INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT)

GEOGRAFIA – BACHARELADO

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU-SARAPUÍ E AS INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS EM DUQUE DE CAXIAS (RJ)

KAYO MARCO DE SOUZA BALTHAZAR

Foz do Iguaçu, PR

2024

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT)

GEOGRAFIA – BACHARELADO

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU-SARAPUÍ E AS INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS EM DUQUE DE CAXIAS (RJ)

KAYO MARCO DE SOUZA BALTHAZAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador(a): Prof. Dr. Diego Moraes Flores.

Foz do Iguaçu, PR

2024

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

KAYO MARCO DE SOUZA BALTHAZAR

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU-SARAPUÍ: UMA ANÁLISE DA SUSCEPTIBILIDADE A INUNDAÇÕES E AS INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS NO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS, RJ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

_____

Orientador(a): Prof. Dr. Diego Moraes Flores

UNILA

_____

Prof. Dra. Márcia Aparecida P. S. Scheer

UNILA

_____

Prof. Dr. Paulo Miguel de Bodas Terassi

UNILA

Foz do Iguaçu, ___de _____de _____

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Esse trabalho é dedicado à minha mãe, que sempre esteve ao meu lado e me apoiou em todos os momentos da vida, dedico esse trabalho em memória dela.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço eternamente a minha mãe que com sua sabedoria me guiou em todos os momentos da vida e sei que segue me guiando para sempre.

Agradeço eternamente ao Pai Heitor, que com todo seu carinho e compreensão sempre me aconselhou e me guiou de forma espiritual nessa caminhada.

Agradeço a Alexandra Amorim, minha mãe de consideração que sempre esteve do meu lado, e a minha irmã Ana Carolina, que em todas as nossas conversas conseguiu passar o seu conhecimento, e juntamente dos debates me ensinou muita coisa e a todos os meus irmãos do terreiro que sempre me confortaram e me incentivaram.

Ao meu orientador Diego, que me ensinou muito sobre a área de geoprocessamento e sempre me atendeu de forma solícita, objetiva e profissional.

A professora Marcia que me auxiliou, me incentivou e me cativou a conduzir a minha linha de pesquisa sobre bacia hidrográfica, e em todas as suas aulas e conversas pelos corredores esteve me impulsionando.

Aos meus companheiros de casa, Cauê, Felipe e Ian, só tenho a agradecer pelos debates, conversas e diálogos em várias esferas do conhecimento que enriqueceram como pessoa. Também aos meus amigos Bruno Carcanholo e Guilherme Schuck que sempre estiveram ao meu lado durante toda a graduação e foram de extrema importância para minha graduação.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

RESUMO

O município de Duque de Caxias, caracterizado por um processo expressivo de urbanização, em sua maior parte devido a presença do setor industrial que fomentou o desenvolvimento socioeconômico dentro do território, começa a passar por problemas socioambientais devido à falta de um planejamento territorial integrado que atendesse todas as esferas do município, principalmente na questão hídrica, visto que enchentes afetam todo o seu território em períodos de grandes chuvas. Para isso é necessário compreender as características da bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí, na qual vem sofrendo com interferências antrópicas com o passar do tempo. Neste trabalho foi feito a análise de parâmetros morfométricos junto com o mapeamento da bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí para obter dados se esta é susceptível a inundações. Com isso, os principais resultados obtidos foram de que a bacia em sua forma possui baixa susceptibilidade a inundação, porém que está disposta a cheias, com isso pode-se observar nos resultados que o processo de urbanização de Duque de Caxias vem ocasionado interferências que estão atreladas a bacia hidrográfica em questão. Ademais, os resultados não descartam a disposição a cheias visto que as interferências antrópicas estão ligadas com a dinâmica fluvial da bacia e como esses fatores podem aumentar o risco de inundações.

