrido no dia 11 de fevereiro teve grande destaque nos noticiários da imprensa local, os quais informaram que as chuvas provocaram transtornos em vários bairros do perímetro urbano. Por exemplo, conforme o Diário de Cáceres, MT:

O temporal de ontem atingiu aproximadamente 20 mil pessoas de 19 bairros mais somente 13 ficaram desabrigadas [...] Elas são moradoras dos bairros Jardim das Oliveiras, Cavalhada, Cidade Alta e Cavalhada II, atingidos pelos alagamentos [...] Além da escola Isabel Campos, a prefeitura disponibilizou a Escola Dom Máximo para abrigar os possíveis desalojados. Entre os desabrigados estão às senhoras Paulina Marques de Arruda, de 77 anos, moradora da Cidade Alta e Otilia Gomes de Souza de 66, moradora do Jardim das Oliveiras. Ambas têm em comum o fato de ser a segunda vez que foram parar em um abrigo público para fugir da enchente. Dona Paulina lamenta ter perdido praticamente todos os móveis e pertences pessoais pela segunda vez. A Moradora da Cidade Alta, também perdeu tudo na enchente de 2007. A dona de cada Eva Aparecida passou a noite no abrigo em companhia de dois dos quatro filhos, menores. Ela é moradora da Rua São Marcos no Bairro Cavalhada II. Ela conta que o marido, pescador, ficou em casa com os outros dois filhos. A moradora diz que além de móveis e utensílios, também perdeu roupas das crianças e alimentos (DIÁRIO DE CÁCERES-MT, 12-02-2010).

Na data do episódio foram registrados 159 mm/d, enquanto que os dias que antecedem e sucedem a data do evento se registraram volumes escassos de chuvas.

Essa dinâmica é caracterizada pelas chuvas convectivas (que representaram 90,1% do volume total precipitado em Cáceres durante o verão 2009-2010, conforme Borsato, 2011) que ocasionaram o transbordamento de córregos urbanos, deixando diversos estabelecimentos e bairros inundados (Figura 11).

Figura 11. Inundação no Centro de Cáceres no ano de 2010.



Fonte: Eng. Adilson Reis.

Em 2010 foram elaborados quatro relatórios de ocorrência pela guarnição do Corpo de Bombeiros Militar de Cáceres, nos seguintes bairros: Dner, São Luiz, e dois na Cohab Velha. De acordo com os relatórios, a guarnição juntamente com a equipe da Prefeitura Municipal e Serviço Social, fizeram vistorias nas áreas de inundações, além de prestar apoio às vítimas. Na área mais crítica (bairro Cohab Velha), foram retiradas uma criança e uma adolescente da residência, visto que as águas se elevaram cerca de 60 centímetros durante as chuvas. As vítimas foram deslocadas para abrigos seguros, como escolas e ginásios.

É importante salientar que durante a atuação da guarnição de Cáceres nos casos de alagamento ou inundação, é feito um alerta ao proprietário quando aos cuidados necessários, visando minimizar os danos causados à população, como:

Se o nível de água estiver subindo, vá com sua família para um lugar seguro; Antes de sair, desligue aparelhos elétricos e o quadro geral de energia, feche o registro de água, feche bem as portas e as janelas; Só volte para casa quando as águas baixarem e apenas durante o dia; Quando retornar para casa, tome cuidado com aranhas, cobras e ratos, ao movimentar objetos, móveis e utensílios; Jamais reaproveite a água da enchente e nem coma alimentos que tiveram contato com essas águas; Não deixe as crianças brincarem na enxurrada; Se a sua residência foi destruída durante a enchente, não retorne a construir no mesmo lugar; Avise a Defesa Civil ou o

Corpo de Bombeiros se a chuva causou rachaduras em sua casa, (DEFESA CIVIL DO ESTADO DE MATO GROSSO, 2018, p. 3).

De acordo com o relatório elaborado pela Prefeitura Municipal no dia 11/02/2010, um total de 18 bairros foram atingidos, sendo: Cohab Velha, Vila Mariana, Cidade Alta, Cavanhada – I, II e III, Espírito Santo, Vila Irene, Jardim Imperial, Jardim das Oliveiras, Olaria, ‘Betel’ ‘Quebra Pau’, Rodeio, Garcez, ‘Massa Barro’, São José e o Centro Histórico, afetando diretamente 4.000 imóveis, correspondentes a 15.000 pessoas.

Além de danos físicos e prejuízos sociais, houve a interrupção no sistema de abastecimento de água potável, bem como queima de motores de moto-bombas e rompimento de tubulações em diversos trechos, além de interrupção da mobilidade urbana e do serviço de coleta de resíduos sólidos. A causa apontada, de acordo com o relatório, foi redigida ao mesmo problema ocorrido em 2007 (obra de despoluição da baía do Malheiro). Para minimizar o problema, foram necessárias desobstruções e abertura de um canal auxiliar visando ampliar a vazão do escoamento das águas durante os períodos chuvosos (Figura 12).

Figura 12. Desobstrução e construção de um canal auxiliar para drenagem das águas, 2010.



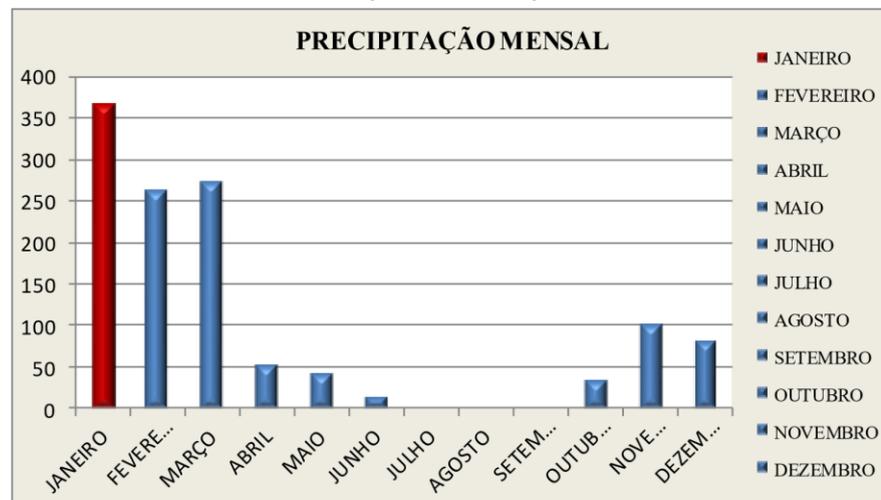
Fonte: Eng. Adilson Reis, 2010.

3.4.4- Episódio do ano de 2011.

O volume pluviométrico total do ano de 2011 foi de 1.230,2 mm, concentrados no primeiro trimestre do ano, se destacando o mês de janeiro como mais chuvoso (366,0 mm), seguido pelos meses de fevereiro (262,0 mm) e março (273,0 mm). Também no final do ano, os meses de novembro e dezembro registraram valores elevados, com 101,4 mm e 82,2 mm, respectivamente.

