

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

BEATRIZ FURTUNATO DA SILVA

Análise de inundações associadas a eventos extremos de chuva e a ocupação do solo: Caso da
Bacia Hidrográfica Córrego Morro do “S” – São Paulo/SP

São Paulo

2022

BEATRIZ FURTUNATO DA SILVA

**Análise de inundações associadas a eventos extremos de chuva e a ocupação do solo: Caso da
Bacia Hidrográfica Córrego Morro do “S” – São Paulo/SP**

Trabalho de Graduação Individual (TGI II)
apresentado ao Departamento de Geografia da
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas,
da Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel em
Geografia.

Área de Concentração: Geografia Física

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

São Paulo

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Sa Silva, Beatriz Furtunato da
Análise de inundações associadas a eventos
extremos de chuva e a ocupação do solo: Caso da Bacia
Hidrográfica Córrego Morro do "S" - São Paulo/SP /
Beatriz Furtunato da Silva; orientador Emerson
Galvani - São Paulo, 2022.
55 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual)- Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

1. Áreas de inundações. 2. Eventos extremos de
chuva. 3. Uso e ocupação do solo. 4. Bacia
hidrográfica. I. Galvani, Emerson, orient. II.
Título.

SILVA, Beatriz Furtunato da. **Análise de inundações associadas a eventos extremos de chuva e a ocupação do solo:** Caso da Bacia Hidrográfica Córrego Morro do “S” – São Paulo/SP. Trabalho de Graduação Integrado (TGI) apresentado à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

RESUMO

SILVA, Beatriz Furtunato da Silva. **Análise de inundações associadas a eventos extremos de chuva e a ocupação do solo:** Caso da Bacia Hidrográfica Córrego Morro do “S” – São Paulo/SP. 2022. 56 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Os transbordamentos que ocorrem nos rios e córregos situados na região do município de São Paulo são conhecidos historicamente, bem como as consequências geradas pelos fenômenos de inundações e enchentes, relacionados ao uso e ocupação do solo afetando principalmente a população que se encontra em vulnerabilidade social. O objetivo deste estudo foi levantar os dados de chuvas e de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Córrego do Morro do “S”, tributário da margem esquerda do rio Pinheiros, na região sul do município de São Paulo. Foram analisados também as políticas de zoneamento do Plano Diretor do município de São Paulo, dando ênfase à ocupação de loteamentos irregulares e favelas por população de baixa renda, indicando esta relação com a probabilidade dos episódios de inundação que ocorrem frequentemente na região e os prejuízos causados pelos eventos extremos de chuvas relacionados com a desigualdade social, indicando a construção social das inundações. Além de avaliar os impactos e áreas atingidas pelo acontecimento pluviométrico extremo ocorrido em 29 de dezembro de 2020 bem como a apresentação da investigação da dinâmica atmosférica produtora desse tipo de tempo meteorológico.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Inundações; Eventos extremos; Uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

SILVA, Beatriz Furtunato da. **Analysis of floods associated with extreme rainfall events and land occupation:** Case of the “Morro do S” stream watershed – São Paulo/SP. 2022. 56 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

The overflows that occur in rivers and streams located in the region of the city of São Paulo are known historically, as well as the consequences generated by the phenomena of floods related to the use and occupation of land mainly affecting the population that is in social vulnerability. The objective of this study was to collect data on rainfall and land use and occupation in the “Morro do S” stream watershed, a tributary of the left bank of the Pinheiros River, in the southern region of the city of São Paulo. The zoning policies of São Paulo’s Master Plan were also analyzed, emphasizing the occupation of slums and irregular allotments by low-income population, indicating this relationship with the probability of flood events that frequently occur in the region and the damages caused by the extreme event related to social inequality, indicating the social construction of the floods. In addition to evaluating the impacts and areas affected by the extreme rainfall event that occurred on December 29, 2020, as well as the presentation of the investigation about the atmospheric dynamics producing this type of meteorological weather.

Keywords: Watershed; Floods; Extreme events; Land use and occupation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - “Marginal Tiete (1960). Naquela época, não existia a "Marginal"”. Fonte: Propagandas Históricas (2014).....	12
Figura 2 - “Enchente no centro de São Paulo em 1965 Arquivo Público/ Última Hora/Divulgação”.....	12
Figura 3 - Uso e Ocupação do Solo dos Assentamentos Precários, Distribuição Geotécnica e Hipsometria da Bacia Hidrográfica Córrego do Morro do “S”	16
Figura 4 - “Imagem de alagamento na Avenida Carlos Caldeira Filho, na Zona Sul de SP — Foto: Reprodução/ TV Globo”.	18
Figura 5 - “Segundo moradores e comerciantes, mesmo após obra conter o córrego, enchente do dia 29 de dezembro foi a pior dos últimos anos”.	19
Figura 6 - Caracterização geomorfológica, geológica e de vegetação nativa existente na Bacia Hidrográfica Córrego Morro do "S" Org: Da autora (2022)	21
Figura 7 - Climas Naturais da Bacia Hidrográfica Morro do “S” Fonte: Tarifa e Armani (2001). Org: Da autora (2022).....	25
Figura 8 - Temperaturas médias, mínimas e máximas mensais (°C) na estação meteorológica Mirante de Santana.	28
Figura 9 - Umidade relativa do ar mensal na estação meteorológica Mirante de Santana.	29
Figura 10 - Precipitação média mensal na estação meteorológica Mirante de Santana.	30
Figura 11 - Precipitação máxima absoluta acumulada em 24 horas estação meteorológica Mirante de Santana.	31
Figura 12 - Precipitação média mensal entre 1991 e 2014 na estação pluviométrica Santo Amaro.	32
Figura 13 - Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Morro do “S” de acordo com o PDE e o Zoneamento do município de São Paulo.	35
Figura 14 - Uso e Ocupação predominante da Bacia do Morro do “S”.	37
Figura 15 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação	40
Figura 16 - Área inundável da Bacia Hidrográfica Morro do “S” de acordo com o estudo hidrológico realizado pela SIURB/FCTH.	45
Figura 17 - Precipitação média anual na bacia hidrográfica do Morro do “S” com base nas medições realizadas pelas estações pluviométricas do CEMADEN (2016-2021).....	47
Figura 18 - Carta sinótica captada pelo Satélite Goes 16 em 29 de dezembro de 2020, às 21h30.	49

Figura 19 - Imagem captada pelo Satélite METEOSAT 9 em 29 de dezembro de 2020, às 23h00.	50
Figura 20 - Distribuição espacial dos pontos de alagamentos e a ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Morro do “S”	52
Figura 21 - Distribuição por densidade das ocorrências registradas na Bacia Hidrográfica Morro do "S" (2016-2021).....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Unidades climáticas naturais existentes na Bacia Hidrográfica Córrego Morro do “S”	26
Tabela 2 - Subtipo Climático da região da bacia hidrográfica do Córrego do Morro do “S” e suas características.....	27
Tabela 3 - Uso do solo na Bacia do Morro do “S” conforme Zoneamento - Lei 16.402/16....	34
Tabela 4 - Tipologias do uso de solo predominantes na Bacia Hidrográfica Morro do “S”	36
Tabela 5 - Estações Pluviométricas analisadas no entorno da bacia hidrográfica do Morro do “S”	43
Tabela 6 - Dados pluviométricas anuais e média anual das estações analisadas no período de 2016 a 2021.	46
Tabela 7 - Dados pluviométricas coletados pela estação SÃO PAULO_Capão Redondo em 29 de dezembro de 2020.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CPMET - UFPEL	Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
ETP	Evapotranspiração Potencial
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICT	Instituição Científica e Tecnológica
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDE	Modelo Digital de Elevação
NCB	Normais Climatológicas do Brasil
OMS	Organização Mundial de Saúde
PDE	Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo
SIURB	Secretaria de Infraestruturas Urbana e Obras
SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
TMMMF	Temperatura Média do Mês Mais Frio
TPCL	Cadastro Territorial Predial de Conservação e Limpeza
ZC	Zonas de Centralidade
ZEIS-1	Zonas Especial de Interesse Social 1
ZEU	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana
ZM	Zona Mista
ZMa	Zonas Mistas Ambiental

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO	14
3.	ÁREA DE ESTUDO	15
3.1	Caracterização da área foco do estudo	15
3.2	Caracterização geológica	19
3.3	Caracterização geomorfológica e pedológica	22
3.4	Vegetação existente	23
3.5	Caracterização climática	24
3.5.1	Temperatura do ar	28
3.5.2	Umidade do ar	29
3.5.3	Precipitação	30
3.6	Caracterização do uso do solo - Zoneamento do Plano Diretor e Uso e Ocupação	32
4.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	38
4.1	Bacia Hidrográfica como unidade de estudo	38
4.2	Inundações, Enchentes, Alagamentos, Enxurrada e Eventos extremos de precipitação	39
5.	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS	42
5.1	Espacialização de chuvas na bacia	42
5.2	Áreas inundáveis	44
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
6.1	Distribuição média anual de chuvas na bacia	46
6.2	Estudo de caso – 29 de Dezembro de 2020	47
6.2.1	Contexto sinótico do evento extremo	48
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
8.	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Os transbordamentos que ocorrem nos rios e córregos situados na região do município de São Paulo são conhecidos historicamente. A cidade de São Paulo originou-se sobre uma rede de drenagem de intensa complexidade, conferindo um caráter de distanciamento para formações de bairros, especialmente nas regiões das planícies de inundações dos rios Tietê e Pinheiros (SANTOS, 2014). Até o término do século XIX o núcleo urbano paulistano encontrava-se entre as áreas de várzeas dos rios Tietê e Tamanduateí, mas na época ainda não provocavam grandes tragédias (JORGE, 2011). Atualmente, o município sofre anualmente com eventos críticos relacionados a inundações, acarretando em impactos humanos e naturais muitas vezes irreparáveis.

Com a intensa dinâmica do uso e ocupação do solo, entre 1870 e 1920 houve um crescimento populacional da ordem de 1.771%, e principalmente a partir da década de 60, muitas vezes de forma desordenada e irregular sem qualquer tipo de planejamento, e com o contínuo crescimento da população, os problemas ambientais decorrentes da falta de infraestrutura urbana e a direta reverberação nos eventos de inundações, começaram a se tornar cada vez mais comuns, e muitas áreas do município passaram a sofrer enchentes todos os anos. É possível encontrar fotografias em sites de busca na internet com situações de enchentes e alagamentos em áreas de inundação no município, como estas apresentadas na **Figura 1**, fotografada em 1960 nonde hoje localiza-se a a Rodovia Marginal Tietê, e a **Figura 2**, registrada em uma enchente ocorrida em 1965 no centro de São Paulo.



Figura 1 - “Marginal Tiete (1960). Naquela época, não existia a “Marginal””.
Fonte: Propagandas Históricas (2014)¹



Figura 2 - “Enchente no centro de São Paulo em 1965 Arquivo Público/ Última Hora/Divulgação”
Fonte: Veja São Paulo (2020)²

Visto que as áreas de planície de inundação, as mais afetadas pelos eventos de transbordamentos dos córregos, foram ocupadas historicamente pela população de baixa renda e de alta vulnerabilidade social decorrente da intensa especulação imobiliária e da segregação das altas

¹ Disponível em: < <https://www.propagandashistoricas.com.br/2014/08/curiosidade-enchentes-na-cidade-de-sao.html>>. Acesso em: Março, 2022.

² Disponível em: < <https://vejasp.abril.com.br/cidades/porque-cidade-preparada-enchentes-alagamentos-sao-paulo/>>. Acesso em: Março, 2022.

classes sociais para com as baixas (SEABRA, 1987), são os segmentos mais desfavorecidos da população que são os mais atingidos pela ausência e precário planejamento de políticas públicas sanitárias.

Termos também como justiça ambiental e racismo ambiental, emergiram a partir da década de 1970 nos Estados Unidos exatamente por explanarem que populações mais vulneráveis socioeconomicamente sofram cargas maiores de problemáticas como inundações, escorregamentos, áreas contaminadas, falta de infraestrutura urbana, e escassez de investimentos de políticas públicas. O racismo ambiental se legitima, especialmente no território brasileiro, pois é um grande fator da distribuição espacial das pessoas no ambiente, além de ser influenciador do uso do solo e dos padrões de moradias, como o caso das favelas (MORATO *et al.*, 2017).

São vários os atributos naturais e antrópicos que combinados entre si, baseiam a avaliação das ocorrências das inundações. Segundo Amaral (2020), os condicionantes que mais se destacam são: as formas do relevo; as características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; a intensidade, o volume e a distribuição das chuvas; as características do solo; a cobertura vegetal; as taxas de impermeabilização dos solos e as alterações realizadas nos cursos d'água, já supracitados, principalmente em relação a ocupação irregular, estabelecendo uma relação quase que direta às ocorrências de inundações.

2. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO

Neste trabalho, o objetivo geral é realizar o levantamento dos dados pluviométricos e de uso e ocupação do solo na Bacia Córrego do Morro do “S”, tributário da margem esquerda do rio Pinheiros, na região sul do município de São Paulo, dando ênfase à ocupação de loteamentos irregulares e favelas por população de baixa renda.

Dentre os objetivos específicos, encontra-se a elaboração da relação da população vulnerável residente com a probabilidade dos eventos de inundação que ocorrem frequentemente na região, bem como os prejuízos causados pelo evento extremo relacionados com a desigualdade social, indicando a construção social das inundações.

Além de avaliar os impactos e áreas atingidas pelo evento pluviométrico ocorrido em 29 de dezembro de 2020 e investigar a dinâmica atmosférica produtora desse tipo de tempo meteorológico.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Caracterização da área foco do estudo

A Bacia Hidrográfica do Morro do “S” faz parte de um conjunto de sub-bacias contribuintes da Bacia Hidrográfica do Rio Pinheiros, e situa-se inteiramente na zona sul do município de São Paulo, está inserida entre as subprefeituras de Campo Limpo e M’Boi Mirim abrangendo parte dos distritos de Vila Andrade, Jardim São Luís, Jardim Ângela e Capão Redondo. A bacia é afluente da margem esquerda do Rio Pinheiros, sua área de drenagem é de 22,6 km², o que corresponde a 1,5% da área total do município.

Seu principal corpo hídrico é o córrego Morro do “S”, que percorre a Avenida Carlos Caldeira Filho e a Avenida João Dias até sua foz no rio Pinheiros, onde existem trechos canalizados, possui aproximadamente 6.700 metros de extensão, e cerca de 5 km do córrego encontra-se em canal a céu aberto (SMUL, 2015), passando pelos bairros de Capão Redondo, Chácara Nossa Senhora do Bom Conselho, Cidade Auxiliadora, Jardim Itaoca, Jardim São Januário, Jardim Vista Linda, Pirajussara, Vila Andrade, Vila Ernesto, Vila Novas Belezas, Vila Plana e Vila Prel.

A cabeceira da bacia do Morro do “S” localiza-se próximo da divisa dos municípios de São Paulo e Itapeverica da Serra, onde está inserido o córrego Moenda Velha, outro importante contribuinte da bacia. Os trechos canalizados estão longo da Avenida Carlos Caldeira Filho e da Avenida João Dias até a foz no Rio Pinheiros (MORATO *et al.*, 2018).

De acordo com a Carta Geotécnica do Município de São Paulo (IPT, 1993), a área de estudo é formada geologicamente por Gnaisse e às margens de seus corpos hídricos formou-se uma região de planícies aluviais, categoria de relevo localizada em baixas altitudes formadas pelo acúmulo de sedimentos transportados por rios, com algumas manchas sujeitas a inundações em trechos dos córregos Moenda Velha, Freitas e Morro do S. A bacia possui um desnível de 141 metros, possuindo 865 metros em sua cabeceira e 724 metros em sua foz, nas proximidades com o rio Pinheiros, conforme aponta a **Figura 3**.