Palavras-chave: Duque de Caxias; inundações; parâmetros morfométricos; urbanização; bacia hidrográfica.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

RESUMEN

El municipio de Duque de Caxias, caracterizado por un importante proceso de urbanización, debido sobre todo a la presencia del sector industrial, que ha fomentado el desarrollo socioeconómico del territorio, empieza a experimentar problemas socioambientales debido a la falta de una planificación territorial integrada que atienda a todas las esferas del municipio, especialmente en lo que se refiere al agua, ya que las inundaciones afectan a todo su territorio en los períodos de fuertes lluvias. Para ello, es necesario conocer las características de la cuenca del río Iguaçu-Sarapuí, que ha sufrido interferencias antropogénicas a lo largo del tiempo. Este estudio analizó parámetros morfométricos junto con la cartografía de la cuenca del río Iguaçu-Sarapuí con el fin de obtener datos sobre su susceptibilidad a las inundaciones. Los principales resultados obtenidos fueron que la cuenca tiene baja susceptibilidad a las inundaciones, pero que es propensa a las inundaciones. Los resultados muestran que el proceso de urbanización en Duque de Caxias ha causado interferencias vinculadas a la cuenca en cuestión. Además, los resultados no descartan la posibilidad de inundaciones, ya que las interferencias antropogénicas están relacionadas con la dinámica fluvial de la cuenca y cómo estos factores pueden aumentar el riesgo de inundaciones.

Palabras clave: Duque de Caxias; inundaciones; parámetros morfométricos; urbanización; cuenca hidrográfica.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

ABSTRACT

The municipality of Duque de Caxias, characterized by an expressive process of urbanization, mostly due to the presence of the industrial sector which has fostered socio-economic development within the territory, is beginning to experience socio-environmental problems due to the lack of integrated territorial planning that serves all spheres of the municipality, especially on the water issue, since floods affect its entire territory during periods of heavy rainfall. This requires an understanding of the characteristics of the Iguaçu-Sarapuí river basin, which has suffered from anthropogenic interference over time. In this study, morphometric parameters were analyzed along with the mapping of the Iguaçu-Sarapuí river basin in order to obtain data on whether it is susceptible to flooding. The main results obtained were that the basin has a low susceptibility to flooding, but that it is prone to flooding. The results show that the urbanization process in Duque de Caxias has caused interference that is linked to the watershed in question. Furthermore, the results do not rule out the possibility of flooding, since anthropogenic interference is linked to the fluvial dynamics of the basin and how these factors can increase the risk of flooding.

Keywords: Duque de Caxias; floods; morphometric parameters; urbanization; watershed.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão dos distritos do município de Duque de Caxias.....17

Figura 2 – Indicadores sobre acesso a recursos básicos em Duque de Caxias.....18

Figura 3 – Aterro Sanitário desativado do Jardim Gramacho.....19

Figura 4 – Áreas de Conservação Ambiental no MCF.....22

Figura 5 – Caminhões debaixo d´água entre os municípios de Duque de Caxias e Belford Roxo.....24

Figura 6 – Centro de Saúde do bairro Amapá, Duque de Caxias, RJ.....24

Figura 7 – Localização do município de Duque de Caxias.....26

Figura 8 – Bacia Hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí.....29

Figura 9 – A várzea e as enchentes.....33

Figura 10 – Deslizamento de terra em Duque de Caxias, RJ.....35

Figura 11 – Duque de Caxias alagada após 29 horas do temporal, dia 14 de janeiro de 2024.....36

Figura 12 – Precipitação Acumulada nos últimos 30 dias.....37

Figura 13 – Rodovia Washington Luís (BR-040), altura de Duque de Caxias, RJ.....38

Figura 14 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí.....45

Figura 15 – **Figura 15** – Temperatura e Precipitação mensal em Duque de Caxias – RJ.....46

Figura 16 – Uso e cobertura da terra em Duque de Caxias, 2019.....47

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros morfométricos utilizados para análise.....39