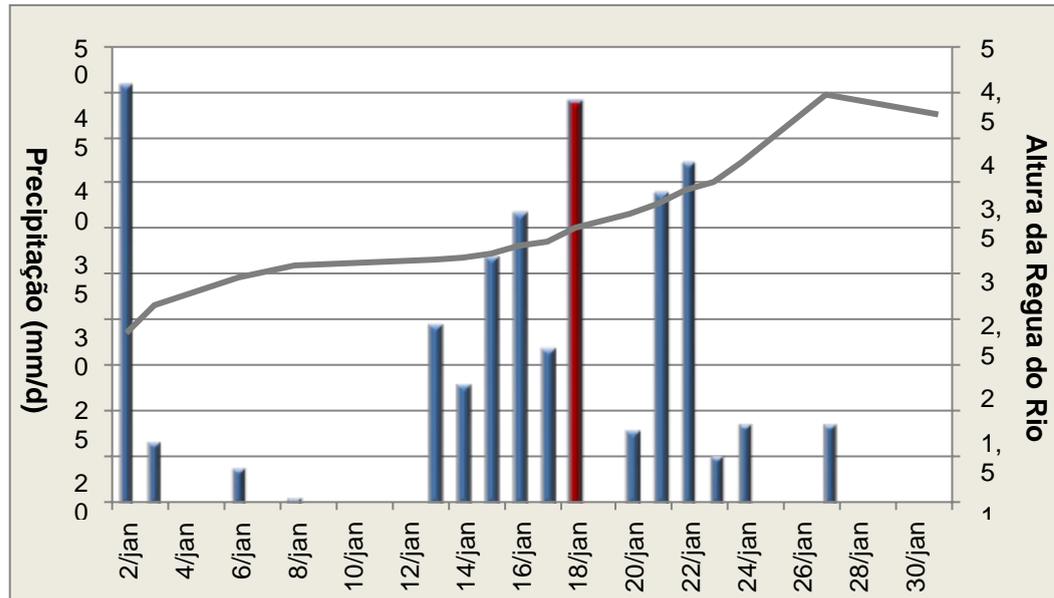
No resto dos meses de 2011, as chuvas se comportaram normalmente, com ocorrências de 53,3 mm/m em abril, 42,2 mm/m em maio, 33,9 mm/m em outubro e 14,4 mm/m em junho. Nos meses de julho, agosto e setembro não se registraram precipitações. Essa distribuição irregular das chuvas durante o ano pode ser visualizada no Gráfico 10.

Gráfico 10. Distribuição da precipitação mensal de 2011.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do INMET, 2019.

O Gráfico 11 mostra o comportamento das chuvas em janeiro: pode-se perceber que a dinâmica pluviométrica apresentou intervalos de chuvas concentradas com valores superiores a 40 mm/d, alternando com outros com chuvas menos significativas ou ausentes. Apesar das chuvas serem elevadas em dias específicos, houve o registro somente na data de 18/01.

Gráfico 11. Distribuição pluviométrica e fluviométrica diária de Janeiro de 2011

Organização: Autora, 2019. **Fonte:** Dados do INMET

O evento ocorrido em 18/01 (44 mm/d) registrou a cota fluviométrica de 3,0 m e valores ainda superiores como 4,48 m (maior volume registrado para o referido mês). Houve alagamentos em diversos bairros, além de áreas afetadas pelos transbordamentos dos córregos urbanos como Lavapés e Sangradouro. O jornal impresso Correio Cacerense divulgou a seguinte informação:

A chuva que começou as 3 da manhã de ontem, 18/01 provocou alagamentos nos bairros, Cavalhada, Cidade Alta, São José e Cohab Velha [...] ainda mantém dentro da água parte da Cavalhada, São José e Cidade Alta, bairros que ficam próximos aos córregos Lava-pés e Sangradouro. [...] Foram prestados auxílios para remoção de móveis e pessoas que ficaram "ilhadas". (JORNAL CORREIO CACERENSE, 18-01-2011)

Diante das análises, percebe-se a ocorrência de dois fenômenos distintos agindo simultaneamente durante o período das chuvas, o que pode ter sido ocasionado por diversos fatores como: galerias fluviais obstruídas, falta de limpeza dos córregos urbanos, chuvas ininterruptas e intensas num período de tempo muito curto, e outros (Figura 13).

Figura 13. Alagamento e repercussões no ano de 2011.



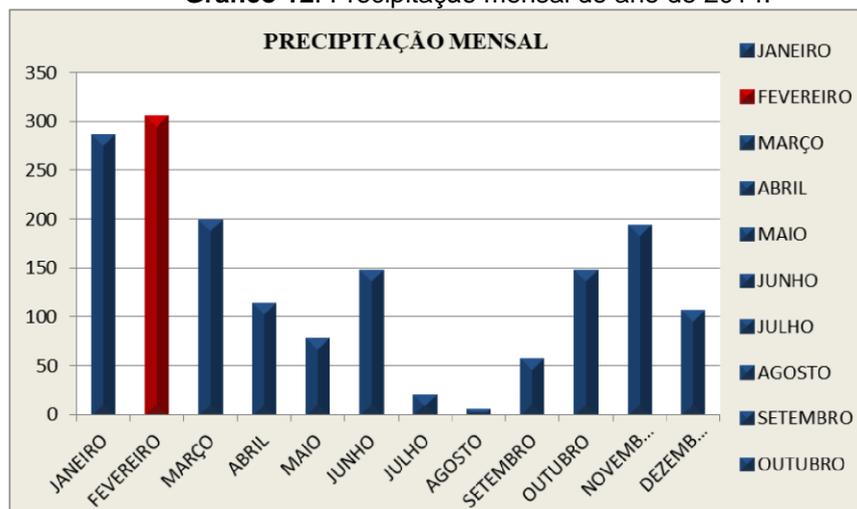
Fonte: Jornal Cacerense, 19-01-2011.

3.4.5- Episódio do ano de 2014.

Em 2014, a dinâmica pluviométrica foi considerável ao longo do ano, equivalendo a 1.652,7 mm/a. Estes valores foram contabilizados como o maior volume precipitado nas séries analisadas; as chuvas foram bem distribuídas durante o ano, porém, houve maior registro no primeiro trimestre, provocando alagamentos, além de episódios no último trimestre.

Na Figura 15 se observa que o mês de fevereiro foi o mais chuvoso do ano, com 305 mm, seguido pelos meses de janeiro (285 mm), março (198 mm), novembro (193 mm), outubro (147 mm), abril (113 mm) e dezembro (105 mm). Nos meses do período de estiagem, normalmente sem chuvas, houve excepcionalidade: 147 mm/m no mês de junho, 19 mm/m em julho e 56 mm/m em setembro (apenas agosto registrou 5 mm/m (Gráfico 12).

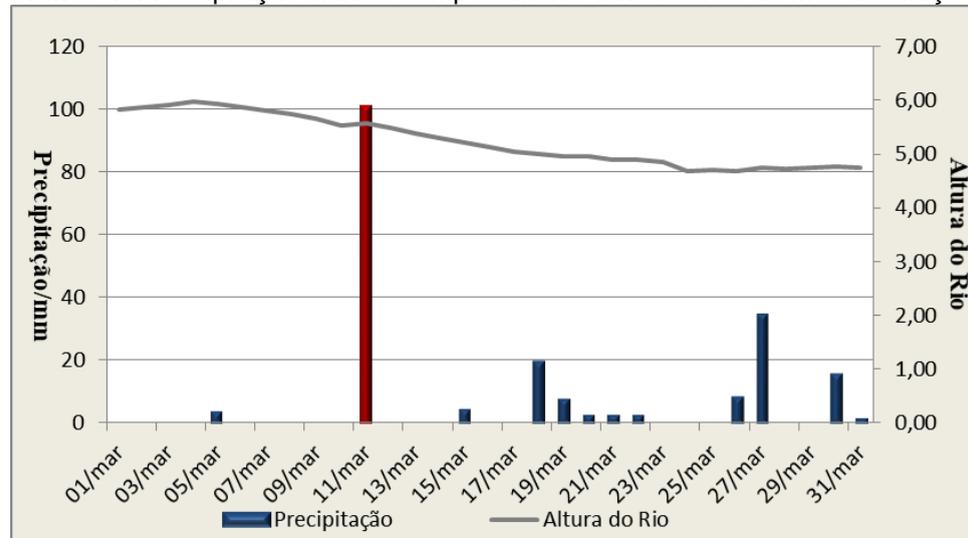
Gráfico 12. Precipitação mensal do ano de 2014.