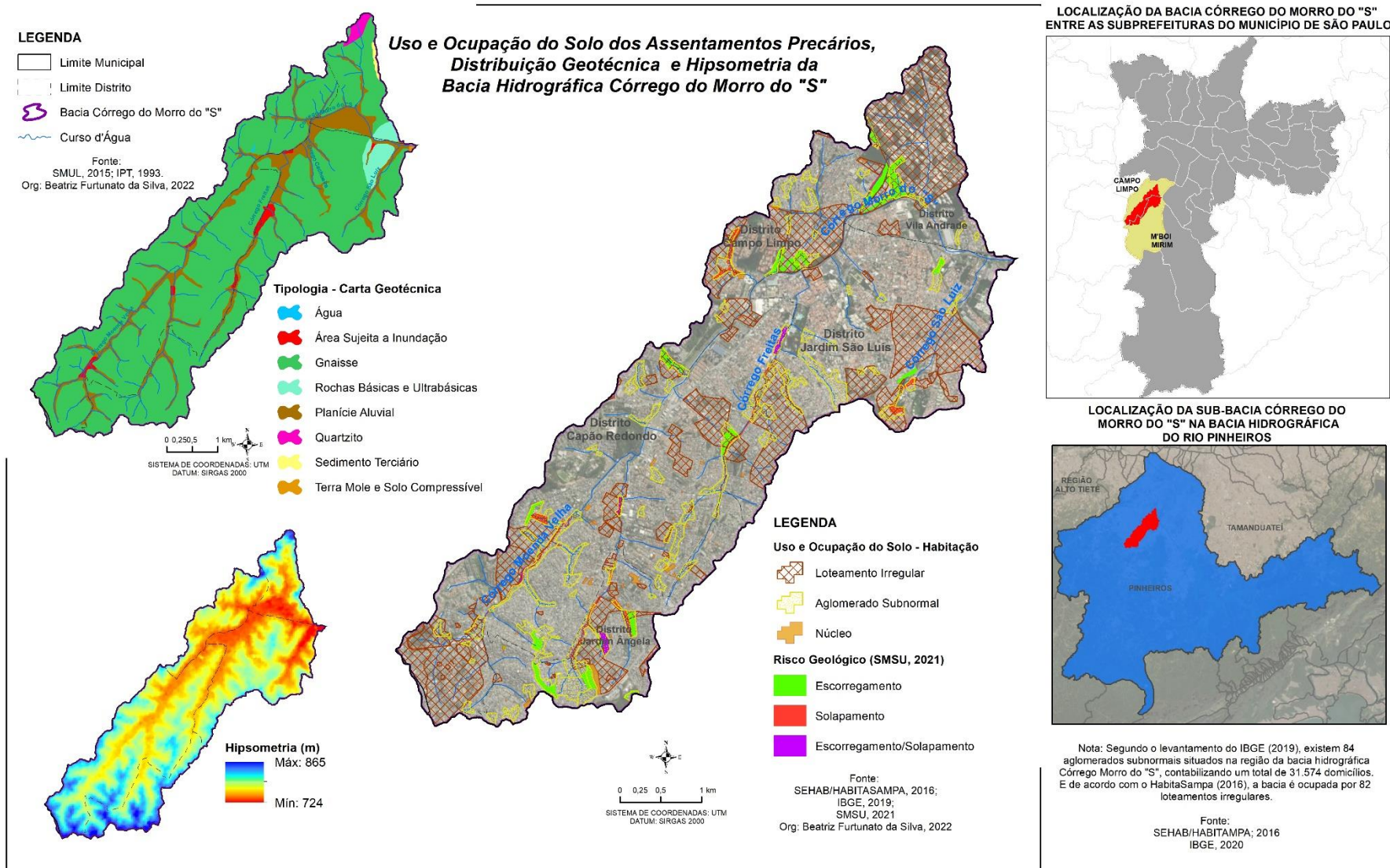


Figura 3 - Uso e Ocupação do Solo dos Assentamentos Precários, Distribuição Geotécnica e Hipsometria da Bacia Hidrográfica Córrego do Morro do "S"

No levantamento Pesquisa Origem-Destino 2017 (2019), realizado pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô), estimou-se que na área objeto de estudo desta pesquisa residem aproximadamente 432 mil habitantes em aproximadamente 145 mil domicílios.

Contudo, a área de estudo também é intensamente ocupada por loteamentos irregulares e por assentamentos precários, caracterizados pela ausência de serviços públicos essenciais e localizados em áreas com restrições burocráticas e ambientais à ocupação. Essas ocupações são denominadas pelo IBGE como aglomerados subnormais³ e popularmente conhecidas como favelas.

De acordo com dados do IBGE (2020), existem 84 aglomerados subnormais na Bacia Córrego do Morro do “S”, que abrangem um total de 31.574 domicílios irregulares distribuídos pela bacia, o que representa quase 6% dos domicílios em assentamentos precários existentes no município de São Paulo e cerca de 22% dos domicílios situados na bacia. Ademais, segundo os dados de loteamentos irregulares levantados pela HabitaSampa (2016)⁴, existem na bacia hidrográfica 82 assentamentos desconformes com a legislação, ocupando cerca de 28,4% da área da bacia (aproximadamente 6,42 km²).

Na **Figura 3** é possível observar que esses loteamentos e aglomerados estão sobrepostos às áreas sujeitas à inundação e de planícies aluviais indicados na Carta Geotécnica de São Paulo (IPT, 1993), além de estarem em áreas de riscos geológicos por serem regiões de encostas e margens de córregos ocupadas com potencial de deslizamentos e processo de solapamento de margem (SMSU, 2021).

Segundo Perez (2013), o processo de urbanização e a consequente mudança da cobertura do solo e a modificação do ciclo hidrológico natural de um determinado local, afeta o microclima de uma região, causando eventos extremos de chuva em ambientes urbanos associados aos processos de urbanização e à impermeabilização do solo. Os alagamentos de acordo com a autora, são consequências da insuficiência da bacia hidrográfica de dar vazão ao volume de água precipitado.

³ De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entende-se por assentamentos irregulares ou aglomerados subnormais, uma forma de ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia – públicos ou privados – para fins de habitação em áreas urbanas e, em geral, caracterizados por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas com restrição à ocupação.

⁴ De acordo com a classificação da Prefeitura de São Paulo, os loteamentos irregulares se caracterizam por assentamentos em que a ocupação se deu a partir da iniciativa de um agente promotor e/ou comercializador, sem a prévia aprovação pelos órgãos públicos responsáveis ou, quando aprovados ou em processo de aprovação, implantados em desacordo com a legislação ou com o projeto aprovado. Do ponto de vista das condições urbanas, os loteamentos irregulares ocupados majoritariamente por população de baixa renda sofrem com algum tipo de desconformidade, como a largura das ruas, tamanho mínimo dos lotes, largura de calçadas e implantação de infraestrutura urbana, que configuram uma paisagem árida em que predomina o espaço construído, com alta densidade construtiva, carente de arborização e de espaços livres e de uso comum.

Para além de análises de cunho puramente fisiológicos, cabe ressaltar a injustiça ambiental que ocorre no território estudado indicada no estudo realizado na Bacia do Córrego do Morro do “S” realizado pelos autores Morato, Machado e Martines (2018), pois na área mesmo com a presença de numerosas favelas, também há moradias de condomínios de alto padrão, com diferenças de renda chegando a variar 40 vezes de uma região para outra.

A área objeto de estudo é conhecida por sofrer das problemáticas dos alagamentos anualmente, afetando severamente a população residente e os transeuntes. Os veículos das grandes mídias de comunicação, bem como vídeos amadores postados no Youtube, noticiam continuamente os transbordamentos de chuvas ocasionados no Córrego Morro do “S” e o Córrego Moenda Velha no período de verão. Como é o caso de uma reportagem realizada pelo G1 em março de 2019, onde é mostrado um vídeo de um carro sendo arrastado pela correnteza devido ao transbordamento do Córrego do Morro do “S” após uma chuva intensa na Avenida Carlos Caldeira Filho (**Figura 4**).

Carro é arrastado por correnteza e cai em córrego durante chuva na Zona Sul de SP

Segundo os bombeiros, veículo estava vazio. CGE chegou a emitir alerta neste domingo (17) para subprefeitura do Campo Limpo por conta do transbordamento do córrego do Morro S.

Por G1 SP e TV Globo

17/03/2019 17h39 - Atualizado há 3 anos



Imagem de alagamento na Avenida Carlos Caldeira Filho, na Zona Sul de SP — Foto: Reprodução/TV Globo

Figura 4 - “Imagem de alagamento na Avenida Carlos Caldeira Filho, na Zona Sul de SP — Foto: Reprodução/TV Globo”.

Fonte: G1 – São Paulo (2019)⁵

Uma matéria noticiada pela Agência Mural em fevereiro de 2021 diz que a região segue sofrendo com as enchentes das chuvas de verão mesmo após a o alargamento da galeria e a construção de um muro em um trecho do Córrego Morro do “S” situada na Avenida Moenda Velha e realizada em 2020, e salienta que uma enchente ocasionada no dia 29 de dezembro de 2020 foi a pior dos últimos anos (**Figura 5**).

⁵ Disponível em: < <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/03/17/carro-e-arrastado-por-correnteza-e-cai-em-corrego-durante-chuva-na-zona-sul-de-sp.ghtml> > Acesso em: Abril, 2022.



Figura 5 - “Segundo moradores e comerciantes, mesmo após obra conter o córrego, enchente do dia 29 de dezembro foi a pior dos últimos anos”.

Fonte: Agência Mural (2021)⁶

3.2 Caracterização geológica

Geograficamente o município de São Paulo se localiza em um compartimento rebaixado do Planalto Atlântico, conhecido como Bacia Sedimentar de São Paulo, com cerca de 8.000 km² e topografia dominada por colinas com alturas entre 600 e 900 m, entre as Serras do Mar e Paranapiacaba.

De acordo com Rodriguez (1998) o arcabouço geológico da Região Metropolitana de São Paulo é constituído por rochas cristalinas dos terrenos policíclicos do Cinturão de Dobramentos Ribeira, representados por rochas metamórficas, migmatitos e granitóides, inserindo-se no sistema de Rifts Continentais da Serra do Mar. Sobre esses terrenos assentam-se os sedimentos cenozóicos das bacias sedimentares de São Paulo.

A região da Bacia Hidrográfica do Morro do “S” é formada predominantemente pelo Embasamento pré-cambriano, que são unidades magmáticas e metamórficas (suítes graníticas indiferenciadas dos Grupos São Roque e Serra do Itaberaba e Complexo Embu), e nas áreas de várzea pela cobertura aluvial e coluvial quaternária, composta por areias, argilas e conglomerados com espessura métrica (SVMA, 2004). Destacam-se duas formações rochosas:

⁶ Disponível em: < <https://www.agenciamural.org.br/enchente-capao-redondo-obra-prefeitura/> > Acesso em: Abril, 2022.

a Unidade Xistos localmente migmáticos e a Unidade Paragnáissica, ambas pertencentes ao Complexo Embu (CPRM, 2006), como pode ser observado na **Figura 6**.

A unidade xistos localmente migmáticos é constituída por mica xistos e quartzo xistos alternados ritmicamente, a este conjunto predominante, intercalam-se rochas calcissilicáticas, anfíbolitos e rochas metaultramáficas, os mica xistos são descritos como muscovita-biotita-quartzo xistos com cianita, estauroлита, granada, sillimanita e turmalina, com estrutura xistosa, finamente laminada. A Unidade Paragnáissica predomina muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaisses migmatíticos, com aspecto nebulítico, e biotita gnaisses de composição tonalítica a granodiorítica (CPRM, 2006).

Segundo Melo et. al. (1986), os Sedimentos Quaternários ocorrem ao longo das várzeas dos rios e córregos são oriundos de deposição aluvial, tendo destaque as planícies dos rios Tietê e Pinheiros. Compreendem sedimentos inconsolidados de textura predominantemente argiloaerônicas, havendo ocorrência de lentes argilosas e de cascalheiras, as quais indicam eventos torrenciais.

De acordo com Rodriguez (1998) a maior parte destes sedimentos quaternários se depositaram no final do Pleistoceno. Os depósitos mais antigos, representados por colúvios, datam de 50.000 anos, ao passo que os processos mais recentes ocorreram por volta de 600 anos, anterior à ocupação humana mais intensa.

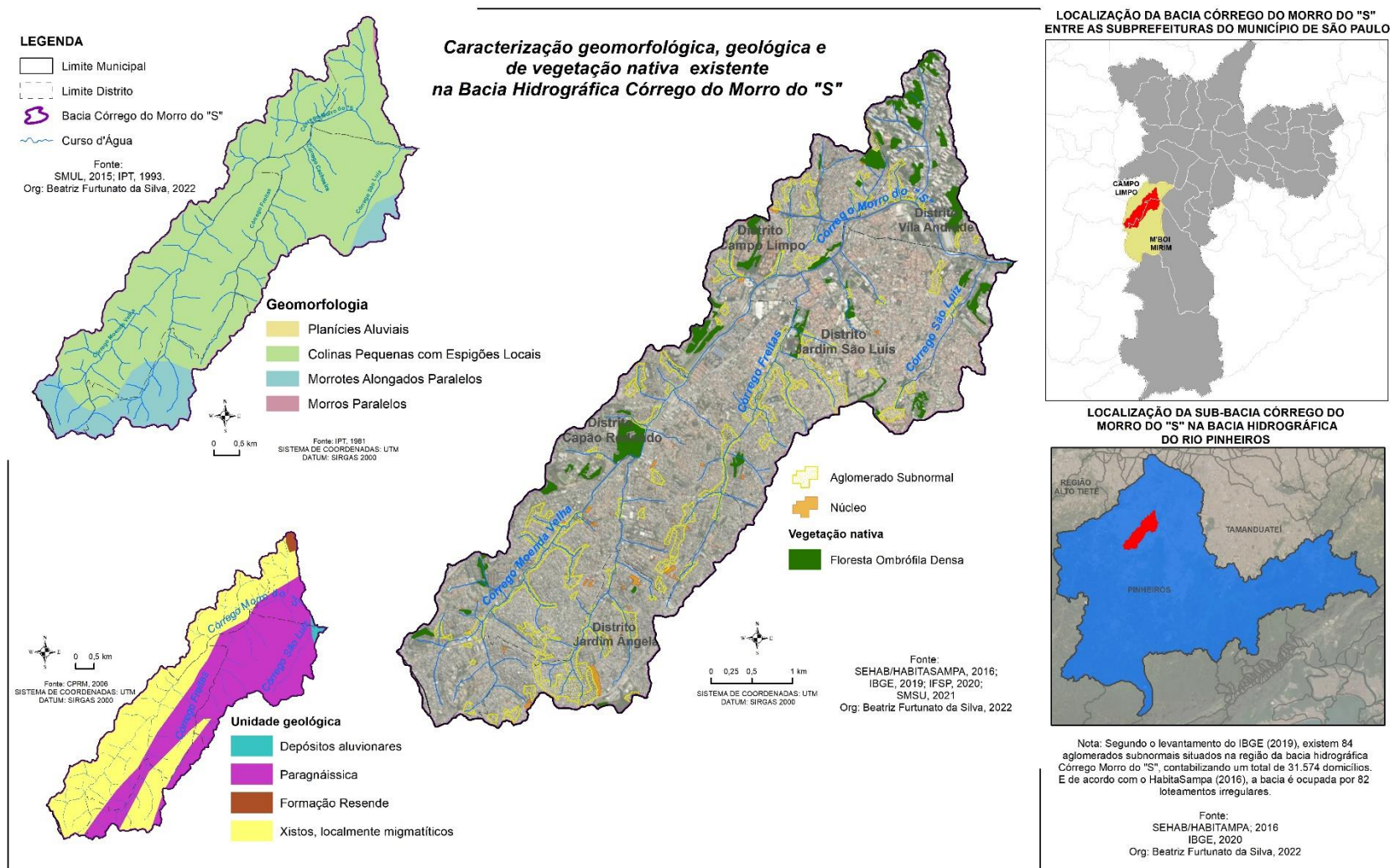


Figura 6 - Caracterização geomorfológica, geológica e de vegetação nativa existente na Bacia Hidrográfica Córrego Morro do "S"

Org: Da autora (2022)

3.3 Caracterização geomorfológica e pedológica

No que se refere à caracterização geomorfológica da área de estudo é preciso considerar dois aspectos fundamentais. O primeiro deles diz respeito à conformação natural da área, enquanto o segundo trata da configuração geomorfológica induzida pela intensa ocupação humana.

De acordo com Ab´Saber (1957) e Almeida (1964), o sítio urbano de São Paulo está localizado no compartimento do Planalto Paulistano, sendo composto por relevos de degradação e aggradação, dentre as quais, ao redor da área de interesse, estão as Planícies Flúvio-aluviais, Colinas, Morrotes Baixos e Alongados, Mar de Morros, Morros com Serras Restritas, Serras Alongadas e Escarpas, sendo que as Colinas Pequenas com Espigões Locais e os Morrotes Alongados Paralelos constituem os temas de maior interesse na bacia do Morro do “S”, como ilustrado na **Figura 6**.

O relevo Colinas Pequenas com Espigões Locais, são caracterizados por predomínio de interflúvios sem orientação, com área inferior a 1 km², topos aplainados a arredondados, vertentes ravinadas com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, apresenta vales fechados, planícies aluviais interiores restritas, essas áreas de contato são normalmente associadas a processos geomorfológicos mais dinâmicos, como as inundações, por exemplo.