Quadro 2 – Análise linear da BH do rio Iguaçu-Sarapuí.....43

Quadro 3 – Análise areal da BH do rio Iguaçu-Sarapuí.....44

Quadro 4 – Análise hipsométrica da BH do rio Iguaçu-Sarapuí.....45

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores sociais de Duque de Caxias, RJ.....16

Tabela 2 – Indicadores sociais do Rio de Janeiro, RJ.....17

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

BH – Bacia Hidrográfica

PD – Plano Diretor

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

MDE – Modelo Digital de Elevação

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

REDUC – Refinaria de Duque de Caxias

FNM – Fábrica Nacional de Motores

OLI - *Operational Land Imager*

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....**13**

2 OBJETIVOS.....**14**

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....15

3 JUSTIFICATIVA E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....**15**

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....**25**

4.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU SARAPUÍ.....27

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA.....**29**

5.1 BACIA HIDROGRÁFICA E GESTÃO DE RECUSROS HÍDRICOS.....29

5.2 ALAGAMENTOS, ENCHENTES E INUNDAÇÕES: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS.....32

5.3 ALAGAMENTOS E DESLIZAMENTOS: UMA ANÁLISE DA BAIXADA FLUMINENSE.....34

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....**39**

6.1 PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....39

6.2 USO DO SIG.....41

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....**43**

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....**48**

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....**50**

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

1. INTRODUÇÃO

O município de Duque de Caxias, está localizado na Baixada Fluminense, caracterizado por um processo expressivo de urbanização ao longo de séculos e com o crescimento da capital (Rio de Janeiro), a baixada, assim conhecida, adentra à urbanização somente em 1947. Neste contexto, Duque de Caxias é elevada à categoria de município. Investimentos são impulsionados no estado, em função do crescimento de demandas internas, além do incremento nos setores de transporte comercial e de pessoas. Contudo, esse avanço trouxe consequências a região, levando a um esvaziamento da região para a capital.

Esse quadro começa a mudar quando se tem a implementação de infraestruturas de ligação da capital ao interior do estado, facilitando o fluxo econômico e de pessoas. Foram instaladas também, industriais de base que atraíram novamente a população para o município. O setor industrial de Duque de Caxias é de enorme importância para a economia da cidade, implicando na formação deste município, principalmente devido a instalação da Refinaria Duque de Caxias (REDUC) que ainda é uma das principais peças da economia caxiense, visto a sua importância econômica e social (RODRIGUES, 2017).

O grande aumento populacional do município deriva-se de diversos fatores como a presença da REDUC, que entre as décadas de 1970 e 1980 estimulou o crescimento econômico e atraiu indústrias para a região. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esse valor é igual a 1.729,36hab/km², dado obtido no censo de 2022 (IBGE, 2024), além disso, a expansão das ferrovias incentivou o estabelecimento de residências ao longo de suas vias, deslocando a ocupação para áreas adjacentes às linhas férreas, impulsionando o crescimento urbano.

Esses processos impulsionaram a economia, mas a falta de um planejamento territorial integrado trouxe problemas para a população e, consequentemente, para o meio natural. A falta de limpeza e manutenção dos canais fluviais, criou inúmeros problemas como processos de assoreamento[1].

[1] Acúmulo excessivo de material sedimentar no leito dos rios e redes de drenagem, é um processo de degradação dos cursos d´água, geralmente ocasionado pela supressão da

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Com o crescimento urbano, ocorreram retificações dos rios e ausência de projetos de infraestrutura básica para a população.

Com o passar das décadas a degradação aos canais fluviais, acarretou mais problemas socioeconômicos ambientais, principalmente, em épocas de grandes chuvas, no qual maior parte do município se mostra vulnerável. As inundações e enchentes são acontecimentos naturais, porém, esse tipo de impacto pode vir a ser recorrente, devido ao aumento das áreas urbanas e da interferência antrópica na dinâmica natural.