Organização: A autora (2019) Fonte: Dados do INMET, 2019.

Nesse ano foram identificados dois episódios nos meses de março e outubro. De acordo com o Gráfico 13, observam-se chuvas concentradas, com valores de até 101 mm/d (dia 11) e dias de precipitação inexistente no mês de março.

Gráfico 13. Precipitação diária e comportamento fluviométrico do mês de março de 2014.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do INMET (Estação automática), 2019.

Nesse dia 11 de março foi constatado, através do jornal eletrônico G1.com, ocorrência de ruas e quintais alagados, potencializado pelo evento extremo de chuva (destacado em vermelho no Gráfico 13).

Estas quantidades no período de 24/h causam perturbações para a população, pois o sistema de drenagem não possui capacidade de escoamento rápido, dificultado pelos lixos domésticos e obstrução dos canais fluviais, prejudicando a percolação da água até a bacia de drenagem. A régua fluviométrica registrou um aumento de 4 mm na data do episódio, superando os cinco metros (Figura 14).

Apesar de o volume fluviométrico estar acima da cota de alerta, não se configurou pelo transbordamento do rio e córregos urbanos, mas pela ineficiência dos sistemas de drenagem que historicamente apresentam problemas. Além disso, mais uma vez o despejo indiscriminado de lixos domésticos nas galerias fluviais e a falta de ampliação dos sistemas de drenagem na área urbana contribuíram para esses problemas. Nesse dia, o jornal eletrônico (g1.com) divulgou a seguinte nota:

Uma forte chuva deixou a Avenida Getúlio Vargas no Centro de Cáceres, a 250 km de Cuiabá, completamente alagada, na madrugada desta terça-feira (11)". Outros Três bairros também foram tomados pela água. Até agora não há informação de desabrigados ou desalojados no município por conta das chuvas registradas nos últimos dias, mas a prefeitura adiantou que deverá decretar situação de emergência para reparar os estragos causados (G1.COM TVCA, 11-03-2014).

Figura 14. Alagamento no bairro Cohab Velha, 11 de Março de 2014.

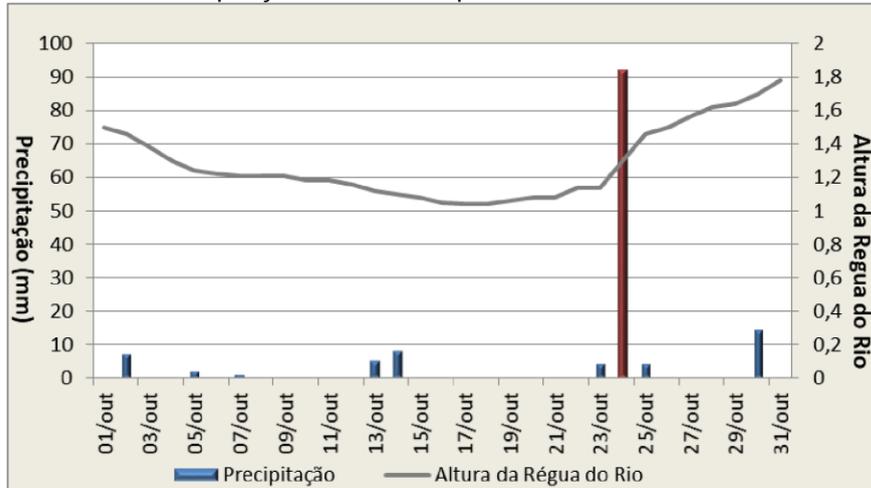


Fonte: G1.com/TVCA, (Figura A). A autora (Figura B).

O mês de outubro também apresentou um episódio extremo de chuva no dia 24, equivalente a 92 mm/d. O episódio ocorrido permitiu constatar, através de jornais eletrônicos, a ocorrência de alagamentos isolados em diversos bairros, destacando a seguinte informação:

Depois de quase quatro meses de estiagem, uma grande chuva cai com intensidade em Cáceres desde 16h30 desta sexta-feira, 24. Bairros com históricos problemas de drenagem no centro da cidade e outros localizados próximos aos córregos que cortam a cidade estão alagados. Na Cohab Velha, moradores, entre eles a vice-prefeita Eliene Liberato Dias, estão ilhados. A água já invadiu vários quintais e até casas. Preocupado com a falta de ação da prefeitura o vereador Manoel Leiteiro (PSDB) solicitou e o Corpo de Bombeiros já deslocou unidades para verificar a situação. O vereador disse que ligou para vice-prefeita para procurar saber sobre providencias e ela o teria mandado falar com o Secretário de Obras,” Walter Zacarquim (JORNAL OESTE.COM, 24/10/2014).

Neste período, a régua fluviométrica registrou, na data do episódio, a cota de 1,30 m, com variações nesse mês entre 1,04 m e 1,78 m (Gráfico 14).

Gráfico 14. Precipitação diária e comportamento fluviométrico de outubro de 2014.

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do INMET (Estação automática), 2019.

Além disso, foi registrado através de relatórios de ocorrência (material impresso) da guarnição do Corpo de Bombeiros Militar de Cáceres, um pedido de vistoria às áreas alagadas no bairro Empa, com a seguinte informação: “A guarnição de serviço, juntamente com uma equipe da prefeitura, secretaria de serviço social, realizou uma vistoria em áreas de alagamento para determinarem medidas de defesa civil para apoio à comunidade” (RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA, CBMC, 2014).

Porém, houve alagamento em vários bairros, sem se ter registro de busca e salvamento de vítimas. Por exemplo: Cohab Velha, Centro, e São José (além do Empa).

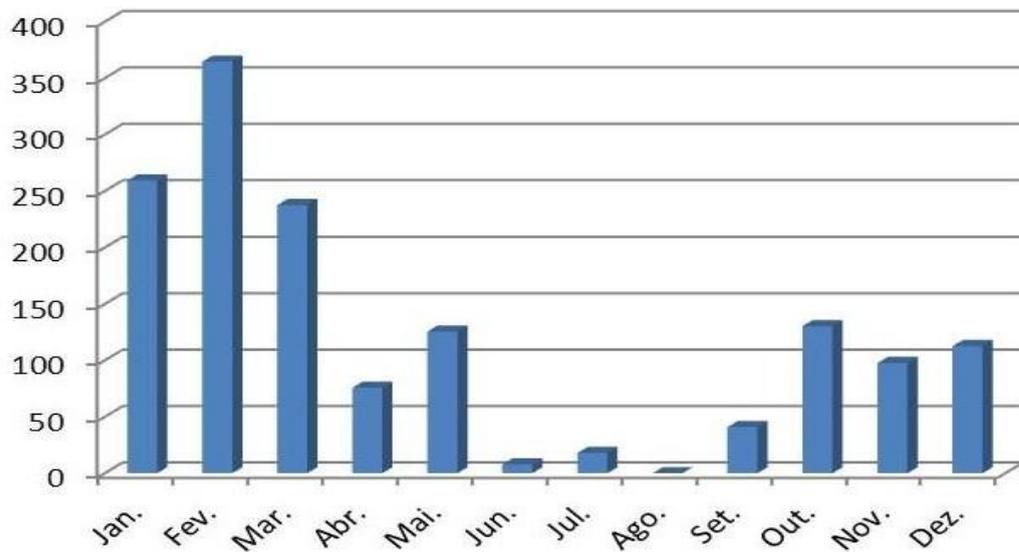
3.4.6- Episódio do ano de 2018.

O ano de 2018 foi analisado por apresentar um episódio de alagamentos com repercussões socioambientais veiculadas pela mídia local, além de se tratar de impactos mais recentes no recorte temporal estudado. O volume precipitado para o ano em análise foi 1.470,6 mm (11,37% acima da média histórica anual do período 1960-1990).