O relevo denominado de Morrotes Alongados Paralelos presentes na ponta sul e leste da bacia, caracteriza-se por seus topos arredondados e vertentes com retilíneos a convexos, sua drenagem de alta densidade apresenta padrão paralelo à treliça e vales fechados. (IPT, 1981).

De acordo com o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Estado de São Paulo (2013), a Bacia Hidrográfica Córrego do Morro do “S” possui amplitude topográfica de aproximadamente 141 metros, com cotas variando entre 724 m na jusante do córrego Morro do “S” com o rio Pinheiros e 865 m na porção sudeste da bacia contemplada pelo distrito Jardim Ângela.

O solo da região estudada é completamente ocupado pela área urbana, exceto um trecho da porção sudeste da Bacia que possui solo exposto, onde está situado o Hospital Municipal Dr. Moysés Deutsch (M’Boi Mirim) e o Reservatório de Água Sabesp Jardim Ângela caracterizado como Cambissolo Háplico, que são solos que não apresentam horizonte superficial A húmico, conforme apresentado no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (ROSSI, 2017). Entretanto, esse solo está presente em apenas 0,56% da bacia, aproximadamente 0,13 km². O que caracteriza a bacia como quase que completamente urbanizada, elevando seu índice de impermeabilidade no solo.

3.4 Vegetação existente

O território da Bacia Hidrográfica Córrego do Morro do “S” encontra-se completamente inserido no Bioma Mata Atlântica, com uma vegetação caracterizada como Floresta Ombrófila Densa, entretanto, da sua área total originalmente ocupada por este bioma, apenas 0,91 km² estão recobertos por esta vegetação, o que totaliza cerca de 4% da circunscrição hidrográfica, de acordo com dados do Inventário Florestal do Estado de São Paulo (SIMA/IF, 2020).

Como pode ser observado na **Figura 6** apresentada anteriormente, esses fragmentos de remanescentes florestais possuem a maior área entre o Parque Municipal Santo Dias situado à margem esquerda do córrego Morro do “S”, e os condomínios residenciais de alto padrão existentes na bacia.

Quando comparados aos 27,4% correspondentes à cobertura vegetal original do município de São Paulo (SIFESP, 2020), nota-se que a vegetação original remanescente da bacia do Morro do “S” está muito abaixo da média do município, o que é um indicativo da concentração irregular de áreas verdes na cidade, além da má distribuição de arborização dentro da própria área da bacia, afetando a qualidade ambiental urbana gerando injustiça ambiental no território. Segundo o Mapeamento Digital da Cobertura Vegetal do Município de São Paulo (SVMA, 2020), que não leva só em consideração os fragmentos de remanescentes da vegetação nativa, mas também os indivíduos arbóreos localizados no sistema viário do município, abrangendo a totalidade da área urbanizada, tem-se que a bacia do Morro do “S” é coberta por cerca de 4,2 km² de indivíduos arbóreos, o que representa cerca 18,5% de abrangência do território estudado, índice abaixo da média municipal, que de acordo com o mapeamento citado, apresenta aproximadamente 48% de cobertura vegetal total.

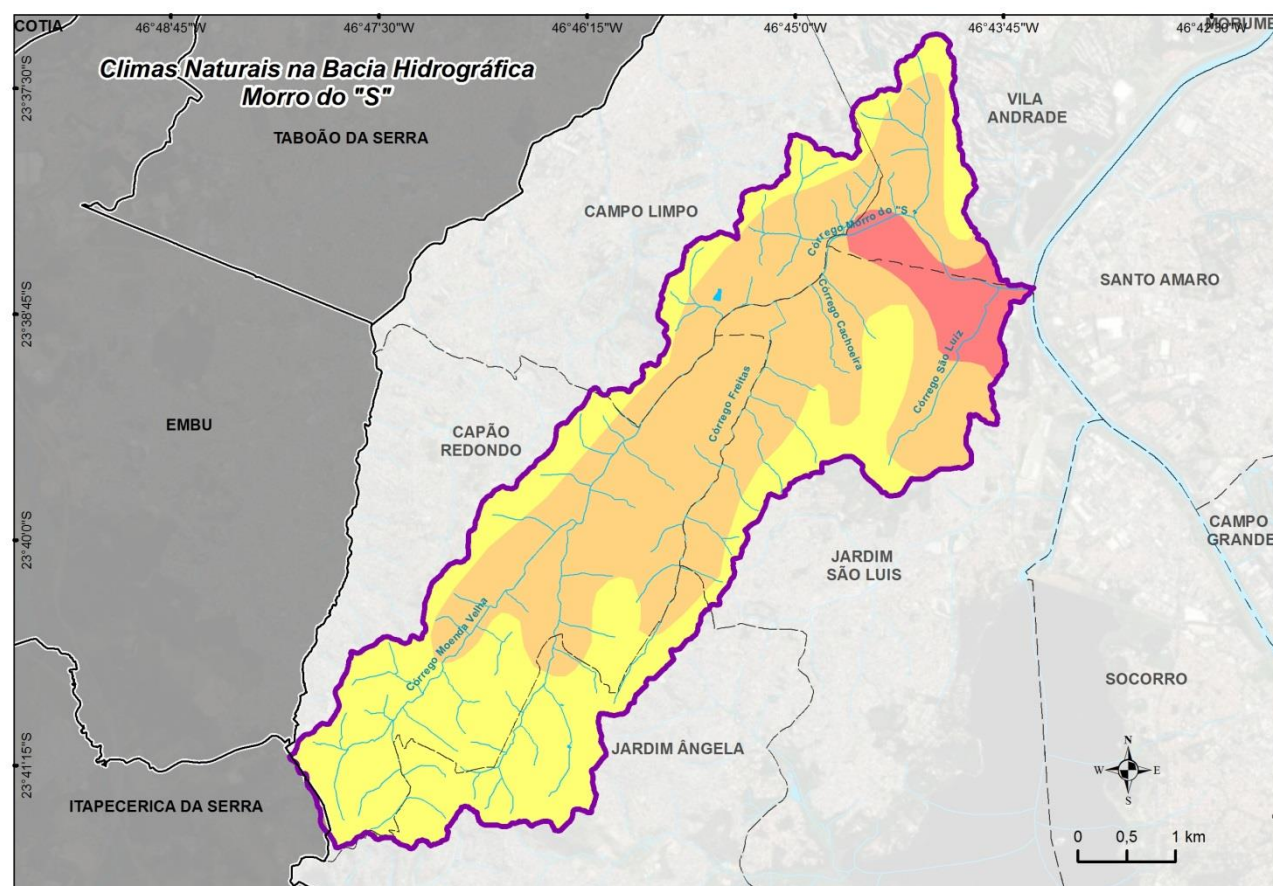
Vale ressaltar, que a cobertura vegetal não é uma necessidade óbvia na paisagem humana, porém está relacionada pela maioria das pessoas como um componente essencial para a qualidade de vida e bem estar social. Além de ter uma estreita ligação com o fator de permeabilidade do solo, e ser um atributo importante para a contenção de vários desastres naturais. De acordo com Amaral & Ribeiro (2015), a presença de vegetação auxilia na retenção de água no solo e diminui a velocidade do escoamento superficial, aumentando a concentração de água na superfície. Bem como outros fatores que fogem à alçada de contenção de eventos críticos de chuva como: proteção da qualidade da água, filtragem do ar, abrigo à fauna urbana, organização e composição dos ambientes de produção das atividades humanas, estabilização da temperatura do ar, redução da poeira, bem-viver social, entre outros fatores.

3.5 Caracterização climática

O estudo do clima, chamado de climatologia, pode ser definido pelo cálculo e uso de métodos pré-definidos que apresentam a disposição e a oscilação das principais variáveis meteorológicas como: temperatura, precipitação, umidade do ar, ventos e pressão atmosférica, combinados com fenômenos climatológicos característicos de determinada região, e sua influência na saúde e segurança do bem viver da sociedade (INMET, 2022).

O município de São Paulo está localizado em uma região de características de transição entre os Climas Tropicais Úmidos de Altitude, com período seco definido, e os Climas Subtropicais do Brasil Meridional, permanentemente úmidos (TARIFA e ARMANI, 2001). Uma das principais características climáticas dessa transição zonal é a alternância entre uma estação quente e úmida (de outubro a março) e outra estação fria e relativamente mais seca (de abril a setembro).

Para enquadrar a Bacia Hidrográfica Córrego Morro do “S” em um mesoclima, realizou-se o georreferenciamento do mapa de Unidades Climáticas “Naturais” do município de São Paulo elaborado por Tarifa & Armani (2001) para a sobreposição de camadas. Obteve-se que a circunscrição hidrográfica detém de três tipos de unidades climáticas, todas do grupo classificado como Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano: B6a - Colinas, morros e espigões divisores do médio Pinheiros e Embu-Guaçu, que ocupa a maior porção da bacia; A3 - Serras e altos espigões do Pirajussara – Embu – Cotia, situada na porção sul; C3 - Várzeas e baixos terraços do Vale do Pinheiros, localizada em um pequeno trecho da jusante do córrego do Morro do “S” da região nordeste no deságua do rio Pinheiros, como pode ser observado na **Figura 7**.



LEGENDA

— Limite Municipal

- - - Limite Distrito

— Bacia hidrográfica Morro do "S"

— Massa d'Água

— Curso d'Água

Climas Naturais

A3 - Serras e altos espigões do Pirajussara – Embu – Cotia

B6a - Colinas, morros e espigões divisores do médio Pinheiros e Embu-Guaçu

C3 - Várzeas e baixos terraços do Vale do Pinheiros

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM
DATUM: SIRGAS 2000

Fonte:
GEOSAMPA, 2021
TARIFA E ARMANI, 2001
Org: Beatriz Furtunato da Silva, 2022

Figura 7 - Climas Naturais da Bacia Hidrográfica Morro do "S"
Fonte: Tarifa e Armani (2001). Org: Da autora (2022)

A Tabela 1 apresenta as principais características das Unidades Climáticas presentes na bacia hidrográfica de estudo, com destaque para a unidade C3, que de acordo com os autores, “se tratam de áreas receptoras não só da pluviosidade que aí precipita, mas das águas caídas de outras unidades, ocasionando as cheias ou inundações naturais das várzeas e durante eventos pluviométricos extremos até os terraços podem ser ocupados pelas águas.” (TARIFA e ARMANI, 2001).

Tabela 1 - Unidades climáticas naturais existentes na Bacia Hidrográfica Córrego Morro do “S”

Unidades Climáticas		Controles Climáticos		Atributos Climáticos					Propriedades e Características
Climas Locais	Mesoclimas Topoclimas	Altitude	Relevo - Forma	Temperatura (°C)			Pluviosidade (mm)		
				Méd	Máx	Min	Totais Anuais	Máx. Diários	
Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano	A3	800-950	Serras e altos espigões do Pirajussara – Embu - Cotia	19,3 – 19,1	24,9 – 24,7	15,5 – 15,3	1.250 – 1.450	150-175	Média a alta declividade. Boa ventilação e dispersão de poluentes. Temperaturas amenas.
	B6a	740-800	Colinas, morros e espigões divisores do médio Pinheiros e Embu-Guaçu.	19,6 – 19,3	25,2 – 24,9	15,8 – 15,5	1.250 – 1.580	100-200	Baixas inversões térmicas sobre as várzeas de fundo de vale. Dispersão de poluentes intermediárias. Presença frequente de nevoeiro e névoas úmidas. Ligeiro aumento de temperatura.
	C3	720-740	Várzeas e baixos terraços do Vale do Pinheiros.	19,7 – 19,6	25,3 – 25,2	15,9 – 15,8	1.240 – 1.560	100-175	Baixa dispersão de poluentes. Temperatura elevada.

Fonte: Tarifa & Armani (2001). Org: Autora (2021)

Em estudo recente, Novais e Galvani (2022) realizaram uma nova tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo, que leva em consideração as unidades climáticas criadas por Novais (2019). Essa classificação possui uma hierarquia, dividida em seis categorias: Zona Climática, Clima Zonal, Domínio, Subdomínio, Tipo e Subtipo Climático. A região de estudo de acordo com a classificação climática citada encontra-se na Zona Climática Moderada, que são regiões em que a trajetória média do Sol varia em limites amplos e há diferenças marcantes durante as estações. O Clima Zonal, baseado na Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF), caracteriza-se como Quente. O Domínio é denominado como Tropical Ameno, apresentando temperaturas médias mais baixas e apresenta uma unidade Climática de 5ª Hierarquia representada pelo Tropical Ameno úmido meridional do Brasil, de subtipo climático da Região Metropolitana de São Paulo, onde as particularidades climáticas da região são apresentadas na **Tabela 2**. Subtipo Climático da região da bacia hidrográfica do Córrego do Morro do “S” e suas características

Tabela 2 - Subtipo Climático da região da bacia hidrográfica do Córrego do Morro do “S” e suas características

Unidade Climática de 5ª Hierarquia	Subtipo Climático	Altitude	TMMMF	Precipitação Média Anual	ETP Média Anual	Excedente Hídrico Anual	Déficit Hídrico Anual	Meses Secos (P+ETP)
		(m)	(°C)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Tropical Ameno úmido meridional do Brasil	da Região Metropolitana de São Paulo	720 - 955	15,0 - 16,8	1.265 - 2.270	790 - 935	120 - 1.055	0 - 5	0 - 1

Fonte: NOVAIS E GALVANI (2022)

A caracterização climatológica da bacia hidrográfica Morro do “S” pode ser corroborada pelas observações meteorológicas regionais realizadas em locais que possam ser considerados representativos para a área de interesse, a partir das quais são descritos os comportamentos médios dos principais parâmetros climatológicos.

Para isto, foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura do ar, umidade relativa e precipitação mensal acumulada, com base na Normal Climatológica do Brasil (1991-2020), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram considerados os dados da Estação Meteorológica Mirante de Santana, situada no bairro Jardim São Paulo, distrito de Santana, da capital paulista. Selecionou-se essa estação por ser a mais próxima a apresentar os dados estabelecidos para a análise, e está situada dentro de um raio de 18,5 quilômetros da área de

estudo. Estes parâmetros climatológicos estão apresentados a seguir:

3.5.1 Temperatura do ar

As temperaturas mínimas e máximas do ar são medidas por termômetros localizados nas estações meteorológicas, e após a medição, calcula-se a temperatura média de acordo com as variações registradas. Vale lembrar que as temperaturas, assim como os outros dados obtidos das Normais Climatológicas do Brasil (NCB), são valores médios referentes a um período e não representam os valores máximos e mínimos absolutos.

Os dados da Estação Mirante de Santana revelam que as temperaturas mais elevadas ocorrem entre os meses de dezembro a março (variando de 28 °C em Março e 29 °C no mês de fevereiro), e as temperaturas mais baixas são constatadas entre julho (12,8 °C) e agosto (13,5 °C), como mostra a **Figura 8**. Referindo-se as médias anuais, a média do período mais quente (dezembro a março), encontra-se na ordem de 22,9 °C, contudo a média mínima anual, diferente da média mínima absoluta, ajusta-se entre os meses de junho e julho, com média de 17,4 °C. A média anual compensada entre os anos de 1991 a 2020 é de 20,4 °C.

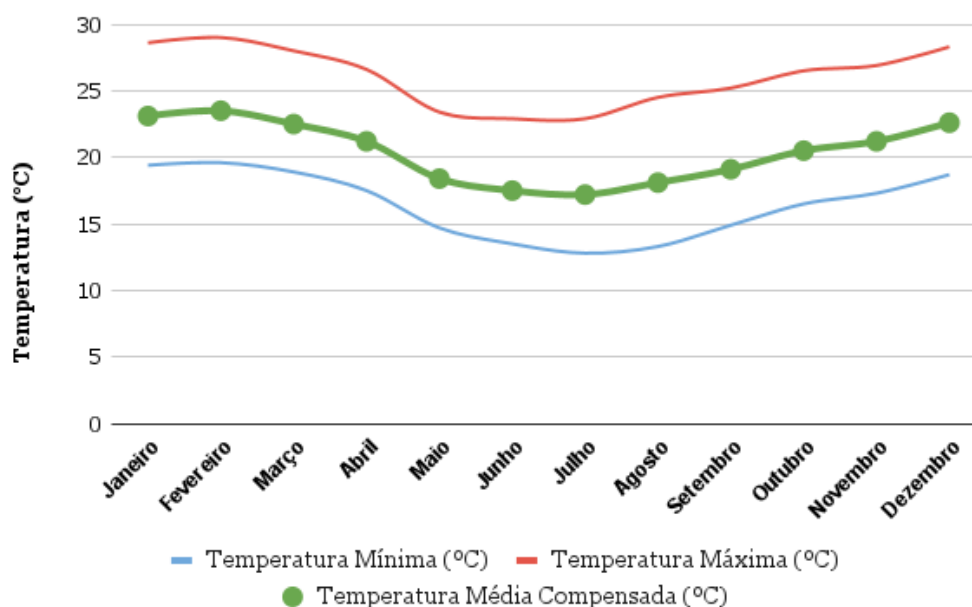


Figura 8 - Temperaturas médias, mínimas e máximas mensais (°C) na estação meteorológica Mirante de Santana.
Fonte: INMET (2022) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1991-2020)

3.5.2 Umidade do ar

A umidade relativa do ar representa a relação percentual entre a quantidade de vapor d'água em um dado volume de ar, e a quantidade de vapor que este volume poderia conter se o ar estivesse saturado, à mesma temperatura e pressão. Portanto, relacionada à saturação do ar, a umidade pode ser expressa de 0 a 100%.