Desta forma, a análise morfométrica é uma ferramenta essencial para o planejamento territorial sustentável e a gestão dos recursos hídricos, os autores que serviram de base para o estudo foram: Christofoletti (1969-1980), Strahler (1952), Vilella, S. M., Mattos (1975), que trabalham parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas envolvendo a análise das formas e características geométricas das bacias hidrográficas, como sua área, comprimento do curso d'água, densidade de drenagem e amplitude altimétrica. Esses parâmetros são cruciais sobre a resposta hidrológica da bacia a eventos climáticos e influenciam diretamente na gestão de riscos de enchentes, na conservação da água e na definição de áreas prioritárias para intervenção.

Por sua vez, a análise de bacias hidrográficas no contexto do planejamento territorial permite a identificação de áreas suscetíveis à erosão, potenciais locais para o desenvolvimento urbano, e a delimitação de áreas de preservação ambiental, contribuindo assim para o ordenamento do território de maneira sustentável. Neste contexto, visa-se com este trabalho de maneira sintetizada compreender os aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí em Duque de Caxias (RJ), a partir da seleção de parâmetros morfométricos e aspectos de influência humana na dinâmica fluvial da bacia hidrográfica.

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi analisar o uso de índices morfométricos e sua correlação com o planejamento territorial e os impactos socioambientais

---

vegetação ciliar e/ou deposição de lixo. O setor industrial de Duque de Caxias é de enorme importância para a economia da cidade, implicando na formação deste município

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

decorrentes da antropização da bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí em Duque de Caxias (RJ).

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Buscou-se elencar como as características morfométricas e seus índices permitem interpretar suscetibilidades as inundações potencializadas pela dinâmica socioambiental e processos de urbanização.

3. JUSTIFICATIVA E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O processo de urbanização está vinculado antes mesmo do nome de Duque de Caxias ser um município independente, ou até mesmo ser chamado como é atualmente. O processo se inicia quando o Rio de Janeiro ainda era capital do país (1763-1960), acentuando principalmente a sua ligação com os rios dentro da Baixada.

A *priori*, entende-se que a sua ocupação ocorreu a cerca de, 15 mil anos atrás com os povos Tupis-guaranis e os Sambaquis. Entretanto, começou a ganhar importância devido às sesmarias no ano de 1534, e com isso no século XVII, no ano de 1612 tornou-se um entreposto para o descanso e um posto comercial, tendo formado um dos primeiros núcleos urbanos no estado do Rio de Janeiro naquela época. Evidencia-se mesmo naquela época um vínculo com os rios, utilizados para o transporte de mercadorias, principalmente o ouro extraído em Minas Gerais, além de servir para o transporte de pessoas.

Devido à grande utilização dos rios da baixada os portos fluviais ganharam uma enorme importância devido ao transporte de pessoas e das atividades econômicas. Contudo, com a alta carga que era demandada, a falta de limpeza dos canais fluviais, o alto desmatamento e o assoreamento, tornaram os rios menos eficientes, fomentando assim a proliferação de doenças e o surgimento de epidemias dentro da baixada. Em razão da carência de cuidados ambientais com os cursos de água, os aumentos de doenças, ocorreu um esvaziamento da região.

Rodrigues (2017) explicita as consequências da modernização tanto na capital quanto na baixada:

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

> Este panorama começa a mudar a partir da construção da Estrada de Ferro Leopoldina ou Rio de Janeiro *Northern Railway*, em 1886, que cruzava o até então território de Iguaçu, realizando uma integração com a capital federal, concomitante aos esforços de políticas de saneamento na Baixada, em 1910, para acabar com a propagação de epidemia em áreas pantanosas. (RODRIGUES, 2017).