Cabe destacar que esse foi um ano com influência da fase fria do evento ENOS (La Niña) o qual teve um comportamento irregular em relação às precipitações para a área de estudo, segundo Machado (2020). Aparentemente associado a isto, a distribuição mensal das precipitações durante o ano de 2018 mostrou um padrão

atípico, tanto para o mês de maio (com anomalia positiva) quanto para o último trimestre (com anomalias negativas) (Gráfico 15).

Gráfico 15. Dinâmica pluviométrica mensal do ano de 2018.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019, com base em dados do INMET.

O gráfico 15 mostra chuvas abundantes durante o primeiro trimestre do ano, com valores mensais acima de 230,0 mm (se destacando o mês de fevereiro, com 364,7 mm); no segundo trimestre esse padrão mudou, pois o mês de maio apresentou chuvas expressivas (125,6 mm), sendo que os restantes meses do período seco registraram escassas precipitações, como é típico do clima regional. Contrariamente, no último trimestre o volume de precipitação foi muito inferior ao normal (além disto, a sua curva de incremento entre outubro e dezembro não se manifestou). Mesmo assim, no dia 01/07/2018 (único dia desse mês com ocorrência de chuvas) ocorreu um episódio de alagamento nos bairros Cohab Velha e parte do Centro (Figura 15).

Figura 15. Alagamento no bairro Cohab Velha e parte do bairro Centro



Fonte: Jornal Oeste (01/07/2018).

O episódio, apesar de não ter causado grandes danos aos moradores locais, gerou perturbações para o fluxo de pedestres e veículos automotores, além de que as águas misturadas com lixos domésticos invadiram casas, ruas e calçadas.

O Jornal Oeste publicou a seguinte informação:

A cidade de Cáceres [...] está sofrendo com a forte chuva que atinge o município, neste domingo (7). O bairro Cohab Velha é um dos mais atingidos. [...] devido a chuvarada que caiu desde a madrugada, ai você imagina o sufoco do povo erguendo cama, guarda roupas, geladeira e tudo mais. [...]. Várias residências ficaram embaixo d'água literalmente, sem contar os lixos que boiavam no meio da rua, com isso agravando mais ainda a situação com os entupimento dos bueiros. Os moradores pedem a presença de alguns políticos no local para mais uma vez enganar o povo com falsas promessas de solução desse problema que já faz parte da história do Bairro Cohab Velha. Enquanto isso o comércio de rodo e pano aumenta nessa época (JORNAL OESTE, 01-07-2018).

Observações feitas pelos autores desta pesquisa ao longo das últimas décadas corroboraram que, no bairro Cohab Velha, chuvas de pouca intensidade são capazes de provocar alagamentos devido à ineficiência do sistema de drenagem, o qual encontra-se obstruído por resíduos sólidos urbanos de origem doméstica que comprometem o escoamento das águas durante as chuvas.

Os dados fluviométricos na data do episódio registraram a cota de 3,16 m, aumentando a sua altura a 4,34 m após a primeira quinzena do mês. Estes valores não contribuem para a ocorrência das inundações, portanto, se trata de episódios de alagamentos restritos em diversas áreas da cidade.

Em geral, os alagamentos e inundações em Cáceres têm aumentado a sua frequência ao longo do tempo, acompanhando o crescimento urbano desordenado. Como apontaram Santos et al (2017) na década de 1970, apenas 18,22 % da

população total do município residia na área urbana; porém, na década de 1980 a população urbana atingiu 34.514 habitantes (mesmo que a população total do município tenha sido reduzida para 59.067 habitantes devido à emancipação de novos municípios).

De acordo com Santos et al. (2017):

A urbanização de Cáceres-MT, tal qual a da maioria das cidades brasileiras, não contava com um aparato suficiente para abrigar a nova demanda populacional fomentada pelas políticas governamentais, estas não pesaram os reflexos negativos que se descortinariam sobre as áreas com baixo potencial às atividades humanas. Neste contexto, se inserem as margens dos córregos as áreas de mananciais e nascentes que, na atualidade, se encontram ocupadas, aumentando a susceptibilidade a episódios de inundações, (SANTOS et al. p. 82).

Nas décadas seguintes esse rápido crescimento continuou: no censo do IBGE (2010) o município de Cáceres elencava que 87,06 % da população do município de Cáceres residiam na zona urbana. Como resultado, se intensificaram os problemas advindos da expansão da urbanização sem o devido planejamento, especialmente refletido no saneamento básico, a drenagem pluvial urbana e a ocupação de áreas de risco próximo aos córregos urbanos. Neste sentido, Aguiar e Rosestolato Filho (2012) destacam os casos dos córregos Sangradouro e Renato, onde o avanço da urbanização tem afetado fortemente suas seções transversais, alterando a sua capacidade de fluxo. O fato de o crescimento urbano ter sido rápido nas últimas décadas explica a existência de poucas informações sobre alagamentos e inundações nos jornais locais antes da década de 1990.

Um quadro resumo das análises realizadas sobre os episódios de alagamentos e inundações registrados na cidade de Cáceres durante o período compreendido entre os anos de 1982 e 2018 é mostrado a seguir (Quadro 2):

Quadro 2. Descrição dos registros das séries temporais analisadas.

| SÉRIE TEMPORAL | DATA DO EVENTO | CHUVA ANUAL | PLUVIOMETRIA DIÁRIA | ALTURA FLUVIOMÉTRICA | ÁREAS ATINGIDAS | FENÔMENO NATURAL |
|----------------|---------------------------------------|-------------|--|---|---|------------------------|
| 1982 | 15/03 Decreta estado de emergência | 1.512 mm | 12 mm/d Os impactos não foram ocasionados pela dinâmica de chuva diária, mas pelo regime e ritmo de chuvas antecedentes a data do evento. | 6,58 m Maior altura registrada da escala de análise. | Inundação parcial da cidade, Porto do Limão (zona rural do município) e Porto Esperidião (atualmente distrito). | Inundação |
| 2007 | 14/01 e 15/01 | 1.283 mm | 45,8 mm/d e 86,6 mm/d | 3,73m e 3,96m | Inundação em diversas áreas do perímetro urbano. | Inundação |
| 2010 | 11/02 | 1346,5 m | 159 mm/d | 4,17m | Aprox. 18 bairros: Cohab Velha, Vila Mariana, Cidade Alta, Cavahada, I e II e III, Espírito Santo, Vila Irene, Jardim Imperial, Jardim das Oliveiras, Olaria, Betel, Quebra Pau, Rodeio, Garcez, Massa Barro, São José, e Centro Histórico. | Inundação |
| 2011 | 18/01 | 1.230,2 mm | 44 mm/d | 3,0m | Cavahada, Cidade Alta, São José, Cohab Velha, | Alagamento e inundação |
| 2014 | 11/03 e 24/10 | 1.652 mm | 101 mm/d e 92 mm/d | 5,58m e 1,30m | Empa, Cohab Velha, Centro e São José. | Alagamento |
| 2018 | 01/07 | 685 mm | ----- | 3,16m | Cohab Velha e parte do centro. | Alagamento |

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Visando esclarecer as principais medidas e ações formais por parte dos órgãos públicos diante dos problemas tratados na pesquisa, foi feita uma visita a campo na Defesa Civil e na Companhia de Bombeiros Militar “2º CIBM” – Cáceres, buscando conhecer sobre o planejamento contingencial da esfera municipal diante de um desastre natural (o qual poderia contribuir para a resiliência da população cacerense) e a percepção de risco socioambiental por parte das entidades públicas.