Esta variável está diretamente ligada ao volume de chuvas, temperatura e pressão. Quando a temperatura atinge níveis mais elevados durante o dia, o potencial de evaporação é maior, portanto os índices de umidade do ar decaem e, durante a noite, com a ausência de insolação, o índice de umidade tende a crescer.

Os dados obtidos na estação meteorológica Mirante de Santana sinalizam que a variação da umidade do ar é mais marcante no mês de Agosto (68,2%). Entretanto, durante o ano corrido, a variação é de 3%, variando de 76,6% em janeiro a 73,9% em dezembro, como apresentada na **Figura 9**. Segundo recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), os índices inferiores a 60% não são adequados para a saúde humana, felizmente a região do município de São Paulo, assim como a área de estudo, não foram afetados pela criticidade da carência do vapor d'água na atmosfera.

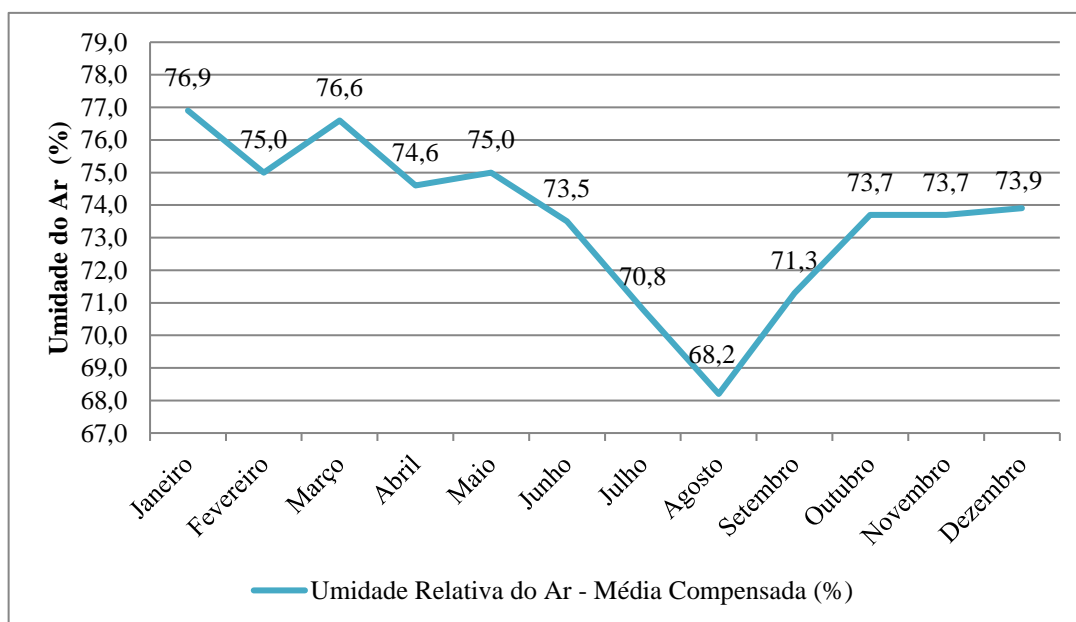


Figura 9 - Umidade relativa do ar mensal na estação meteorológica Mirante de Santana.

Fonte: INMET (2022) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1991-2020)

3.5.3 Precipitação

Entende-se por precipitação, todas as formas de umidade emanadas da atmosfera e depositadas em superfície: chuva, granizo, neve, neblina, geada ou orvalho. Para poder quantificar as medições das precipitações normalmente utilizam-se dois instrumentos meteorológicos – o pluviômetro e o pluviógrafo. A unidade de medida normalmente utilizada no caso da precipitação é o milímetro, onde 1 mm de chuva captado por um pluviômetro equivale a 1 L de chuva precipitado em 1 m².

Referente à variação de precipitação no período de 30 anos calculado pela Normal Climatológica-NCB, os dados coletados na estação Mirante de Santana apontam dois períodos: chuvoso no verão, entre os meses de dezembro e março, com médias mensais que ultrapassam os 229 mm chegando a 292 mm em janeiro; e um período predominantemente seco, no inverno, entre os meses de julho e agosto, com média mensal inferior a 48 mm, como ilustra a **Figura 10**. Estes dados também relevam que a precipitação acumulada anual é da ordem de 1.658,3 mm.

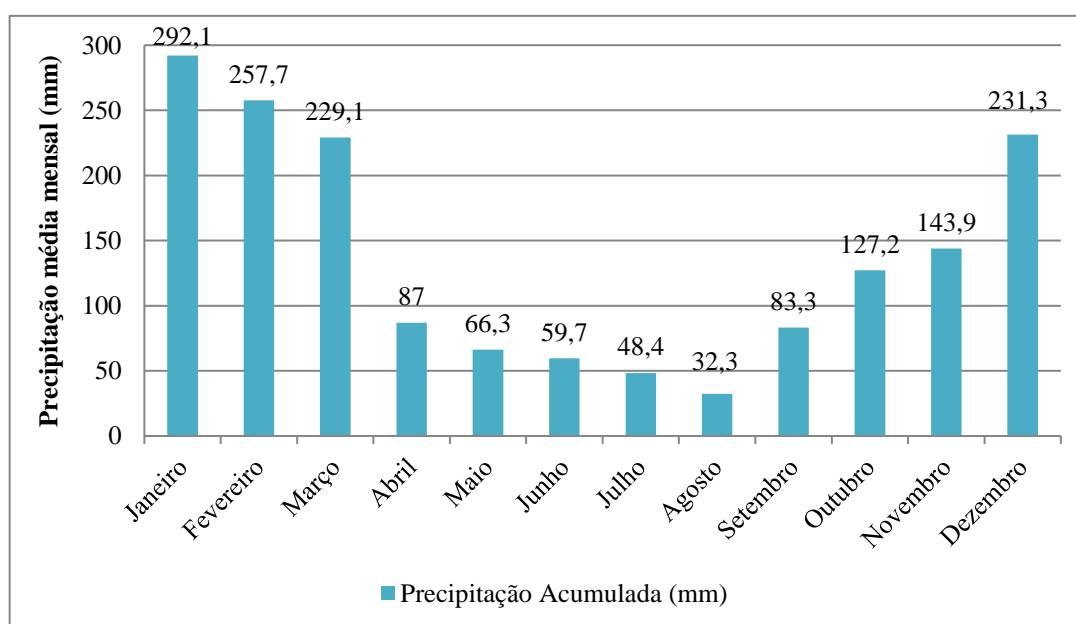


Figura 10 - Precipitação média mensal na estação meteorológica Mirante de Santana.

Fonte: INMET (2022) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1991-2020)

O máximo absoluto de precipitação acumulado em um período de 24 horas é uma importante informação para identificar picos de chuvas acumuladas em curto período de tempo, os quais podem ser responsáveis por inundações. Com base nas Normais Climatológicas do Brasil-NCB, na estação Mirante de Santana, destacam-se dois registros mais significativos, os 140,1 mm e

os 126,6 mm acumulados em 24 horas nos meses de Maio de 2005, e Julho de 2019, respectivamente, ambos meses caracterizados como períodos mais secos. Destacam-se também os anos de 2017, que aparece tanto no mês de janeiro como no mês de abril, e 2016, aparecendo em junho e agosto, como mostra **Figura 11**.

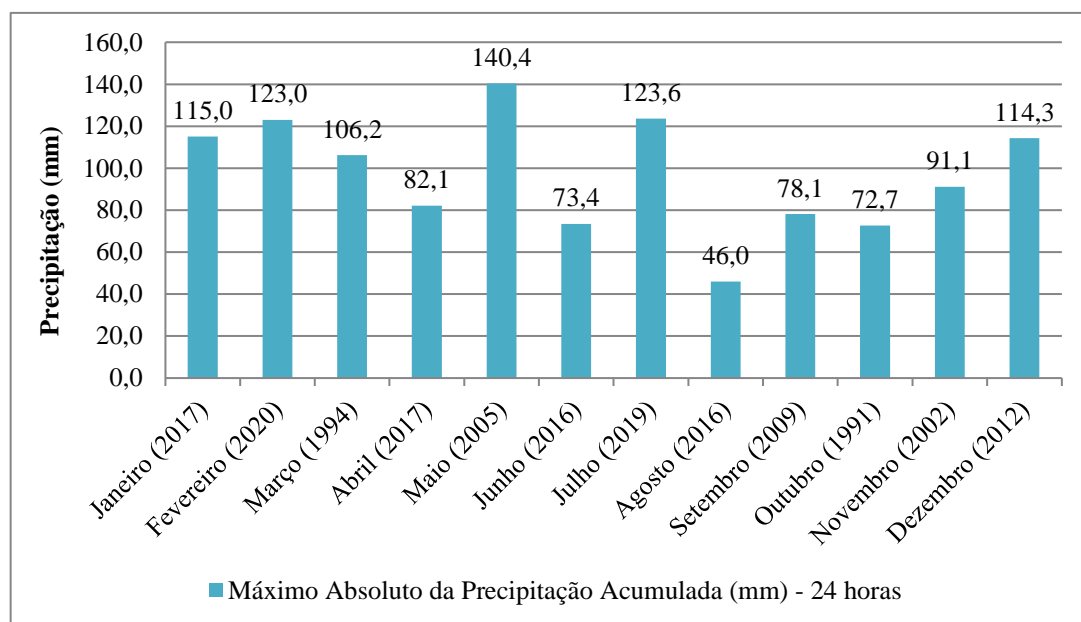


Figura 11 - Precipitação máxima absoluta acumulada em 24 horas estação meteorológica Mirante de Santana.

Fonte: INMET (2022) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1991-2020)

Como a estação pluviométrica analisada localiza-se em um raio de 18,5 km da área de estudo, e como forma de tentar manter os atributos locais da análise, optou-se também por levantar os dados da estação pluviométrica Santo Amaro, operada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), e situa-se no raio de 3 km da bacia hidrográfica Morro do “S”. A estação em questão pertence à Rede Hidrológica Básica do Estado de São Paulo, iniciada na década de 1880 e operada pelo DAEE desde 1951 (DAEE, 2022). A estação Santo Amaro possui dados históricos do volume de chuva mensal desde 1936, contudo, para o levantamento se assemelhar com o feito pela NBC e também pela consistência dos dados da estação, a **Figura 12** apresenta a distribuição da média das precipitações mensais com série histórica entre 1991 e 2014.

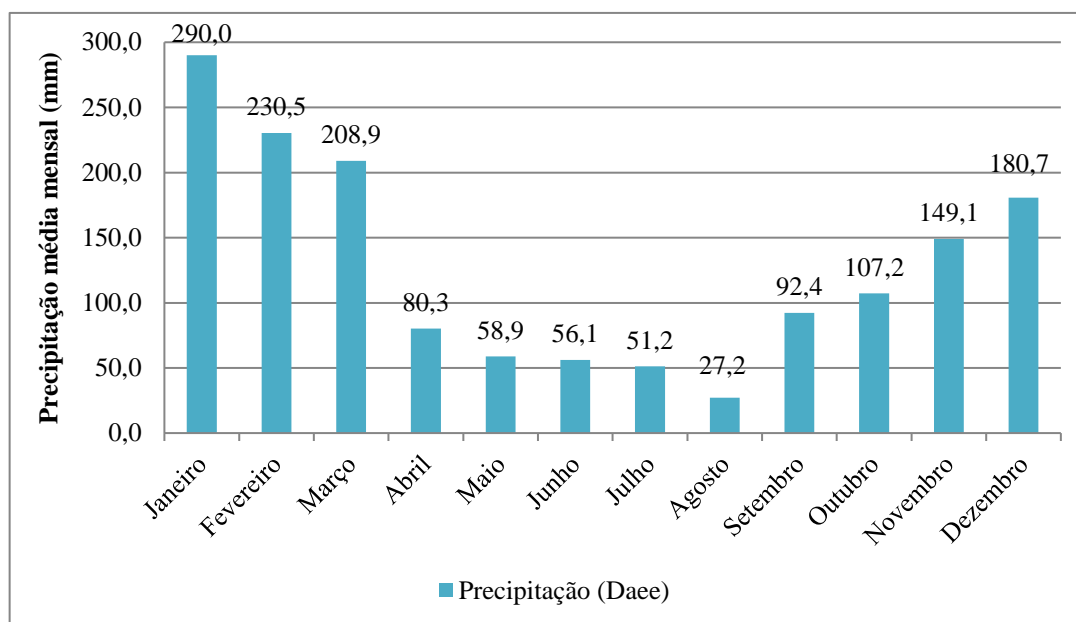


Figura 12 - Precipitação média mensal entre 1991 e 2014 na estação pluviométrica Santo Amaro.
Fonte: DAEE (2022).

Assim como os dados pluviométricos apresentados pela NBC, a análise de chuvas na estação Santo Amaro também apresenta uma variação sazonal da precipitação média mensal com períodos predominantemente chuvosos no verão e mais secos no inverno, no entanto, a maior diferença entre os dados se dá no volume de chuvas, onde a estação Santo Amaro registrou na média um volume inferior de chuvas ao decorrer do ano, do que a estação Mirante de Santana, a maior variação é percebida no mês de dezembro, com 50,6 mm de diferença entre as estações.

3.6 Caracterização do uso do solo - Zoneamento do Plano Diretor e Uso e Ocupação

Um Plano Diretor é, formalmente, um conjunto de leis municipais cuja função é, em essência, tornar-se instrumento das políticas de desenvolvimento e expansão das cidades, comprometendo-se em garantir o cumprimento e desenvolvimento de sua função social e de propriedade urbana, além de garantir o bem-estar de seus cidadãos. Esse conjunto de leis é obrigatório para cidades que tenham mais de 20.000 habitantes, dever este presente na Constituição Federal (BRASIL, 1988).

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (PDE), aprovado em 2014, traz um amplo conjunto de diretrizes, estratégias e medidas para ordenar o planejamento da cidade. O PDE faz parte de um conjunto de leis que fazem parte da política urbana do município de São Paulo, constituída pelo Zoneamento, Código de Obras e Edificações, Planos Regionais das Subprefeituras e Planos de Bairro, que em tese buscam atender as necessidades e o bem estar social de sua população.

De acordo com as macroáreas definidas e delimitadas pela Lei nº 16.050/14, o Plano Diretor Estratégico, a Bacia Hidrográfica do Morro do “S” está parcialmente inserida na Macroárea de Estruturação Metropolitana na porção norte, grande parte de sua extensão situa-se na Macroárea de Redução da Vulnerabilidade Urbana e na porção sul encontra-se na Macroárea de Redução da Vulnerabilidade Urbana e Recuperação Ambiental, que caracteriza uma zona urbana com grande diversidade de padrões de uso e ocupação do solo, desigualdade socioespacial e padrões diferenciados de urbanização e dentre os objetivos gerais dessas áreas estão o incentivo da relação mais equilibrada entre a urbanização e a conservação ambiental, a readequação do uso e ocupação do solo com a oferta de sistemas de transporte coletivo e de infraestrutura para os serviços públicos, além da redução das situações de vulnerabilidades urbanas, problemáticas no qual os residentes da região da bacia sofrem cotidianamente.

O caderno de propostas dos Planos Regionais das Subprefeituras de Campo Limpo e M’Boi Mirim, suportado pelo Decreto nº 57.537/2016, e regiões onde a bacia se insere, caracteriza a região como importante na macrodrenagem da cidade drenando a porção oeste de Vila Andrade, as porções leste do Campo Limpo e do Capão Redondo, e uma pequena parte da Subprefeitura de M’Boi Mirim. Entretanto, encontra-se quase totalmente impermeabilizada, densamente ocupada, com predominância de edificações de baixo padrão e muitas a beiras de córregos, restando pouquíssimas áreas vegetadas.