Essa modernização vem com um custo, que para o financiamento de grandes estruturas e empresas processos de degradação do meio ambiente foram gerados e em Duque de Caxias foi evidente por ser um território desigual:

> Trata-se de um espaço desigual, pois mesmo tendo uma das maiores arrecadações de ICMS e Produto Interno Bruto do Estado do Rio de Janeiro, Duque de Caxias continua tendo baixos Índices de Desenvolvimento Humano, onde a diferença nos valores imobiliários é exorbitante – os imóveis mais valiosos possuem facilidades logísticas pela proximidade de hospitais, lojas, bancos, infraestrutura urbana e escolas mais qualificadas, enquanto áreas nas comunidades fronteiriças ao Rio Sarapuí não possuem nenhum tipo de infraestrutura, com habitações em condições extremamente insalubres, sem qualquer saneamento básico e convívio constante com o descaso das autoridades públicas. (RODRIGUES, 2017).

Alguns indicadores sociais de Duque de Caxias permitem compreender um pouco da situação atual em comparação com o município do Rio de Janeiro. (Tabelas 1 e 2). Essa comparação está presente principalmente, na diferença do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) entre os dois municípios, no qual o IDHM de Duque de Caxias é baixo comparado com seu vizinho, o município do Rio de Janeiro.

Tabela 1 – Indicadores sociais de Duque de Caxias, RJ

DUQUE DE CAXIAS – RJ	
Área territorial	467.319km² [2022]
População residente	808.161 pessoas [2022]
Densidade demográfica	1.729,36 hab/km² [2022]
Escolarização	96,1% [2010]
IDHM	0,711 [2010]
Receitas realizadas	2.318.008,29 R$(x1000) [2017]
Despesas empenhadas	2.369.382,24 R$(x1000) [2017]
PIB per capita	57.170,07 R$ [2021]

Fonte: IBGE, (2024).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

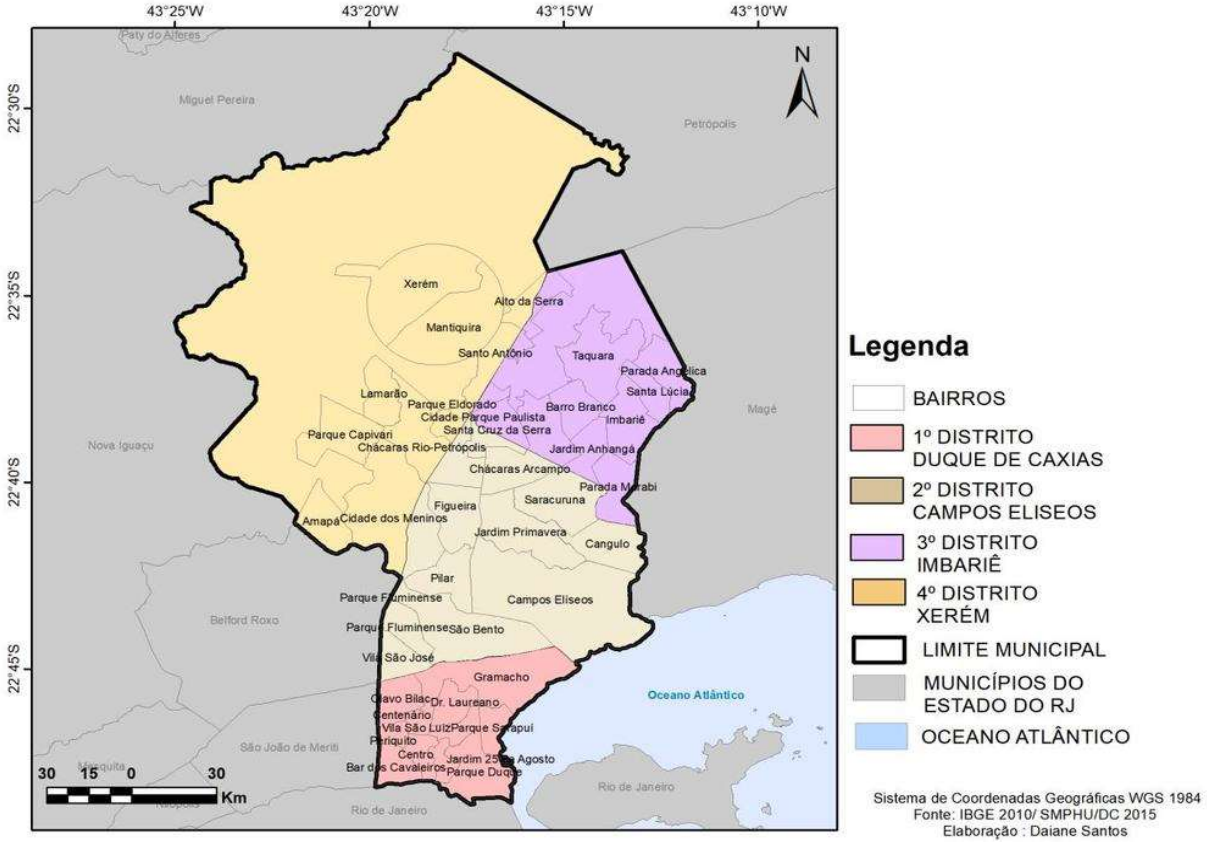
Tabela 2 – Indicadores sociais do Rio de Janeiro, RJ.