Cidades condicionadas a impactos socioambientais periódicos como os advindos de fenômenos climáticos, inevitavelmente necessitam de um conjunto de medidas e procedimentos estratégicos para minimizar os danos à população de forma eficaz, perante um desastre.

De acordo com o representante da Companhia Bombeiro Militar “2º CIBM” – Cáceres, durante as ações de busca e salvamento de vítimas nas inundações são

feitas orientações de alertas e medidas preventivas para diminuir o risco de eventuais problemas secundários. Além disso, a Defesa Civil do estado de Mato Grosso veicula um manual de instrução (folder) à população que sofre com esses problemas, mais pouco contribui para o conhecimento e esclarecimento sobre inundações, alagamentos, riscos, agravantes, bem como medidas necessárias de mitigação.

Todo isso indica a necessidade de dispor de um Plano de Contingência, documento que esclarece o conjunto de medidas que possibilitem menores danos à população, bem como a volta ao estado normal. De acordo com o Ministério de Integração Nacional de Defesa Civil (2017), este documento registra o planejamento elaborado a partir da percepção e análise de um ou mais cenários de risco de desastres e estabelece os procedimentos para ações de monitoramento (acompanhamento das ameaças), alerta, alarme, fuga, socorro, assistência às vítimas e restabelecimento de serviços essenciais (MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO NACIONAL E DEFESA CIVIL, 2017, RS).

3.5- Situação atual da infraestrutura de drenagem urbana de Cáceres.

Visando identificar a influência da infraestrutura de drenagem urbana da cidade de Cáceres, foi realizado um levantamento de campo utilizando Roteiro de Observação *in loco* (Apêndice 1), sobre a situação física dos bairros Cohab Velha e São José, considerando seis (6) ruas de cada bairro. A sondagem contemplou estes bairros por serem susceptíveis a inundações/alagamentos diante de eventos de precipitações intensas e volumosas.

3.5.1 Bairro São José.

A partir da análise dos dados de campo sobre a infraestrutura de drenagem urbana deste bairro, foi possível identificar diferentes variáveis que contribuem para a sua vulnerabilidade: praticamente nenhuma das ruas apresenta condições de saneamento básico necessárias ao bem-estar da população local (Figura 16).

Figura 16. Alagamento no bairro São José em Cáceres.



Fonte: Autor desconhecido, 2014.

O conjunto de serviços de infraestrutura como: sistema de drenagem pluvial, calçamento, obras de proteção contra inundação, pavimentação e bueiros, não foram identificados *in loco*, como ilustra a Figura 17.

Figura 17. Principais ruas do bairro São José com problemas de infraestrutura de drenagem urbana.



Legenda: R.1 – Rua G; R.2 – Rua H; R.3 – Rua I. **Fonte:** Elaborada pela autora, 2019.

De acordo com a Lei Federal nº 11.445 de 2007, saneamento básico implica:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição; - b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente; - c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas; - d) drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

Conforme um morador local, os problemas são constantes e tem conduzido diversos deles a migrar do bairro, além de subsidiarem aterramentos nas residências que comprometem o escoamento das águas até a bacia de drenagem. Conforme o morador mencionado acima, diante de diversas reclamações da população local, foi construído pela Secretaria de Obras da Prefeitura de Cáceres um sistema de drenagem pluvial a céu aberto (R1.A, R1.B, R.2, R.3, na Figura 18) que acumulam águas com mau cheiro próximo às residências, podendo causar a proliferação de mosquitos e o surgimento de doenças.

Ocorre que o sistema de drenagem, que não faz jus a um planejamento da infraestrutura de captação das águas pluviais, e acaba intensificando os problemas durante o período chuvoso.

Foi possível observar que a drenagem pluvial 'improvisada' pela Prefeitura Municipal, causa refluxo das águas (R1. A), pelo escoamento direto na microbacia, apesar de se apresentar desassoreado. Dessa forma, as inundações podem ocorrer independentemente do transbordamento do canal.

Além desses fatores, destacam-se os alagamentos isolados em diversas áreas e o assoreamento das sessões de drenagem (R.3 na Figura 18), favorecido pela ausência de galerias fluviais, principalmente nas ruas: R.4, R.5, R.6. Este bairro não possui Posto de Saúde/Escolas nas ruas analisadas, contemplando somente iluminação pública nas respectivas ruas. As ruas analisadas foram; (G) *R1, (H)*R.2, (I) *R.3, (K)*R.4, (L)*R.5, e rua (N) *R.6, sendo as mais críticas: R1, R.2 e R.3.

3.5.2 Bairro Cohab Velha.

Neste bairro, um dos mais antigos da cidade, há muitos anos ocorrem problemas relacionados ao sistema de drenagem urbana. Conforme a sondagem *in loco* e a opinião de moradores locais, chuvas de pouca intensidade provocam alagamentos. O bairro apresenta melhores condições de saneamento básico, bem como sistema de drenagem, pavimentação total e iluminação pública; porém, numerosas residências possuem contenção de alvenaria nas portas para evitar os mesmos transtornos durante as chuvas, como ilustra a Figura 18.

Figura 18. Bairro Cohab Velha, casas com contenção de alvenaria nas portas e galerias obstruídas.



Legenda: R2: Rua Das Opalas; R3: Rua Porto Carreiro; R4: Rua Das Esmeraldas; R6: Rua Dos Ambrósios. **Fonte:** Produzida pela autora, 2019.

Conforme os moradores locais, aparentemente as galerias fluviais apresentam-se limpas, no entanto, há grandes quantidades de resíduos sólidos domésticos amordaçados nas manilhas de concreto, que comprometem o escoamento pluvial.

Além disso, a vulnerabilidade caminha concomitantemente ao fator socioeconômico, algumas residências foram aterradas ficando acima do nível da rua, para evitar o alagamento (assim, durante esses alagamentos, o acúmulo de águas pluviais aumenta, causando mais transtornos à população local, impossibilitando o tráfego de veículos e pedestres).

Durante os trabalhos de campo, uma moradora local relatou que, por causa da insuficiente drenagem, já teve prejuízos financeiros advindos de danos eletrodomésticos, móveis, paredes, e até mesmo veículos automotores. Cabe salientar que, além dos problemas na infraestrutura de drenagem urbana, também influenciam as características geológicas de Cáceres (como explicado no item 3.1.1), as que contribuem, também, para o súbito alagamento durante o período chuvoso, como relatado por inúmeros moradores locais (Figura 19).

Figura 19. Alagamento no bairro Cohab Velha, 2018.



Fonte: Jornal Oeste, 2018.

A partir dos seus resultados de pesquisa na cidade de Cáceres, autores como Aguiar e Rosestolato Filho (2005), Rosestolato Filho (2006), Vendramini (2017) e Santos (2017), propuseram ações para minimizar os alagamentos e inundações na cidade as quais, pela sua relação com os resultados desta pesquisa, são explicitadas a seguir:

Segundo Aguiar e Rosestolato Filho (2005), deve-se: (1) realizar estudos à jusante das obras de engenharia implantadas nos canais, pois os trabalhos já realizados somente consideram a redução da profundidade média do canal e aumento da largura e conseqüente, elevação do nível do fluxo à montante das obras de engenharia; (2) adequar o conceito de 'mudanças dos canais' para considerar os impactos da urbanização; (3) realizar mapeamento detalhado de toda a malha urbana, com traçado de perfil longitudinal dos canais e declividades; (4) elaborar mapas das enchentes nos locais de ocorrência através de investigação histórica e comparação com os pontos de seções transversais obstruídas e; (5) monitorar a preservação das margens para que a urbanização não prejudique a dinâmica fluvial.