No que tange à Lei de Uso e Ocupação do Solo, Lei nº 16.402/16, a região de estudo, apresenta grande parte de Zonas Especial de Interesse Social 1 (ZEIS-1), representando quase 33% deste território, a Zona Mista (ZM) equivale a 26,3%, e a Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana (ZEU) representa 11,7% da bacia, além das Zonas de Centralidade (ZC) e Zonas Mistas Ambiental (ZMa) contemplarem menos de 10% da delimitação da bacia.

A zona de maior destaque na bacia (ZEIS-1), é caracterizada s pela presença de favelas, loteamentos irregulares e empreendimentos habitacionais de interesse social, além de assentamentos habitacionais populares. A ZM e a ZEU, que seguem com altos índices de distribuição na bacia são porções do território localizadas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana e objetivam-se em na diversificação de usos ou o adensamento populacional moderado.

A **Tabela 3** e a **Figura 13** mostram o zoneamento presente na Bacia Hidrográfica do Morro do “S”, bem como a distribuição de cada zona pela bacia além das macroáreas formadoras do território, de acordo com a lei de parcelamento, uso e ocupação do solo do Município, a Lei nº 16.402/16, e nota-se um desacordo entre o zoneamento com a ocupação irregular apresentada na **Figura 3**, que é absorvido pelo gestão pública como tributação.

Tabela 3 - Uso do solo na Bacia do Morro do “S” conforme Zoneamento - Lei 16.402/16

Zoneamento Lei 16.402/16	SIGLA	(%)
Praça-Canteiro	-	1,4%
Zona de Centralidade	ZC	8,8%
Zona de Centralidade Ambiental	ZCa	1,3%
Zona de Centralidade lindeira à ZEIS	ZC-ZEIS	0,3%
Zona Especial de Interesse Social 1	ZEIS-1	32,8%
Zona Especial de Interesse Social 2	ZEIS-2	1,4%
Zona Especial de Interesse Social 3	ZEIS-3	0,2%
Zona Especial de Interesse Social 4	ZEIS-4	0,2%
Zona Especial de Interesse Social 5	ZEIS-5	0,4%
Zona Especial de Proteção Ambiental	ZEPAM	1,5%
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana	ZEU	11,7%
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Ambiental	ZEUa	1,4%
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto	ZEUP	2,1%
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto Ambiental	ZEUPa	0,9%
Zona Mista	ZM	26,3%
Zona Mista Ambiental	ZMa	7,7%
Zona Mista de Interesse Social Ambiental	ZMISa	1,0%
Zona de Ocupação Especial	ZOE	0,2%
Zona Predominantemente Industrial 1	ZPI-1	0,4%

Fonte: Lei 16.402/16. Org: Da autora (2022).

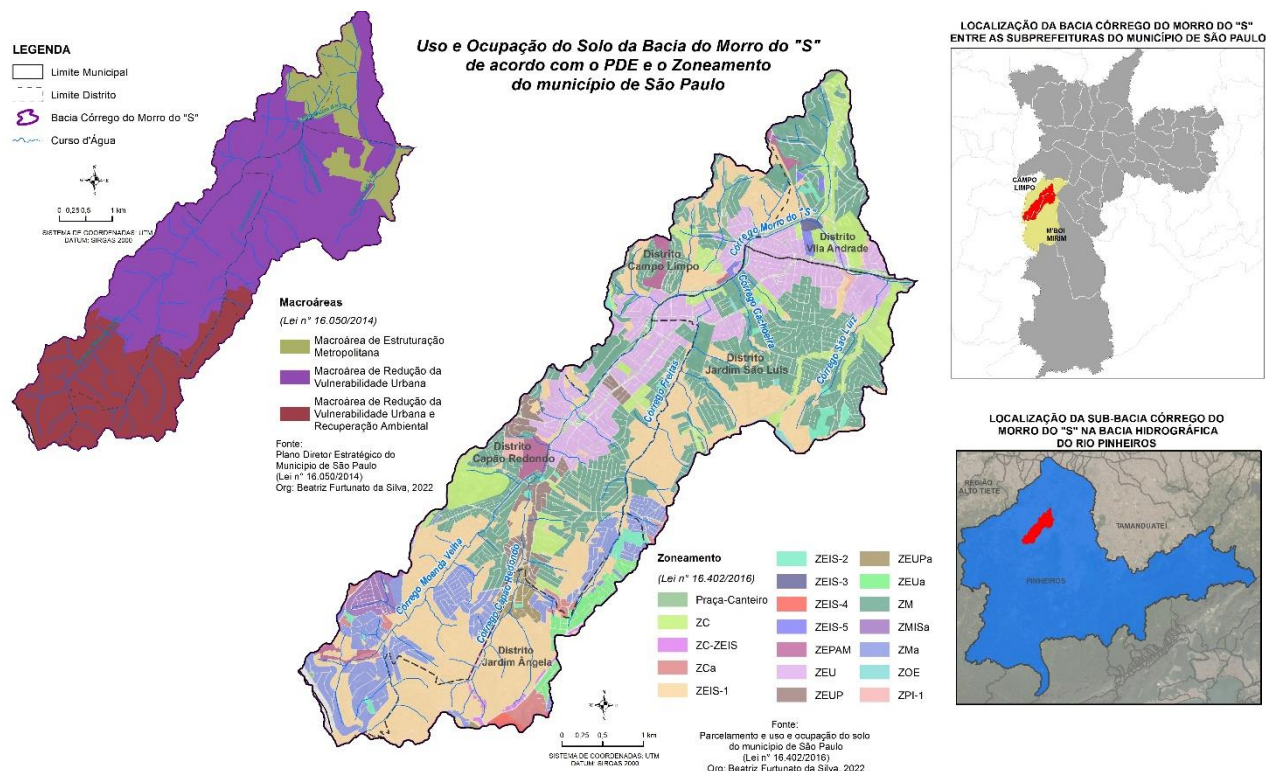


Figura 13 - Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Morro do "S" de acordo com o PDE e o Zoneamento do município de São Paulo.

Fonte: Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (Lei nº 16.050/2014); Parcelamento e uso e ocupação do solo do município de São Paulo (Lei nº 16.402/2016). Org: Da autora (2022)

Segundo o Caderno de Propostas do Plano Regional da Subprefeituras de Campo Limpo (SÃO PAULO, 2016), os distritos de Capão Redondo, Campo Limpo e Vila Andrade passaram por um crescimento repentino populacional a partir das décadas de 1950 e 1960, iniciando uma ocupação territorial desorganizada e predatória. Moradores menos favorecidos de outras regiões do município, começaram a migrar para áreas mais periféricas onde os terrenos eram mais baratos, formando diversas vilas e favelas, mais tarde transformadas em bairros.

De acordo com os dados de uso do solo urbano disponibilizado pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU, 2016), que utiliza o Cadastro Territorial Predial de Conservação e Limpeza (TPCL) como forma de se obter o tipo de uso do solo predominante (maior ou igual a 60%) por quadra fiscal, e utilizando uma metodologia de agregação resultante do cruzamento entre os valores "USO" e "PADRÃO" atribuídos pela Emissão Geral do IPTU para cada imóvel cadastrado e gerando tipologias de uso, o território da bacia hidrográfica de estudo tem uso predominantemente residencial (78,4%) sendo que quase 40% é caracterizado por uso residencial horizontal de baixo padrão, seguido do uso residencial horizontal médio/alto padrão (12,9%), como pode ser observado na **Tabela 4**, que indica a proporção de todas as

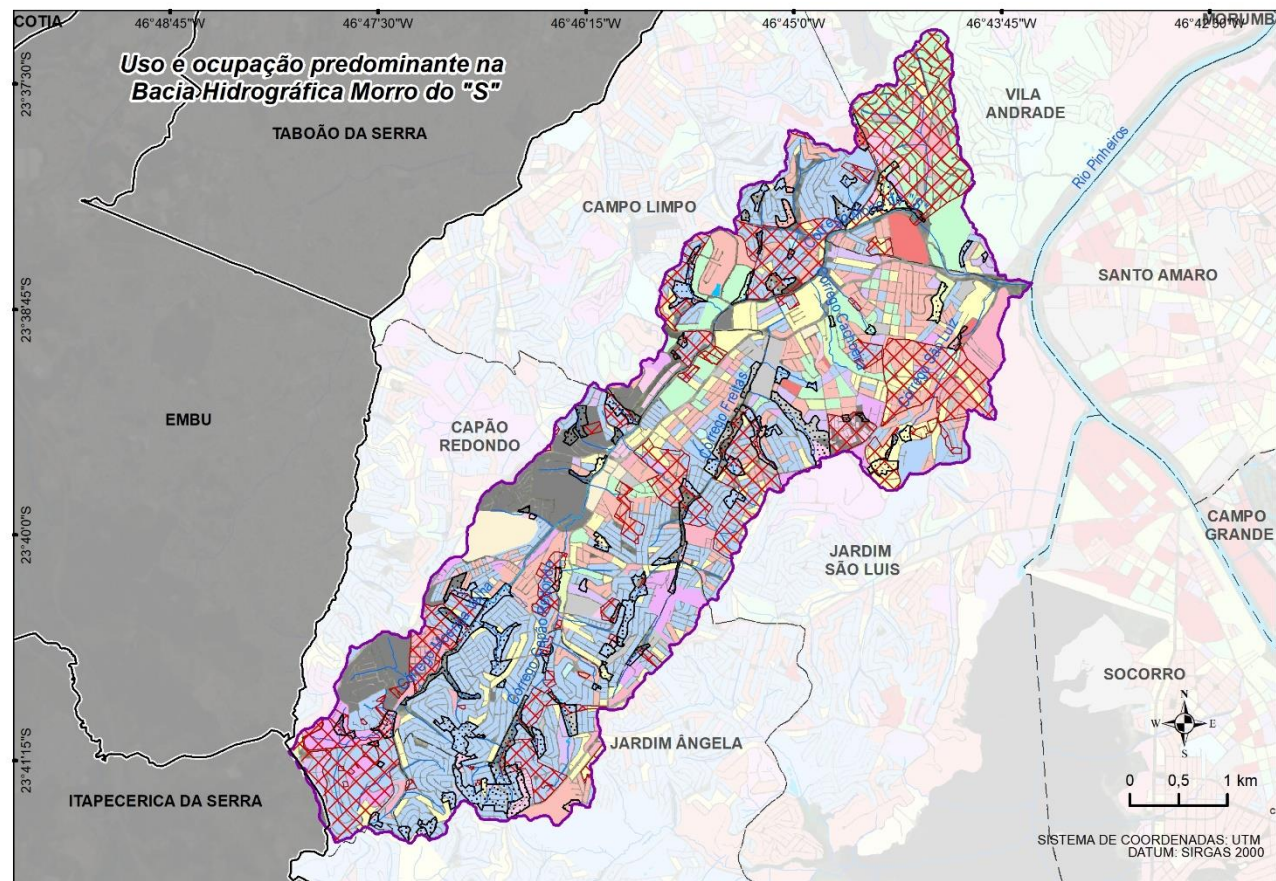
tipologias presentes na ocupação da bacia do Morro do “S”. Em contrapartida, a taxa do solo ocupado por equipamentos públicos e escolas são extremamente baixos, representando 2,3% do uso do solo.

Tabela 4 - Tipologias do uso de solo predominantes na Bacia Hidrográfica Morro do “S”

Uso do Terreno	(%)
Residencial horizontal baixo padrão	39,9%
Residencial horizontal médio/alto padrão	12,9%
Residencial e Comércio/serviços	9,9%
Residencial vertical médio/alto padrão	9,8%
Sem informação	6,9%
Comércio e serviços	4,9%
Outros / Sem predominâncias	3,0%
Residencial vertical baixo padrão	3,6%
Residencial e Indústria/armazéns	2,4%
Terrenos vagos	2,3%
Equipamentos públicos	2,0%
Indústria e armazéns	1,2%
Comércio/serviços e Indústria/armazéns	1,0%
Escolas	0,3%
Total	100

Fonte: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU, 2016). Org: Da autora (2022)

Os dados de predominância do solo, ilustrados na **Figura 14** refletem a alteração da dinâmica do processo de ocupação do solo que ocorreu desde a criação dos bairros, na metade do século XX. É possível notar também que a sobreposição dos loteamentos irregulares e os aglomerados subnormais coincidem com a ocupação das residências horizontais e verticais de baixo padrão, e na porção norte da bacia, com os condomínios verticais de médio/alto padrão.



LEGENDA

Limite Municipal	Uso do solo predominante	Comércio e serviços	Equipamentos públicos
Limite Distrito	Residencial horizontal baixo padrão	Indústria e armazéns	Escolas
Bacia hidrográfica Morro do "S"	Residencial horizontal médio/alto padrão	Residencial e Comércio/serviços	Terrenos vagos
Massa d'Água	Residencial vertical baixo padrão	Residencial e Indústria/armazéns	Outros / Sem predominâncias
Curso d'Água	Residencial vertical médio/alto padrão	Comércio/serviços e Indústria/armazéns	Sem informação
Aglomerado subnormal			
Loteamento irregular			

Fonte:
GEOSAMPA, 2022;
IBGE, 2020; SMUL, 2016
Org: Beatriz Furtunato da Silva, 2022

Figura 14 - Uso e Ocupação predominante da Bacia do Morro do "S".
Fonte: GEOSAMPA, 2022; IBGE, 2020; SMUL, 2016. Org: Da autora (2022)

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Bacia Hidrográfica como unidade de estudo

A bacia hidrográfica é um elemento espacial muito estudado em pesquisas do meio físico, principalmente no que tange à alçada do ensino e pesquisa geográfica, é também referencial de grande parte da legislação e do planejamento ambiental e territorial brasileiro. Rodrigues e Adami (2005) definiram bacia hidrográfica como:

“(...) um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas da água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais.” (RODRIGUES, C; AMAMI, S; 2005)

Este recorte da perspectiva formadora de territórios fora instituída através da Política de Nacional de Recursos Hídricos, a partir da promulgação da Lei Federal nº 9.433 1997, sendo posteriormente empregado na Lei Federal nº 11.445/2007, além da Lei nº 12.651 de 2012 e, em normativas derivadas da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que bacias hidrográficas também se configuram como unidades territoriais adotadas para fins de planejamento da gestão hídrica do Brasil.

De acordo com Carvalho (2020), a criação do território de bacias hidrográficas formadas a partir de divisores de águas, nos permite analisar sistemicamente fatores e elementos das relações ambientais, bem como as dinâmicas sociais e econômicas a partir da disponibilidade e consumo da área de estudo.

“A bacia hidrográfica é definida como a unidade de planejamento e gestão das águas, considerando a integração e a influências dos diversos elementos componentes desse recorte espacial aos recursos hídricos. Deste modo, destaca-se que para que a gestão desses recursos hídricos seja efetiva, esta deve ser desenvolvida de forma integrada, considerando todos os aspectos físicos, sociais e econômicos localizados na área de sua bacia hidrográfica.” (CARVALHO, A., 2020)

Portanto, para se delimitar a área de uma bacia hidrográfica, deve-se levar em consideração a distribuição espacial do conjunto dos processos envolvidos em todos os seus subsistemas, compreendendo o volume de água em todos os seguimentos relativos ao funcionamento de uma rede fluvial, além de todos os conflitos sócio-políticos-econômicos que se desenvolvem e reproduzem-se no território delimitado.

4.2 Inundações, Enchentes, Alagamentos, Enxurrada e Eventos extremos de precipitação

As enchentes e inundações representam um dos principais tipos de desastres naturais que afligem constantemente diversas comunidades, principalmente em áreas e situações de vulnerabilidade, tanto em áreas rurais quanto urbanas.

Caracteriza-se como inundação ou enchente eventos naturais que ocorrem nos eixos fluviais, onde são problemas geoambientais derivados de fenômenos de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográficas relacionados com a quantidade e intensidade da precipitação atmosférica (AMARAL E RIBEIRO, 2015), e também pode ser entendida como um processo geomorfológico existente mesmo em condições de pré-perturbação (ROSRIGUES, 2015), além de estar associado à ocupação antrópica, em especial quanto à impermeabilização da superfície e alcance da água em sistemas viários impedindo a circulação de veículos.

Os atributos que subsidiam a ocorrência das enchentes e inundações estão relacionados à intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfológicas da bacia hidrográfica e de drenagem.