RIO DE JANEIRO – RJ	
Área territorial	1.200,329km² [2022]
População residente	6.211.223 pessoas [2022]
Densidade demográfica	5.174,60 hab/km² [2022]
Escolarização	96,9% [2010]
IDHM	0,799 [2010]
Receitas realizadas	26.018.740,29 R$(x1000) [2017]
Despesas empenhadas	26.572.047,26 R$(x1000) [2017]
PIB per capita	53.078,23 [2021]

Fonte: IBGE, (2024).

O município de Duque de Caxias (RJ) está localizado na Baixada Fluminense, vizinho ao município do Rio de Janeiro. É dividido em 4 distritos (Figura 1), os mais desenvolvidos e populosos são: Duque de Caxias (1º distrito), Campos Elísios (2º distrito), Imbariê (3º distrito) e Xerém (4º distrito).

Figura 1 - Divisão dos distritos do município de Duque de Caxias



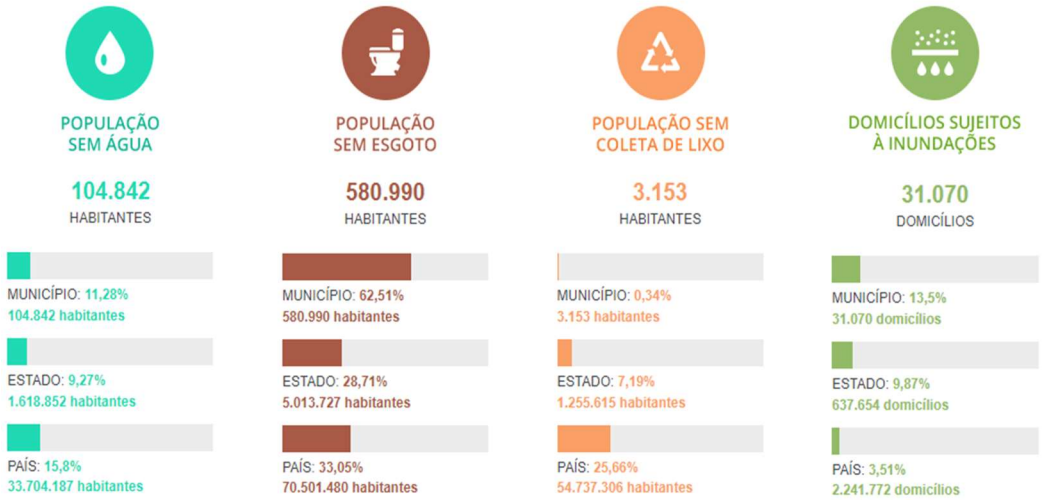
Fonte: IBGE, (2010).