Segundo Rosestolato Filho (2006) é preciso: (1) pesquisar, em datas sequenciais, as formas de degradação com base na análise da geologia, morfologia, solo, uso e manejo da terra, pois a correlação do aumento de inundações com as modificações das canalizações - fatores variáveis -, em uma dada condição geológica, morfológica e de solo - fatores invariáveis - pode contribuir para delinear medidas alternativas para reduzir o risco de inundações e contaminações; (2) mapear as fontes principais de sedimentos e estabelecer limites para o uso e manejo da terra em áreas de alto risco; (3) desenvolver opções que estimulem a infiltração nos canais urbanos, tais como gramados e margens pouco inclinadas com vegetação nativa estabilizante, para reduzir fluxos rápidos dentro do canal com menor custo financeiro; (4) promover as construções com dreno geológico constituído de valetas preenchidas com seixos rolados de rio, deixando área não impermeabilizada em alguma parte da obra para a saída da água, evitando os reparos precoces nas construções.

Para Vendramini (2017) é necessário: preservar as áreas alagáveis, ocupadas clandestinamente, para a redução dos efeitos negativos das enchentes.

Santos (2017) focaliza as propostas em: (1) adotar políticas públicas voltadas ao bem-estar da população, com melhor distribuição de renda e destinação e adequada dos recursos públicos, e (2) materializar o princípio da sustentabilidade que engloba as dimensões socioeconômicas, culturais, políticas e ambientais, sendo um mecanismo de ações para impedir os impactos sobre meio ambiente.

Finalmente, Reis (2017) propõe: (1) projetar 'piscinões' para reduzir o nível das águas e conseqüentemente amenizar a energia provocada; (2) duplicar os canais existentes, em especial, ao longo do córrego Sangradouro, que serviriam ao mesmo tempo para aumentar a vazão e interceptar os efluentes de esgotos indevidamente

ligados a ele; (3) combinar, conforme o caso, as alternativas acima, após um criterioso levantamento topográfico plani-altimétrico, que identifique e dimensione as áreas de concentração de águas da mancha urbana e o caminho de menor esforço para a drenagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos anos analisados as condições climáticas foram influenciadas tanto pelos sistemas atmosféricos que afetam a região em consideração à sua posição geográfica como por eventos de El Niño ou La Niña, que provocaram um irregular comportamento pluviométrico na área de estudo. Dentre esses sistemas destaca-se, a forte influência da massa Equatorial Continental - mEc formada na Amazônia, que se desloca para a área de estudo no verão, favorecendo os maiores registros de chuvas entre dezembro a março.

Além desses mecanismos atmosféricos, há também ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), esta zona de instabilidade atmosférica visivelmente identificada durante o verão no Hemisfério Sul, traz consigo umidade e altos índices de chuvas, atingindo as regiões; Sudeste, Sul do Nordeste, Norte do Paraná, atingindo também a região de Cáceres.

As análises espaço/temporais realizadas permitiram esclarecer as variações anuais/mensais/diárias de chuvas que determinaram a magnitude dos alagamentos e inundações urbanas. Em síntese, a consideração da altura da régua do rio Paraguai permitiu compreender que as inundações não estão vinculadas apenas à dinâmica da bacia, mas também, às reduzidas sessões dos canais urbanos, onde as alterações antrópicas têm causado estrangulamento, comprometendo sua função.

A magnitude dos alagamentos e inundações urbanas em Cáceres advém da influência conjunta das condições climáticas e o substrato geológico, pois a cidade foi construída sobre os sedimentos arenosos da Formação Pantanal a qual está assentada sobre camadas argilosas impermeáveis da Formação Diamantino, isto condiciona a variação do lençol freático e a formação de Plintossolos, todo o qual contribui para a acumulação das águas durante os períodos de chuvas.

A análise dos episódios de alagamentos e inundações na cidade permitiu constatar que as inundações advindas do transbordamento dos córregos urbanos são as de maior repercussão socioambiental por provocarem maior incidência de danos à população. Os alagamentos, mesmo que podem atingir casas e quintais, apresentam pouca repercussão por se tratar de episódios restritos no tempo.

Foi corroborado nos trabalhos de campo que esses problemas advêm da ineficiente infraestrutura de drenagem urbana da cidade, acompanhado de outros fatores como: insuficiente infraestrutura de saneamento básico, especialmente para a

coleta e tratamento de resíduos líquidos; e limpeza/fiscalização preventiva das galerias para amortecer as cheias, principalmente nas comunidades próximas aos córregos. Os órgãos responsáveis pelo planejamento, controle e monitoramento desses problemas não tem implementado medidas mitigadoras, apesar de eles ocorrerem desde a década de 1970.

Para subsidiar medidas de contenção, sugere-se observar as recomendações elencadas pelos autores mencionados anteriormente, além de elaborar um Plano de Contingência frente a Desastres Naturais, incluindo: mapeamento das áreas vulneráveis/susceptíveis próximas aos córregos; ações para a busca, salvamento e deslocamento das pessoas afetadas; monitoramento da régua do rio Paraguai e dos índices de chuvas; limpeza das galerias fluviais; e ampliação e melhoria dos sistemas de drenagem de águas pluviais. Pois o comprometimento socioambiental se reduz pela ausência de políticas públicas destinadas ao bem-estar da população.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. P.; ROSESTOLATO FILHO, A. Os impactos da urbanização na dinâmica dos canais fluviais de Cáceres-MT. **RCA Revista Científica da Ajes**, 2012, v. 3, n. 7. Disponível em: <<http://www.revista.ajes.edu.br/index.php/RCA/article/view/136/54>>. Acesso em Janeiro de 2020.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os tópicos**. 12 ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2007.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**, 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- BARROS, L. R.; SOUZA, C, A. Avaliação do grau de degradação e impactos associados na bacia hidrográfica do córrego Sangradouro, Cáceres – MT. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS – nº 16 – 2012**.
- BASTOS, P. C. **Efeitos da Urbanização sobre Vazões de Pico de Enchente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2009.
- BERTRAND, G. La "science du paysage", une "science diagonale". **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-ouest**, Tome 43, fasc. 2, Toulouse, p 127-133, 1972.
- BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Tome 3, fasc. 3, Toulouse, p. 249-272, 1968.
- BLAIKIE, P. ET AL **At risk**: natural hazards, people's vulnerability, and disasters. New York: Outledge, 1994.
- BORSATO, V. A. A dinâmica atmosférica no centro-sul do Brasil no verão e as influências do El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista do Departamento de Geografia**, Univ. de São Paulo, vol. 22, pag. 135-157, 2011.
- BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas**: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF. Monografia (Curso de Bacharelado em Geografia). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- BRASIL, Palácio de Planalto. **Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 14 out. 2018.

_____. Palácio de Planalto. **Lei Nº 11.445 de Janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 12 jan. 2020.

_____. Palácio de Planalto. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 17 fev. 2019.

_____. Ministério de Minas e Energia. PROJETO RADAMBRASIL. Folha Cuiabá. SD 21 **Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra**, v. 26, 1982.

_____. Ministério do Meio Ambiente-MMA. **Plano nacional de adaptação à mudança do clima**. Brasília. v. 2: Estratégias setoriais e temáticas: portaria MMA nº 150. 2016.

CAF – Corporación Andina de Fomento. **Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe**, 2014, 212 p. Disponível em: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/517> Acesso em: 13 out. 2018.

CALHEIROS, D. F.; OLIVEIRA, M, D. O Rio Paraguai e sua planície de inundação: o Pantanal Mato-grossense. **Ciência & Ambiente** 41, 2010.

CASTRO, A. L. C; CALHEIROS. L. B; CUNHA, M. I. R; BRINDEL, M. L. N. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Ministério da Integração Nacional, Brasília, 2006, p. 48-51.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**, S. Paulo, 19-I (20):193-204, 2003.