Nas áreas urbanas, há um crescimento gradual destes fenômenos pela ação antrópica direta no manejo e ocupação do solo, como a impermeabilização do solo, a retificação e assoreamento de cursos d'água, e a ocupação em áreas de proteção permanente.

Segundo o IPT (2007), o fenômeno de enchentes pode ser entendido como um acontecimento que antecede à inundação, pois são definidas pela elevação do nível d'água do canal de drenagem até sua cota máxima, porém sem gerar o extravasamento do canal devido ao aumento de vazão. Entretanto, quando ocorre o transbordamento do canal de drenagem, atingindo a planície de inundação ou áreas de várzea e ocupando espaços não habituados, caracteriza-se como inundação. Rodrigues (2015) caracteriza o episódio de enchente como uma interação social que expõe certos grupos e produz riscos.

De acordo com Amaral e Ribeiro (2015), em áreas urbanas, além dos acontecimentos de enchentes e inundações, existem os conceitos de alagamento e enxurrada, que segundo o IPT (2007), definiu alagamento como sendo o “acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem”, e as enchentes como o “escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais”. A **Figura 15** ilustra o esquema esquemático do processo que envolve enchente e inundação.



Figura 15 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação
Fonte: Min. Cidades/IPT (2007) apud. Amaral e Ribeiro (2015).

Mesmo com as distintas definições, os processos hidrológicos destes fenômenos são dinâmicos e em um mesmo curso d'água pode ocorrer o aparecimento de todos estes eventos. Além dos condicionantes naturais, os processos de inundação, enchente, alagamento e enxurrada também envolvem as deficiências no sistema de drenagem no meio urbano.

Um estudo realizado por Santos e Galvani (2019), coloca a análise de eventos extremos de precipitação como sendo um atributo importante de planejamento para a prevenção e previsão de desastres naturais, quando se levado em conta a região e metodologia a ser estudada. Define-se assim um evento extremo como “um termo usado em climatologia para os maiores ou menores valores de um parâmetro meteorológico específico para o período em análise” (DUNLOP, 2008, apud SANTO E GALVANI, 2019). No entanto, há diferenciações enquanto a processão de eventos e episódios extremos de chuva, um sendo considerado um evento fora dos padrões estatísticos meteorológicos para aquela região, e outro como sendo oriundo de natureza geográfica, envolvendo a produção desigual espacial (SANTOS E GALVANI, 2019). No caso do município de São Paulo, a ocorrência de enchentes e inundações é atribuída a uma complexidade de fatores, oriundas de causas antropogênicas e naturais, segundo Ross (2001) algumas características do município são determinantes para a ocorrência destes eventos pluviométricos catastróficos que assolam a população, principalmente as que se encontram em vulnerabilidade econômica-social, como por exemplo os índices pluviométricos altos com chuvas intensas no verão, a ocupação urbana das planícies marginais aos córregos e rios e aos fundos de vale e a impermeabilização do solo excessiva na área urbana ocupada.

Contudo, existem alternativas estruturais e não estruturais capazes de controlar ou prevenir

eventos críticos de inundação mesmo em contextos de intensa ocupação da malha urbana. Essas medidas estruturais, que procedem a avaliação a partir de modelos hidrológicos, hidráulicos e de uso de solo, podem envolver obras de engenharia de contenção, canalização, construção de parques lineares, entre outros, e as medidas não estruturais inclui a elaboração de um planejamento consistente de política pública, como o zoneamento urbano, sistemas de alertas e monitoramento, sempre levando em consideração que não se deve ampliar a cheira natural de um curso d'água (DECINA E BRANDÃO, 2016).

5. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

5.1 Espacialização de chuvas na bacia

Segundo Perez (2013), a modificação da cobertura do solo nas metrópoles afeta o micro clima de determinado local, por ser modificador do ciclo hidrológico natural, podendo as chuvas causar eventos extremos em áreas urbanizadas e eventualmente este evento se tornar um desastre. Considera-se um desastre uma grave perturbação do desempenho de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais que seus prejuízos extrapolam a capacidade dos afetados em suportar as perdas com seus próprios recursos (TOMINAGA, 2015).

Para o estudo do regime pluviométrico da bacia do Morro do “S”, foram levantados os dados de estações pluviométricas locadas em um raio de 3 quilômetros da área de estudo e com o maior número de medições entre os meses durante o ano, entre o período de 2016 a 2021 - intervalo temporal de maior consistência de medições. Dentre essas estações quase todas são estações automáticas monitoradas diariamente pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), e uma estação monitorada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), na qual pertence a Rede Hidrológica Básica do Estado de São Paulo, iniciada na década de 1880 e tem função de definir a oferta de água, espacial e temporal.

Já o Cemaden foi criado como decreto em 2011, e em 2016 foi instituído como Instituição Científica e Tecnológica (ICT) integrante do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), e tem como objetivo desenvolver e disseminar conhecimentos científico-tecnológicos e realizar o monitoramento e a emissão de alertas para auxiliar a gestão de riscos e impactos de desastres naturais. Os pluviômetros automáticos, que compõem a Rede de Monitoramento Ambiental do Cemaden, propõem-se medir a quantidade e a intensidade das chuvas que possam deflagrar deslizamentos de terra, inundações e enxurradas (CEMADEN, 2019).

Portanto, dados de chuvas diárias de 12 estações pluviométricas automáticas foram sistematizados a fim de se obter a precipitação média anual espacializada da bacia. Os dados básicos das estações pluviométricas usadas para o estudo são apresentados na **Tabela 5**, destacando as suas respectivas localizações.

Tabela 5 - Estações Pluviométricas analisadas no entorno da bacia hidrográfica do Morro do “S”

Nome Estação	Código	Operadora	Latitude S (°)	Longitude O (°)
SÃO PAULO_Campo Limpo	2346756	Cemaden	-23,65	-46,76
SÃO PAULO_Capão Redondo	2346760		-23,65	-46,79
SÃO PAULO_Capão Redondo2	2346738		-23,69	-46,77
SÃO PAULO_Jardim Angela	2346702		-23,67	-46,77
SÃO PAULO_Jardim Eledy	2346768		-23,70	-46,79
SÃO PAULO_Jardim São Luis	2346686		-23,65	-46,73
SÃO PAULO_Parque Morumbi	2346763		-23,67	-46,73
SÃO PAULO_Pirajussara	2346764		-23,62	-46,78
SÃO PAULO_Santo Amaro Paulista	2346710		-23,64	-46,71
SÃO PAULO_Vila das Belezas	2346691		-23,65	-46,74
TABOÃO DA SERRA_Jardim Vila Sônia	2346779	DAEE-SP	-23,62	-46,78
Santo Amaro	2346057		-23,65	-46,70

Fonte: Cemaden, 2022, DAEE-SP, 2022.

No sentido de chegar ao dado de precipitação média anual, foram descarregados os dados mensais e por ano - 2016 a 2021 - na base do Cemaden e do DAEE, e posteriormente realizado um agrupamento anual, com finalidade de obtenção da média. A sistematização dos dados e suas implicações, bem como as informações elaboradas para a espacialização de chuvas na bacia serão apresentadas mais adiante na seção “6 – Resultados e Discussões”.

No sentido de chegar ao dado de precipitação média anual, foram descarregados os dados mensais e por ano - 2016 a 2021 - na base do Cemaden e do DAEE das 12 estações indicadas no “Capítulo 5” afim de se obter a espacialização de chuvas anual na bacia, e posteriormente realizado um agrupamento anual, com objetivo de obtenção da média. Contudo, mesmo no período considerado por apresentar uma certa consistência nos dados, algumas estações apresentaram falha na medição das precipitações do período, o que pode indicar uma potencial quebra de aparelho na data da medição.

As estações de distância do raio de 3 km da bacia situam-se predominantemente no município de São Paulo, com exceção a estação TABOÃO DA SERRA_Jardim Vila Sônia (2346779), e as estações que estão localizadas dentro do perímetro da bacia do Morro do “S” são as estações SÃO PAULO_Campo Limpo, SÃO PAULO_Capão Redondo, SÃO PAULO_Capão Redondo2 e SÃO PAULO_Vila das Belezas.

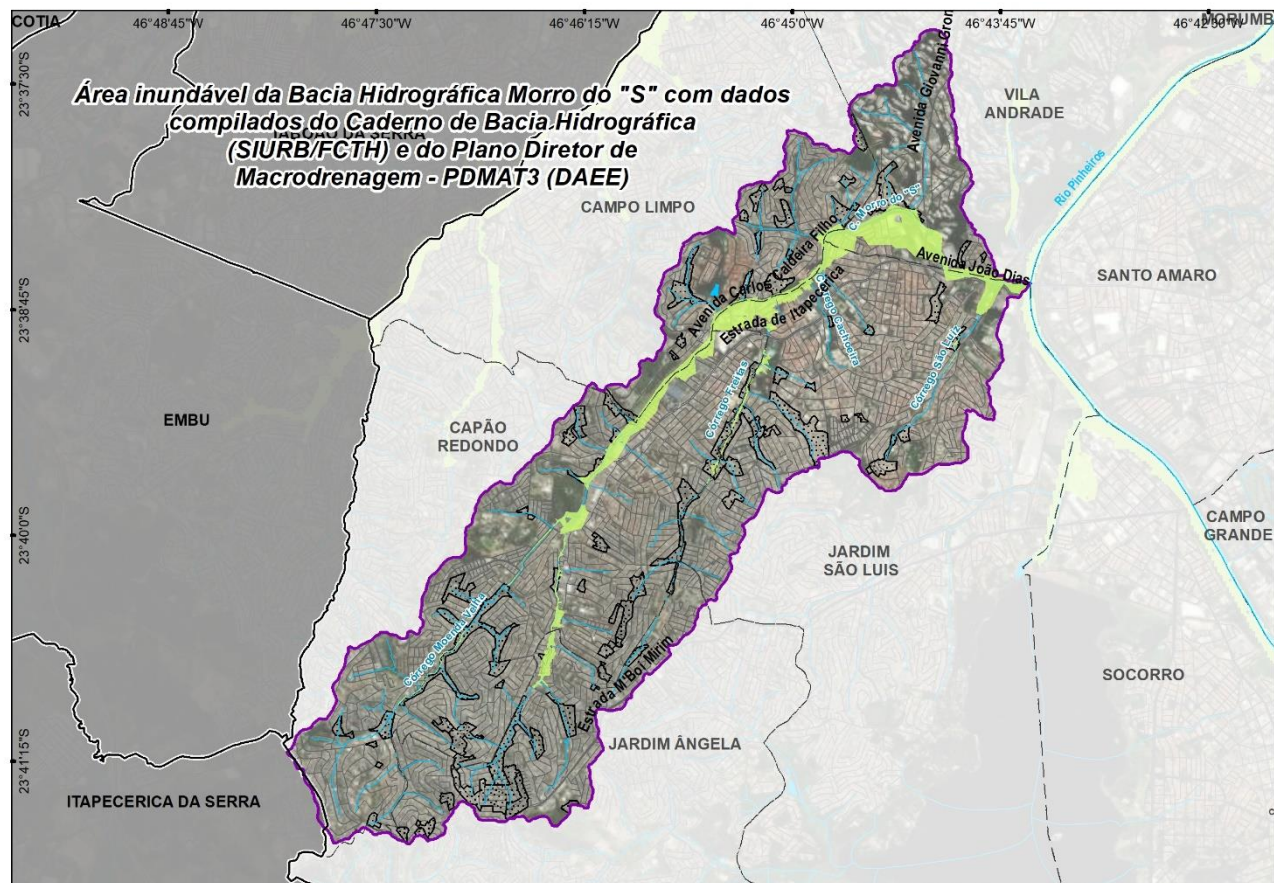
a partir da série histórica dos dados de chuva média mensal das estações pluviométricas analisadas, foi possível construir os mapas de isoietas da precipitação média anual e da espacialização do regime de chuvas na bacia usando o método de interpolação da Ponderação

do Inverso das Distâncias (*Inverse Distance Weighting – IDW*) no software de geoprocessamento QGIS. Este método prediz um valor para um local não medido baseado nos valores amostrados em sua volta, tendo um maior peso que os valores mais distantes, fazendo com que a influência em um ponto novo diminua na medida em que a distância entre o ponto conhecido aumente (JAKOB E YOUNG, 2006).

5.2 Áreas inundáveis

Na bacia do córrego Morro do “S” foram identificados polígonos de áreas de inundação após estudos hidrológicos e levantados em campo realizados pela Secretaria de Infraestruturas Urbana e Obras (SIURB), Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) e usando de base o Plano de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê 3 (DAEE).

Como indicado na **Figura 16**, as áreas de inundação indicadas pela SIURB/FCTH (2016) localizam-se ao longo dos principais canais de drenagem de forma pontual, sendo elas no Córrego Moenda Velha, Córrego Capão Redondo, Córrego Freitas, Córrego São Luiz e no Córrego Morro do S até sua foz no Rio Pinheiros. Na figura também é possível observar que a maioria das favelas e ocupações (chamados pelo IBGE de aglomerados subnormais) situados na bacia se sobrepõem as manchas de inundação, bem como estão situadas importantes vias de ligação da cidade, como o caso da Avenida Carlos Cadeira Filho e a Avenida João Dias.



LEGENDA

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| Limite Municipal | Bacia hidrográfica Morro do "S" |
| Limite Distrito | Massa d'Água |
| Arruamento | Curso d'Água |
| Aglomerado subnormal | Área inundável |

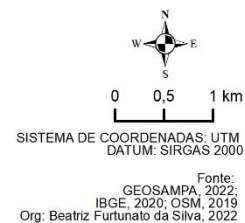


Figura 16 - Área inundável da Bacia Hidrográfica Morro do "S" de acordo com o estudo hidrológico realizado pela SIURB/FCTH.

Fonte: SIURB/FCTH (2016); IBGE, 2020; Org: Da autora (2022)

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Distribuição média anual de chuvas na bacia

A somatória anual dos anos do período histórico, bem como a média resultante anual são apresentados na **Tabela 5**. Entretanto, como refinamento das informações, e para manter a afinidade da relação com a característica locacional da bacia, foram desconsiderados os dados de 03 estações pluviométricas: SÃO PAULO_Capão Redondo, SÃO PAULO_Pirajussara e Santo Amaro, por apresentarem dados de chuvas discrepantes com a média anual do município como um todo. As estações citadas encontram-se destacadas na **Tabela 6**.

Tabela 6 - Dados pluviométricas anuais e média anual das estações analisadas no período de 2016 a 2021.

Estação	2016 (mm)	2017 (mm)	2018 (mm)	2019 (mm)	2020 (mm)	2021 (mm)	Média Anual (mm)
SÃO PAULO_Campo Limpo	1008,2	663,12	566,21	1698,19	1087,36	1239,88	1.043,8
SÃO PAULO_Capão Redondo	490,89	-	317,92	1301,03	1137,14	1154,63	880,3
SÃO PAULO_Capão Redondo2	512,38	-	-	-	764,3	643,28	640,0
SÃO PAULO_Jardim Angela	866,9	1070,91	595,29	1231,75	559,51	-	864,9
SÃO PAULO_Jardim Eledy	1397,94	1524,17	648,87	1405,04	1359,81	1163,02	1.249,8
SÃO PAULO_Jardim São Luis	1438,86	1142,57	1163,11	1181,58	-	-	1231,5
SÃO PAULO_Parque Morumbi	1117,31	977,36	730,33	1051,88	750,27	670,43	882,9
SÃO PAULO_Pirajussara	-	645,38	572,98	-	622,97	712,39	638,4
SÃO PAULO_Santo Amaro Paulista	1347,47	1444,62	950,32	464,66	1061,57	1069,18	1.056,3
SÃO PAULO_Vila das Belezas	1253,15	1056,12	-	444,88	1174,07	858,85	957,4
TABOÃO DA SERRA_Jardim Vila Sônia	1485,76	1596,72	1172,25	1549,36	465,51	1261,35	1.255,2
SANTO AMARO	103,8	436,9	137,1	746,7	113,8	-	307,66

Fonte: Cemaden, 2022, DAEE-SP, 2022. Org da precipitação média: Da autora (2022)

Desconsiderando as estações que apresentaram inconsistências nas medições, é possível notar que a precipitação média anual do período analisado é de aproximadamente de 1.050 mm, variando entre 865 mm e 1.255 mm, contudo, ainda muito aquém da média histórica anual do município de São Paulo.