CONTI, J. B, Geografia e Paisagem. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 36 Ed. Especial, p. 239–245 **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**. Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, Brasil, 2014.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 7 ed. (série meio ambiente) São Paulo: Atual 2011.

CPRM-Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso**, CPRM-SICME-TE, Cuiabá, 2004.

CPRM-Serviço Geológico do Brasil. **Previsão hidrológica e alerta de enchentes do pantanal mato-grossense**: Previsão de níveis do Pantanal. Ministério das Minas e Energia – MME: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2019.

- CRUZ, J. S.; SOUZA, C. A. Dinâmica hidrológica, morfológica e sedimentológica dos córregos urbanos: fontes e olhos d'água – Mato Grosso. **Revista Equador**. v. 7, n. 1, 2018.
- DALLACORT, R.; NEVES, S. M. A.; NUNES, M. C. M. Variabilidade da Temperatura e das Chuvas de Cáceres/Pantanal Mato-Grossense – Brasil. **Geografia (Londrina)**. v. 23, n. 1, 2014.
- DEFESA CIVIL DO ESTADO DE MATO-GROSSO. **Mato Grosso mais resiliente: Enchentes Inundações e Alagamento (2018)**. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0BzKAm07mye6gb3E0U1hLSmNYWU0/view>>. Acesso em: 14 maio 2018.
- DIÁRIO DE CÁCERES. Sistema de drenagem arcaico mantém alagamento na Cohab Velha e Cidade Alta. **Cáceres, 12/02/2010**. Disponível em: <<http://www.caceres.mt.gov.br/Noticia/373/sistema-de-drenagem-arcaico-mantemalagamento-na-cohab-velha-e-cidade-alta#.xxwnsy5kjiu>>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade, avaliação de aptidão agrícola das terras e indicação de culturas em áreas homogêneas de solos de alguns municípios do sudoeste do Estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS/EMPA/Séc. Agric. Est. Mato Grosso. 484 p. (Boletim de Pesquisa, 17). 1982.
- FERREIRA, E. A. A. **Mitigação e adaptação frente aos impactos das mudanças climática em municípios de Mato Grosso, Brasil**. Monografia (Curso de Lic. em Geografia). Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* de Colíder, 2017.
- GOMES, M. A. V.; SANTOS M, V. **Relatório técnico de vegetação consolidado para o estado de Mato Grosso**. CENC: Engenharia, S.A. Cuiabá, Dezembro, 2002.
- GONZÁLEZ, A. Z. D. **Análisis y diagnóstico geocológico de los paisajes en la provincia de Sancti Spiritus, Cuba**. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Geografia. Universidade da Havana, Cuba. 2003.
- GONZÁLEZ, A. Z. D. **Variabilidade climática e eventos meteorológicos extremos: percepção e vulnerabilidades em cidades da bacia hidrográfica do rio Teles Pires-MT**. Projeto de pesquisa (em execução). Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- GUERRA, A. J.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos demográficos de 2018 e 2019 (Cidades e Estados do Brasil)**. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/caceres.html>>. Acesso, 16 nov. 2019.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. 2. Ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2007. (Manuais Técnicos em Geociências, ISSN 0103 -9598;N4).

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** (Manuais Técnicos de Geociências, nº I). Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

INPE-UNICAMP. **Projeto: Megacidades, Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas: Relatório da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. UFRJ/FIOCRUZ/Prefeitura do Rio, Fevereiro de 2011.

IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007. p. 2-18.

JORNAL G1.com, Chuva forte alaga avenida no Centro de Cáceres (MT) nesta Terça-feira, São Paulo, 11/03/2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2014/03/chuva-forte-alaga-avenida-no-centro-de-caceres-mt-nestaterca-feira.html>>. Acesso em: abr. 2019.

JORNAL G1.com. Chuva causa enchente no interior de MT e desabriga 300 famílias, São Paulo 15/01/2007. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,AA1421289-5598,00-CHUVA+CAUSA+ENCHENTE+NO+INTERIOR+DE+MT+E+DESABRIGA+FAMILIA S.html>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

JORNAL OESTE.COM. Chove há quatro horas e alagamentos tomam conta de Cáceres, Cáceres 24/10/2014. Disponível em: <<http://www.jornaloeste.com.br/noticias/exibir.asp?id=32260>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

JORNAL OESTE.COM. Sapolândia: primeira grande chuva do ano alaga ruas e casas em Cáceres. Cáceres 07/01/2018. Disponível em: <www.jornaloeste.com.br>. Acesso em: 14 mar. 2019.

LEAL, R.E.; MEDEIROS, L.T.B.; QUEIROZ, J. D. S.; BRITO, G. L.; COIADO, L. L. Utilização das extensões Taudem e Archydro: um estudo comparativo aplicado à delimitação automática de bacias hidrográficas no Estado do Pará. **SEAF- Revista do Seminário Estadual de Águas e Florestas**, p. 204-208. Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Seminário Estadual de Águas e Florestas (5: 2017: Belém, PA. – v 1, n. 1.

LEANDRO, G. R. S.; NASCIMENTO, F. R.; SOUZA, C, A. Dinâmica das águas no sistema rio-planície de inundação do rio Paraguai em Cáceres – Mato Grosso. In: I

Congresso Nacional de Geografia Física. **Anais...** Campinas-SP, julho 2017. p. 5979-5990.

MAITELLI, G. T. Interações atmosfera-superfície. In: MORENO, G, H, T, C. S. (Org.). **Geografia de Mato Grosso: Território, Sociedade e Ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005.

MAITELLI, G. T.; CHILETTO, E. C.; JUNIOR, N. L. A. CHILETTO, R. Intensidade da ilha de calor em Cuiabá/MT, na estação chuvosa. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais** Fortaleza/CE: UFC, 2004.

MARANHOLI, Henrique N. G. **Influência da ilha de calor na fenologia de espécies arbóreas em Cuiabá-MT, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade do Estado de Mato Grosso, 2017.

MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

MARCONI. M.A, LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia**. 5 ed. São Paulo: Atlas S.A, 2003.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade, caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA, 2007. p. 12 - 25.

MATIAS, A. R. C; SANTOS, L.; CAMPOS, S. E.; SILVA, A. L. Implicações socioambientais, associadas as alterações morfológicas, no canal artificial do Renato, em Cáceres, Mato Grosso. **Revista Geonorte**, Ed. Especial, 2014.

MATO GROSSO (Governo). **Mapa Geomorfológico consolidado do Estado do Mato Grosso, escala 1: 1.500,000, 2011**. Disponível em: <www.seplan.mt.gov.br>. Acesso em: 24 jan. 2018.

MATOS, L. A. de. **Fatores condicionantes da disponibilidade hídrica em assentamentos do setor meridional da Província Serrana-MT, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: série teses e monografias, n. 25, 1976.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

NASCIMENTO, W, M. **O Processo de Ocupação da Cidade de Cáceres-MT, com a Caracterização Geoambiental da Área do Canal do Renato e suas Implicações Socioambientais no período entre 1960-2008**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso- UFMT, Cuiabá, 2008.

NEVES, S. M. A. da S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT-Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, vol. 31, n. 2, 2011, p. 55-68.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 1979.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. **Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21**. Parcerias Estratégicas, Brasília DF, N. 27, Dezembro de 2008.

OMM-Organização Meteorológica Mundial. **Diretrizes da Organização Meteorológica Mundial sobre o cálculo das normais climáticas**. Genebra, Suíça, 2017.

OPA-ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil**. Disponível em: http://www.saude.sp.gov.br/resources/ccd/saudeambiental/mudanca_climatica_e_seus_efeitos_na_saude_brasil.pdf. Acesso em: 12 dez. 2018.

PANIAGO, M. do C. T. **Mudanças socioculturais**, Viçosa, MG: UFV, 1990.