Na **Figura 17** é apresentado a variabilidade espacial da precipitação média anual na bacia hidrográfica do Morro do S, bem como as estações pluviométricas analisadas. Pelo resultado defasado resultante da média pluviométrica anual computado pelas estações estudadas, pode-se notar uma nítida diferença na distribuição do volume precipitado, sendo que os maiores

volumes de chuva ocorrem na porção central da bacia, local onde não ocorrem as frequentes inundações em relação as extremidades. Contudo, embora os setores noroeste e sul que representam as regiões de cabeceiras da bacia, e também as áreas de maior altitude estudada, não apresentem configuração para acumulação de água tão significativa quanto às demais, pode indicar a retroalimentação de cabeceiras que avançam para jusante nas áreas mais alagáveis.

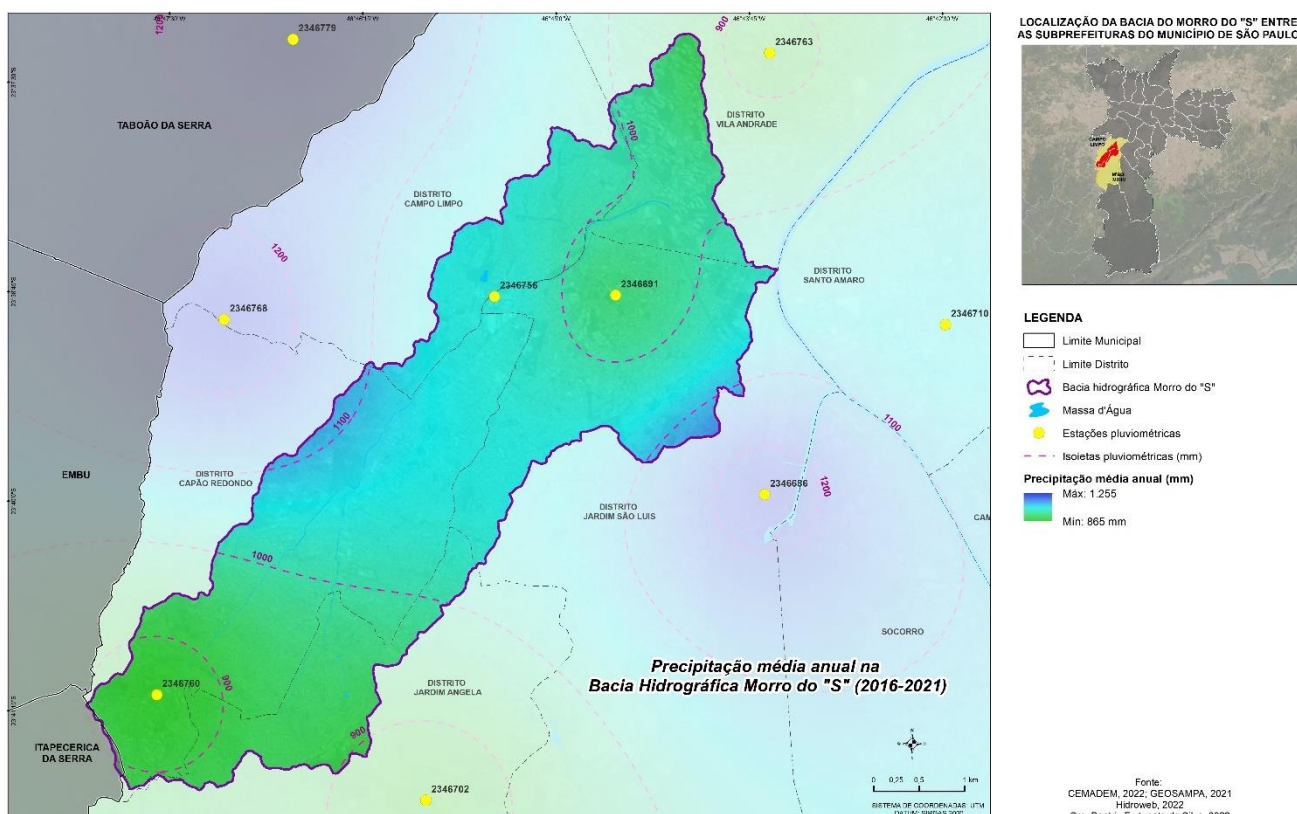


Figura 17 - Precipitação média anual na bacia hidrográfica do Morro do “S” com base nas medições realizadas pelas estações pluviométricas do CEMADEN (2016-2021)
Elaboração: Da autora (2022).

6.2 Estudo de caso – 29 de Dezembro de 2020

Com base nos dados coletados pela estação SÃO PAULO_Capão Redondo (2346691) situada próximo a Avenida Carlos Caldeira Filho, foi possível validar o fato anunciado na reportagem realizada pela Agência Mural, apresentada no item 5.2 do texto, de que o dia 29 de dezembro de 2020 ocorreu a maior inundação que a população sofreu nos últimos anos, pois entre as 21:00 hrs e 22:00 hrs a estação captou cerca de 73 mm de volume de chuva, valor extremamente alto para um evento de precipitação, sendo considerado crítico principalmente para áreas de impermeabilidade do solo, como pode ser observado na **Tabela 7**.

Tabela 7 - Dados pluviométricas coletados pela estação SÃO PAULO_Capão Redondo em 29 de dezembro de 2020.

Nome da Estação	Código	Data	Hora	Medida (mm)
SÃO PAULO_Capão Redondo	2346691	29/12/2020	18:00:00.0	0
		29/12/2020	19:00:00.0	0
		29/12/2020	20:00:00.0	0
		29/12/2020	21:00:00.0	0
		29/12/2020	21:10:00.0	13,67
		29/12/2020	21:20:00.0	13,21
		29/12/2020	21:30:00.0	18,1
		29/12/2020	21:40:00.0	12,19
		29/12/2020	21:50:00.0	9,76
		29/12/2020	22:00:00.0	6,3
		29/12/2020	22:10:00.0	3,55
		29/12/2020	22:20:00.0	0,79
		29/12/2020	22:30:00.0	0,39
		29/12/2020	22:50:00.0	0,2
		29/12/2020	23:00:00.0	0
		29/12/2020	23:20:00.0	0,39
		29/12/2020	23:30:00.0	0,2
		29/12/2020	23:40:00.0	0,98
		29/12/2020	23:50:00.0	1,77

Fonte: Cemaden (2022)

6.2.1 Contexto sinótico do evento extremo

Como forma de ilustrar o evento extremo citado na bacia, e dar base para a análise do contexto geral do ocorrido, foram levantados os boletins técnicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) elaborados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do dia 29 de dezembro de 2020, bem como imagens de dois satélites meteorológicos.

Na análise da carta sinótica (**Figura 18**) realizada a partir da imagem do satélite geoestacionário (que acompanha o movimento terrestre) GOES 16 a Nível 250 hPa obteve-se o seguinte comentário:

“Na análise da carta sinótica de 250 hPa da 00 UTC do dia 29/12, nota-se um padrão de escoamento típico de verão sobre grande parte do continente. Pode-se observar um amplo escoamento anticiclônico, associado a Alta da Bolívia, que se estende por grande parte do centro do continente. À nordeste do anticiclone, nota-se a presença de um escoamento ciclônico relacionado ao Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN). A interação entre os dois sistemas mencionados favorece a difluência do escoamento sobre parte da Região Norte e parte de GO, o que combinado com a termodinâmica, contribui para a atividade convectiva notada na imagem de satélite. Outro VCAN é notado sobre

o Oceano Atlântico, a leste do RS e Uruguai, associado ao ciclone em superfície.

(...)

Na análise da carta sinótica de superfície da 00 UTC do dia 29/12, observa-se um centro de baixa pressão com valor de 1008 hPa denominada Tempestade Subtropical Oquirá. Frentes frias atual ao sul de 35°S sobre o Oceano Pacífico e ao sul de 45°S no Atlântico.” (CPTEC, 2020)

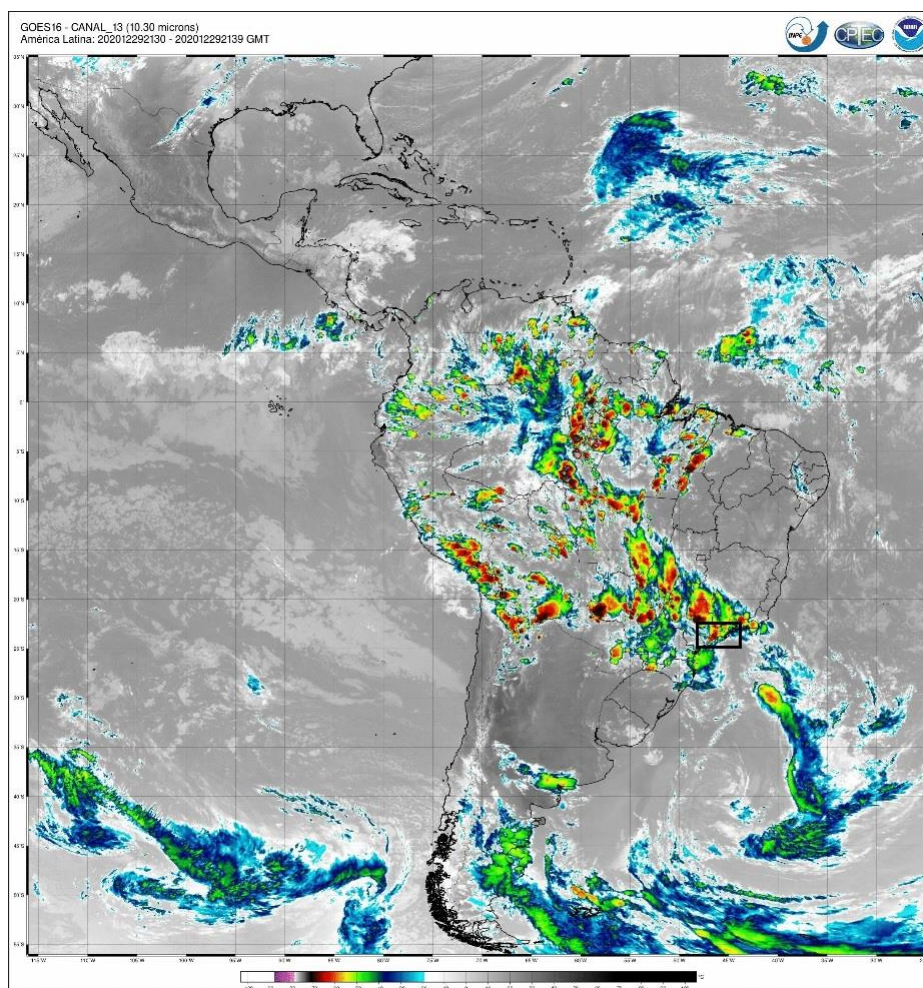


Figura 18 - Carta sinótica captada pelo Satélite Goes 16 em 29 de dezembro de 2020, às 21h30.

Fonte: CPTEC, 2022.

Como indicado na análise do boletim, o dia de estudo apresentou um escoamento generalizado pelo continente, inclusive captado pela imagem do Satélite GOES 16, que segundo o CPMET – UFPEL (Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas, 2022), a imagem do GOES 16 representa a temperatura de brilho do canal 13, na qual é obtida pela conversão da emissão de energia emitida pelas nuvens a partir da Lei de Planck, e portanto, quanto menor a temperatura significa que há nuvens mais profundas que podem gerar tempestades ($< -40^{\circ}\text{C}$, representadas pelas cores verde, amarelo e vermelho). As tonalidades amarela e vermelha representam um

risco potencial de tempestades e/ou chuva forte.

A **Figura 18** indica o retângulo do contexto da região de estudo, e apresenta a área inteiramente composta pelas tonalidades verde, amarelo e vermelho, o que indica formação de tempestades. A imagem captada pelo satélite METEOSAT 9 (**Figura 19**), no qual é capaz de determinar a quantidade de vapor de água presente no topo da atmosfera, determinar temperatura do topo das nuvens e da superfície do oceano, além de alimentar os modelos numéricos de previsão do tempo, também apresenta um carregamento de nuvens gerenalizado na região de estudo (EMBRAPA, 2022), indicado pelo retângulo.

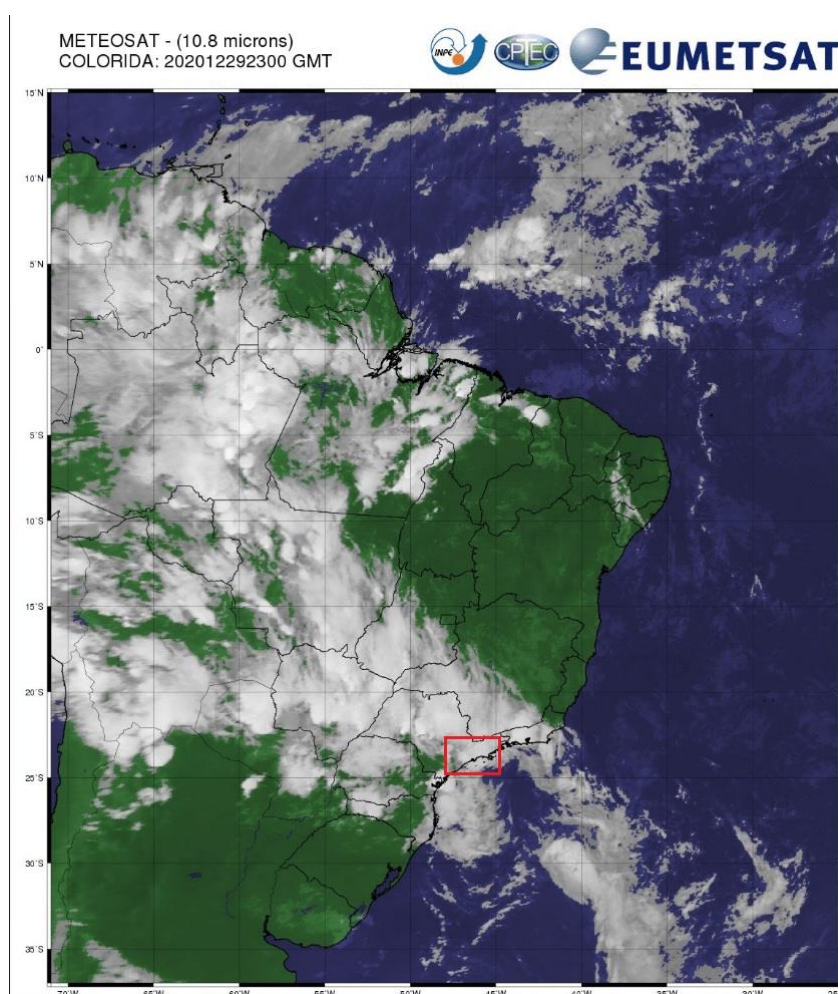


Figura 19 - Imagem captada pelo Satélite METEOSAT 9 em 29 de dezembro de 2020, às 23h00.

Fonte: Copyright 2010-2012 EUMETSAT; CPTEC, 2022.

Não por acaso, entre os anos de 2016 a 2021, das 95 ocorrências registradas referentes à alagamento e inundação registradas pelos munícipes e registrados pela Defesa Civil e localizados na Bacia Hidrográfica do Córrego do Morro do “S”, 10 foram solicitadas no dia 29 de dezembro de 2020, dia no qual possui o maior número de ocorrências do histórico.

Pelo levantamento dos registros realizados neste período na Defesa Civil, também é possível observar um maior agrupamento de ocorrências de alamentos e inundações ao longo dos córregos Morro do “S”, Moenda Velha, Capão Redondo, Freitas e todos os afluentes que afluem nestes córregos. Lamentavelmente, essas ocorrências também se sobrepõem as ocupações de residências horizontais de baixo padrão e aos aglomerados subnormais da bacia, além de acompanhar os techos canalizados ou não do córrego Morro do “S” na Avenida Carlos Caldeira Filho .

A **Figura 20** apresenta a espacialidade das ocorrências registradas entre o período de 2016 a 2021, bem como o padrão de solo das residências horizontais de baixo padrão e os aglomeraodos subnormais como forma de indicar que a população que encontra-se mais vulnerável socio-economicamente é a que mais sofre com os eventos críticos de chuva e as consequências de ocupar uma região de intensa impermeabilidade e precárias condições de bem-viver.

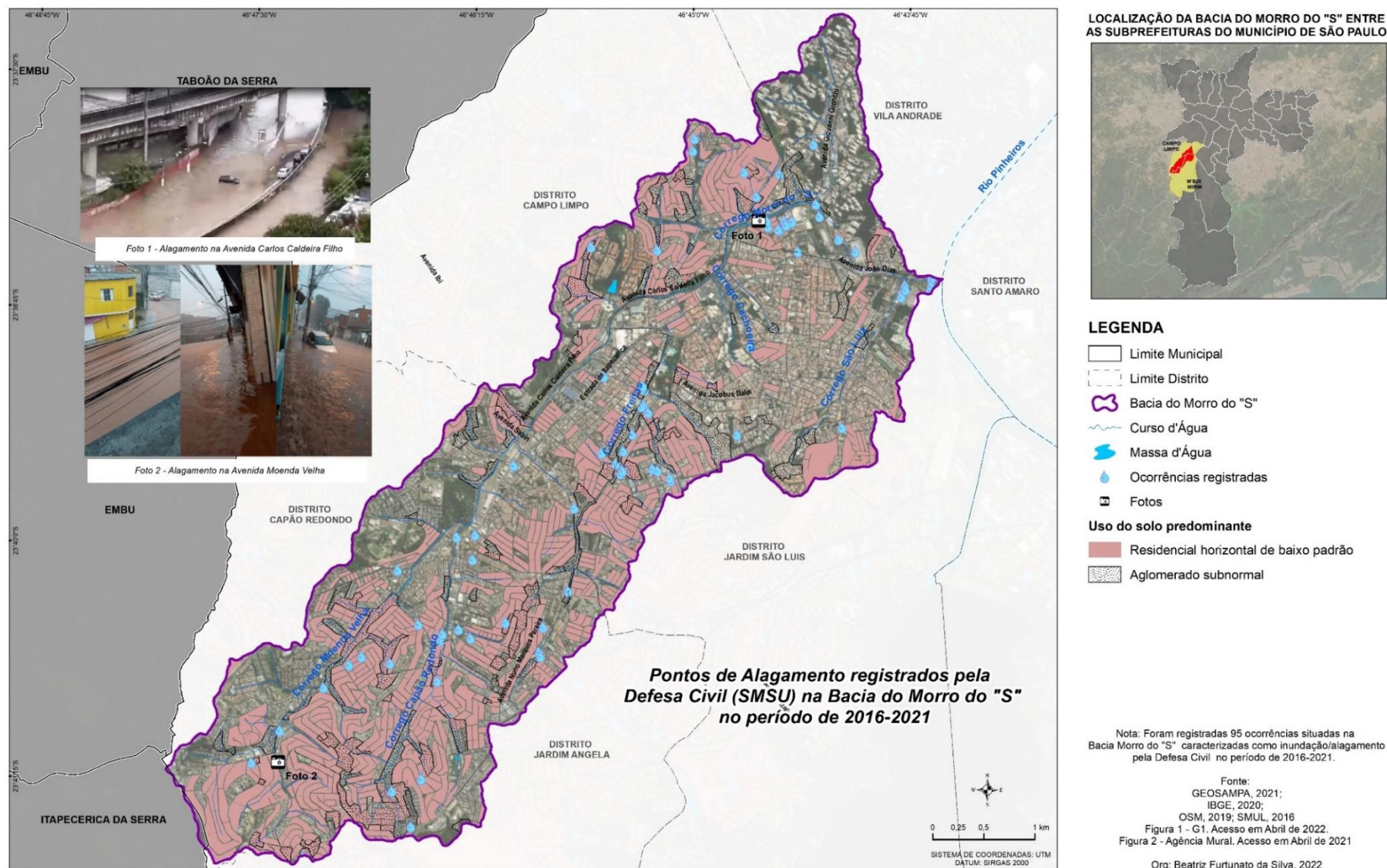


Figura 20 - Distribuição espacial dos pontos de alagamentos e a ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Morro do "S".
Org: Da autora (2022)

Ainda como base as ocorrências de inundação e alagamento estudadas na bacia e espacializando esses pontos pela distribuição de densidade, resultando em um mapa de calor, temos que próximo a foz do córrego do Morro do “S” é onde ocorre os maiores índices de inundação historicamente, seguido da porção central do córrego Freitas, afluente da margem direita do Morro do “S”, como pode ser visto na **Figura 21** que distribui esses pontos com base na densidade.

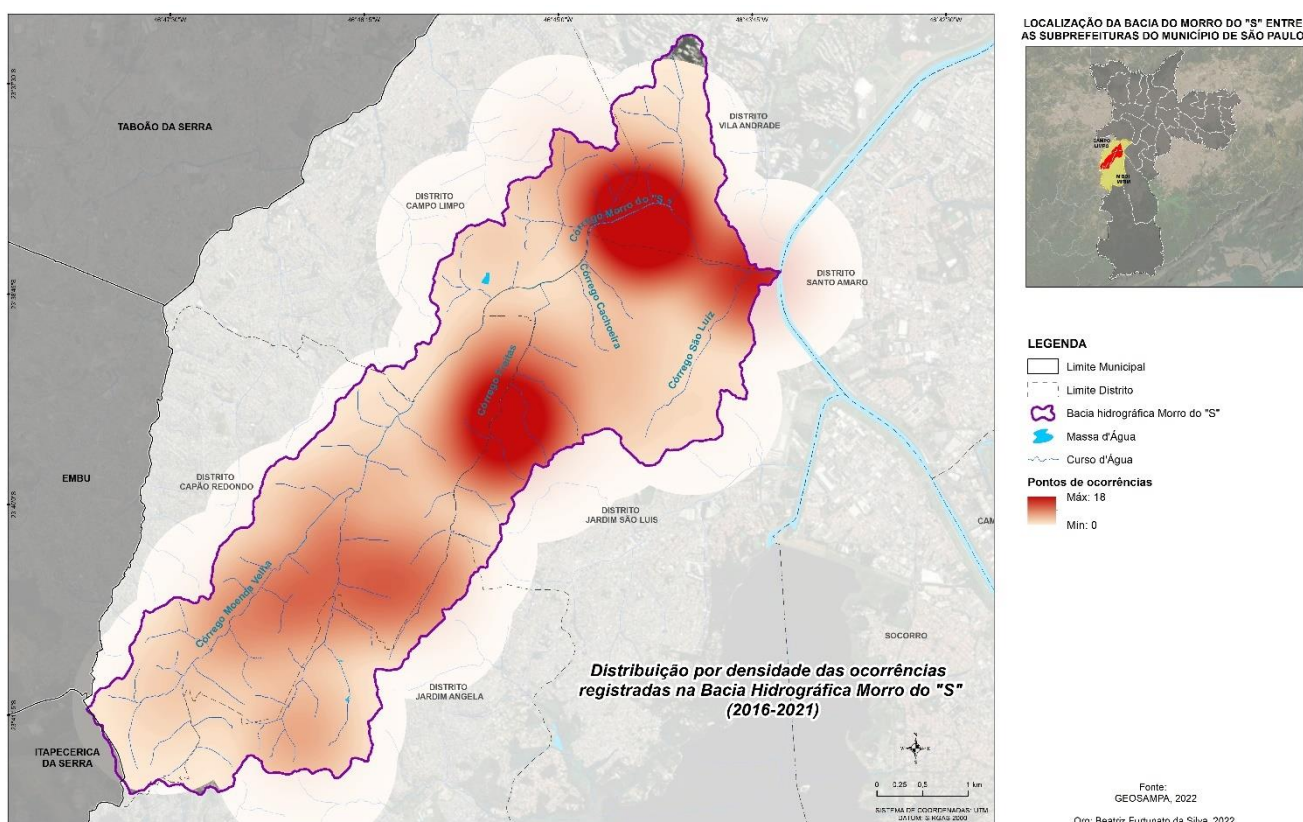


Figura 21 - Distribuição por densidade das ocorrências registradas na Bacia Hidrográfica Morro do "S" (2016-2021)

Fonte: SMUL, 2022. Org: Da autora (2022)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como apresentado, durante o percurso da análise do território da Bacia Hidrográfica do Morro do “S”, pode-se observar uma intensa ocupação e impermeabilização do solo, sendo principalmente caracterizada por residências de baixo padrão, pouca vegetação, planícies aluviais coincidindo com as áreas inundáveis levantadas pelo Plano de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê 3 e pelo Plano de Bacias do Morro do “S”, vias de intensa mobilidade construída sobre os córregos e a presença de 94 aglomerados subnormais, caracterizados como favelas, com mais de 31 mil domicílios inseridos nessa situação, a maioria locados nas margens do córrego Morro do “S” e seus afluentes.

Com base nas ocorrências registradas pelos munícipes da área de estudo, foi possível identificar 2 regiões da bacia com maior número de eventos de inundação, sendo considerados as áreas mais críticas do território, sendo eles o contemxto das proximidades da jusantes do córrego Morro do “S”, por onde percorre a Avenida Carlos Caldeira Filho, e a região central do córrego Freitas, contribuinte da margem direita do Morro do “S”.

A situação sinótica, do dia 29 de dezembro de 2020, dia que os residentes apresentaram o maior número de ocorrências de inundação da bacia, apresentou um escoamento generalizado e carregado, indicando que os eventos de chuva intensa no período do verão assolam a população com situações de cheias altamente perigosas a vida humana da região. Mesmo apresentando casos de eventos extremos como este, os episódios de inundações na bacia ocorrem não só nos momentos de eventos fora dos padrões estatísticos, mas também pela produção desigual do espaço ocupado.

O Caderno de Bacia Hidrográfica (2016), prevê a construção de reservatório de armazenamento, Parques lineares com função de reservação, canalização e túneis de controle de vazões para os córregos Capão Redondo, Moenda Velha, Freitas, São Luíz e Morro do “S”, contudo, como apresentado na matéria do item 5.2, a canalização do córrego Moenda Velha tinha sido realizada, entretanto não aguentou com a chuva ocorrida no dia 29 de dezembro de 2020, além de não terem sido encontrados nas pesquisas indícios de que essas outras medidas indicadas no Caderno tenha dado início até o dia fim da escrita desse estudo.

Os problemas das inundações urbanas, bem como as consequências do evento, são temas de planejamento de alta complexidade a serem resolvidos, contudo se faz necessário adotar uma abordagem preventiva do problema, e não só levando em consideração as áreas que já sofrem com as enchentes como também a implementação de obras de drenagem nas as áreas de cabeceiras, através de uma possível e adequada regulação do uso do solo assegurada pela

política pública, e efetuar a retirada da população favelada e de acentuada vulnerabilidade social que reside nas margens dos córregos que comumente inundam, para moradias seguras e que proporcionem melhores condições de bem viver.

Dessa forma, mesmo que não condizente com a ocupação histórica do município, é ressaltada a importância de se pensar a drenagem da bacia hidrográfica anteriormente à sua ocupação, e assim, planejá-la de forma a compatibilizar os usos do solo com o ciclo climático da região.

8. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. **A geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 1957.
- ALMEIDA, F.F.M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Geologia do Estado de São Paulo. Bol. IGG, 41:169-263, 1964.
- AMARAL, R. **Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (São Paulo/SP)**. Tese (Doutorado). FFLCH/USP. Depto. Geografia. São Paulo, 2020.
- AMARAL, R; RIBEIRO, R, R. **Inundação e Enchentes**. In: **Desastres Naturais – Conhecer para Prevenir**. Instituto Geológico. São Paulo, 2015.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988.
- CARVALHO, A. **Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento: Discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil**.
- CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Plano Diretor 2019-2022**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. São José dos Campos, 2019.
- METRO – COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. **Pesquisa Origem-Destino 2017 – 50 anos**. Secretaria Estadual dos Transportes Metropolitanos. São Paulo. 2019.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Breve Descrição das Unidades Litoestratigráficas Aflorantes no Estado de São Paulo**. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1: 750.000. 2006
- CPMET – UFPEL - Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas. **Satélite Goes 16 – Canal 13**. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/cppmet/satelite-goes-16/#>>. Acesso em: Mai. 2022
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geologia e recursos minerais do estado de São Paulo**: Sistema de Informações Geográficas - SIG. Rio de Janeiro, 2006.
- CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Boletim Técnico. Análise Sinótica: 29/12/2020-00Z**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>>. Acesso em Mai. 2022.
- CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Banco de Dados de Imagens – GOES 16**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic>> . Acesso em Mai. 2022.
- CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Banco de Dados de Imagens – Meteosat 9**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/meteosat.formulario.logic>>. Acesso em Mai. 2022.
- DECINA, T. G. T.; BRANDÃO, J. L. B.; **Análise de desempenho de medidas estruturais e**

não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana. Eng Sanit Ambiente. Vol. 21. 2016.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Pesquisa de Recursos Hídricos.** Disponível em: <<http://www.aplicacoes.daee.sp.gov.br/usuarios/DaeeWebDpo.html>>. Acesso em: Mar. 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **METEOSAT – Meteorological Satellite.** Satélites de Monitoramento. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/meteosat>>. Acesso em Mai. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas do Brasil: 1991-2020.** Brasília-DF, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA – IBGE. **Aglomerados Subnormais 2019: Classificação Preliminar para o enfrentamento à COVID-19, 2020.**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA – **Sinopse do Censo Demográfico de 2010 –** IBGE, 2011.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Carta Geotécnica do Município de São Paulo.** São Paulo, 1993.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Ministério das Cidades. Brasília, 2007.

JAKOB, A.A.E; YOUNG, A.F. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas.** Trabalho apresentado no XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. Minas Gerais, 2006.

JORGE, J. **São Paulo das Enchentes, 1890-1940.** Histórica. Revista Eletrônica do Arquivo do Estado. Edição nº47. São Paulo, 2011.

MELO, M.S.; CAETANO, S.L.V.; COIMBRA, A.M. **Tectônica e sedimentação na área das bacias de São Paulo e Taubaté.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34. Goiânia. Anais... Goiânia, SBG. v1, p.321-336, 1986.

MORATO, R. G.; MACHADO, R. P. P.; MARTINES, M. R. **Mapeamento da Justiça Ambiental e Racismo Ambiental na Bacia Do Córrego Do Morro do “S”, São Paulo/SP.** Geoambiente On-line, [S. l.], n. 30, 2018. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i30.51683. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/51683>. Acesso em Junho de 2021.

NOVAIS, G. T; GALVANI, E. **Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo.** Revista do Departamento de Geografia. Vol. 42. Universidade de São Paulo. 2022.

PEREZ, L. P. **Índice de vulnerabilidade urbana e alagamentos e deslizamentos de terra,**

em função de eventos extremos de clima, na Região Metropolitana de São Paulo: uma proposta de método. Tese (Doutorado). FFLCH/USP. Depto. Geografia. São Paulo, 2015.

RODRIGUES, C; ADAMI, S, F. **Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas.** In: Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório. Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

RODRIGUES, C. **Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano: o exemplo das planícies fluviais na metrópole de São Paulo.** GEOUSP (Online), São Paulo, v. 19, n. 2, 2015.

RODRIGUEZ, S.K. **Geologia urbana da Região Metropolitana de São Paulo.** Instituto de Geociências, USP: São Paulo, 1998.

ROSS, J. L. S. **Inundações e deslizamentos em São Paulo - Riscos da realção inadequada sociedade-natureza.** Revista Territorium. Vol. 8. 2001.

ROSSI, Marcio. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado.** São Paulo: Instituto Florestal, 2017.

SANTOS, D. D; GALVANI, E. **Proposta para Determinação de Eventos Extremos no Litoral Norte Paulista.** Revista Brasileira de Climatologia. Ano 15, Vol. 25. 2019.

SANTOS, F. A. **Inundações na cidade de São Paulo, uma construção social.** In: Histórica – São Paulo e Suas Águas: Passado e Presente. Vol. 62. São Paulo, 2014.

SÃO PAULO. **Modelo Digital de Elevação (MDE) do Estado de São Paulo obtido a partir da Base do GISAT (Cartas Topográficas na Escala 1:50.000).** Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2013.

SÃO PAULO. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **GeoSampa.** 2021. Disponível em: < http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx >. Acesso em: Maio e Junho de 2021.

SEABRA, O. C. L. **Meandros dos Rios nos Meandros do poder. Tietê e Pinheiros: Valorização dos Rios e das Várzeas na Cidade de São Paulo.** Tese (Doutorado). Depto. De Geografia. FFLCH/USP. São Paulo, 1987.

SVMA – SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E MEIO AMBIENTE. **Atlas Ambiental do Município de São Paulo.** Prefeitura do Município de São Paulo. São Paulo, 2004.

SVMA – SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E MEIO AMBIENTE. **Mapeamento Digital da Cobertura Vegetal do Município de São Paulo - Relatório Final.** São Paulo, 2020.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. **Os cimas “naturais”.** In: **Os climas na cidade de São Paulo – teoria e prática.** Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. FFLCH. São Paulo, 2001.

TOMINAGA, L. K. **Desastres Naturais: Por que ocorrem?.** In: **Desastres Naturais – Conhecer para Prevenir.** Instituto Geológico. São Paulo, 2015.