PINTO, N. L. de S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A. **Hidrologia básica**. 1ª edição. São Paulo: Edgar Blucher, 1976.

POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, Porto Alegre, RS, 2000.

RAUPP, C. **Clima da terra: processos, mudanças e impactos**. Departamento de Ciências Atmosféricas - IAG-USP. São Paulo, 2010. p. 14-21.

RAYMUNDI V. M. de O.; CUNHA, S. B. da; SOUZA, C. A.; SANTANA, M. F. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Junco em Cáceres, MT. In: I Congresso Nacional de Geografia Física. **Anais...** Campinas-SP, julho 2017. p. 111-120.

REIS, A. **Saneamento Básico 2010**. Arquivo pessoal, disponibilizado em modelo digital, Cáceres/Junho de 2007 e 2010.

ROSESTOLATO FILHO, A. **Geomorfologia aplicada ao saneamento básico na cidade de Cáceres, Mato Grosso**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ. Instituto de Geociências, Julho de 2006.

SANTANA, M. F.; CUNHA, S. B. da; RAYMUNDI, V. M. de O. Aspectos geoambientais da bacia hidrográfica do Córrego Sangradouro – Cáceres, Mato Grosso. In: I Congresso Nacional de Geografia Física. **Anais...** Campinas-SP, julho 2017, p. 347-359.

SANTOS, L. **Pluviosidade, impactos naturais, percepção humana e as inundações em Cáceres/MT - 1971 a 2010**. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Cuiabá, 2013.

SANTOS, L.; ZAMPARONI, C. A. G. P.; SOARES, J. C. O. **Análise rítmica fenomenológica; Pluviosidade, impactos naturais, percepção humana e as inundações, 1971 a 2010**. Curitiba- CTV, 2017 Brasil.

SANTOS, M. N. F de. **Proposta metodológica para avaliação de impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas em Minas Gerais**. Nota Técnica Nº 2/2012 GEMUC/DPED/FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente de MG, 2012.

SILVEIRA, R. W. D. da; VITTE, A. C. Debate e epistemologia na gênese da Geografia Moderna. In: XII Colóquio Ibérico de Geografia. **Actas...** 6 a 9 de Outubro 2010, Porto: Universidade do Porto. ISBN 978-972-99436-5-2 (APG); 978-972-893292-3 (UP-FL).

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistemas. Métodos em Questão**. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, n. 6, 1977.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Revista Biogeografia**, n. 14, São Paulo, 1978.

TOMINAGA, L. K. Desastres Naturais: Por que ocorrem?. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. 3ª edição. São Paulo: Instituto Geológico, 2015, 196 p. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/05/Conhecer_para_Prevenir_3ed_2016.pdf Acesso em: 21 jul. 2019.

TORRES, F. T.T. P.; MACHADO, P.J.O. **Introdução à Climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, Supren, 1977.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 10, 2006.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Revista Estudos Avançados**, 22 (63), 2008.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH. Editora da UFRGS, 1993.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas: impactos da urbanização**. Porto Alegre: Ed. ABRH/RHAMA, p. 87-124, 2007.

VAZ, D. dos S. Alterações climáticas, riscos ambientais e problemas de saúde: breves considerações. In: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário

Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra. 2010 **Anais...**
Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema4/dirley>>.
Acesso em: 21 jul. 2018.

VENDRAMINI, W. J. **Mapeamento do risco de inundação na cidade de Cáceres-MT**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Cáceres, 2017.

WWF-BRASIL. **Relatório anual 2015**. Disponível em:
<<https://www.wwf.org.br/?54122/Relatorio-Anual-2015>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

_____. **Relatório anual 2008**. Disponível em:
<<http://wwf.org.br/nformações/biblioteca/?19660/Relatorio-Anual-WWF-Brasil-2008>>.
Acesso em: 23 ago. 2018.

ZANELLA, M. A. **Inundações urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal de Paraná, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE I: Roteiro de observação *in loco* sobre situação física dos bairros amostrados na cidade de Cáceres-MT.

Nome do bairro: **Cohab Velha** Data de observação: 07/12 /2019

| Variáveis | Atributos | R/A 1 | R/A 2 | R/A 3 | R/A 4 | R/A 5 | R/A 6 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Alagamento | Esporádico | | | | | | |
| | Periódico | X | X | X | X | X | X |
| Inundação | Esporádica | | | | | | |
| | Periódica | | | | | | |
| Não há registro | | | | | | | |
| Obras de proteção contra inundações? | Não | | | | | | |
| | Sim | X | X | X | X | X | X |
| Cobertura da infraestrutura de drenagem pluvial | Total | X | X | X | X | X | X |
| | Parcial | | | | | | |
| | Não existe | | | | | | |
| Estado da infraestrutura de drenagem pluvial | Bom | X | | | | | |
| | Regular | | X | | X | X | |
| | Ruim | | | X | | | X |
| Há acúmulo de lixo nos bueiros? | Não | | | | | | |
| | Sim | X | | | | X | X |
| Existe calçamento na rua? | Não | | | | | | |
| | Sim | X | X | X | X | X | X |
| Se existir, o calçamento abrange: | Toda a rua | X | X | X | X | X | X |
| | Parte dela | | | | | | |
| Iluminação pública? | Não | | | | | | |
| | Sim | X | X | X | X | X | X |
| Posto de saúde na rua? | Não | X | X | X | X | X | X |
| | Sim | | | | | | |
| Escola(s) na rua? | Não | X | X | X | X | | |
| | Sim | | | | | X | X |
| Se houver córrego, ele está desassoreado? | Não | ----- - | ----- - | ----- - | ----- - | ----- - | ----- -- |
| | Sim | | | | | | |

Legenda: **Rua (1) Nome:** Coronel Ponce **(2)** Das Opalas **(3)** Pôrto Carreiro **(4)** Das Esmeraldas **(5)** Das Ametistas **(6)** Dos Ambrósio;

APÊNDICE II:

Roteiro de observação *in loco* sobre situação física dos bairros amostrados na cidade de Cáceres-MT

Nome do bairro: **São José** Data de observação: 13/12 /2019

| Variáveis | Atributos | R/A 1 | R/A 2 | R/A 3 | R/A 4 | R/A 5 | R/A 6 |
|---|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Alagamento | Esporádico | | | | | | |
| | Periódico | X | X | X | X | X | X |
| Inundação | Esporádica | X | X | X | X | X | X |
| | Periódica | | | | | | |
| Não há registro | | | | | | | |
| Obras de proteção contra inundações? | Não | X | X | X | X | X | X |
| | Sim | | | | | | |
| Cobertura da infraestrutura de drenagem pluvial | Total | | | | | | |
| | Parcial | | | | | | |
| | Não existe | X | X | X | X | X | X |
| Estado da infraestrutura de drenagem pluvial | Bom | | | | | | |
| | Regular | | | | | | |
| | Ruim | X | X | X | ----- | ----- | ----- |
| Há acúmulo de lixo nos bueiros? | Não possui | X | X | X | X | X | X |
| | Sim | | | | | | |
| Existe calçamento na rua? | Não | X | X | X | X | X | X |
| | Sim | | | | | | |
| Se existir, o calçamento abrange: | Toda a rua | | | | | | |
| | Parte dela | | | | | | |
| Iluminação pública? | Não | | | | | | |
| | Sim | X | X | X | X | X | X |
| Posto de saúde na rua? | Não | X | X | X | X | X | X |
| | Sim | | | | | | |
| Escola(s) na rua? | Não | X | X | X | X | X | X |
| | Sim | | | | | | |
| Se houver córrego, ele está desassoreado? | Não | | | | | | |
| | Sim | X | X | X | X | X | X |

Legenda: Rua (1) Nome: G (2) H (3) I (4) K (5) L (6) N;