O município apresenta 85,3% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, 47% de domicílios urbanos estão em vias públicas com arborização e 68,2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

(IBGE, 2017). Rodrigues (2017) destaca os desafios encontrados pelos moradores, principalmente em questão de infraestrutura básica como saneamento, coleta de lixo e acesso a água potável nas áreas mais carentes dentro do município, dados esses que estão representados na figura 2. É possível analisar que uma parcela da população não tem acesso à água, tratamento de esgoto e coleta de lixo, o que precariza a qualidade de vida.

Figura 2 – Indicadores sobre acesso a recursos básicos em Duque de Caxias



Fonte: SNIS, (2021).

Entretanto, a falta de dados acerca de riscos de desastres ambientais e de alagamentos, dificulta um olhar preciso e afirmativo em um ambiente de injustiça socioambiental, visto que para o crescimento econômico os danos ocasionados ao meio ambiente e a população foram ignorados, que com a construção das fábricas e do maior aterro sanitário da América Latina, localizado no Jardim Gramacho (figura 3), potencializaram ainda mais o agravamento da questão ambiental no município, visto que o aterro se encontra as margens do rio Sarapuí e do rio Iguaçu, contaminando a água.

Além da construção do aterro sanitário, a implementação de refinaria às margens da Baía de Guanabara e a construção da Rodovia Rio-Petrópolis, impulsionaram uma degradação acentuada que perduraria dentro da sociedade por décadas, alavancando um processo de degradação muito maior, no qual menciona RODRIGUES, (2017):

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

> [...] desmatou milhares de árvores originais de Mata Atlântica, bem como a implantação da Refinaria de Duque de Caxias, na margem da Baía de Guanabara, aumentou a poluição da bacia hidrográfica onde está situada, devido ao despejo de resíduos e vazamentos de petróleo Espaço e Economia, 10 | 2017 Duque de Caxias: novos e velhos desafios em questão 5 uma vez que seus efluentes líquidos contêm grandes quantidades de óleos e graxas, metais pesados, inclusive cádmio e mercúrio, fenóis e carga orgânica – ocasionaram grandes problemas ambientais.

Figura 3 – Aterro Sanitário desativado do Jardim Gramacho

Fonte: Camargo, (2012).

Ademais, existem problemas mais antigos e menos visíveis que ainda impactam e corroboram com a precarização do município. Um deles é a retirada de argila da natureza, altamente impactante para a cobertura vegetal, expondo o solo a processos erosivos, levando a deslizamento de terra, além de ocasionar problemas respiratórios, segundo RODRIGUES, (2017):

> [...] exposição da região conhecida como Cidade dos Meninos à contaminação por 40 toneladas de Hexaclorohexano (HCH), popularmente conhecido como “pó-de-broca”, utilizado como pesticida. Este lugar, onde funcionava o antigo internato Fundação Abrigo Cristo Redentor para rapazes, devido à grande quantidade de casos de malária no segundo quartel do século XX, foi utilizada pelo Ministério de Educação e Saúde para construção de pavilhões do Instituto de Malariologia e posteriormente, a Fábrica de Produtos Profiláticos, onde eram produzidos: Hexaclorociclohexano (HCH), Arsenito de Cobre, Hexaclorobenzeno (BHC), Monofluoroaetato de

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

> Sódio, Cianeto de Cálcio e Diclorodifenil tricloretano (DDT). Mesmo fechada em 1961, a fábrica deixou na antiga instalação cerca de 400 toneladas de compostos tóxicos já explicitados, sem qualquer tipo de proteção, o que levou a contaminação do solo, da água e da população que vivia ao entorno. (RODRIGUES, 2017).

Constata-se que dentro do planejamento territorial foram ignorados importantes questões da área ambiental, como a poluição dos rios através da ocupação desordenada e a falta de investimento em políticas socioambientais, o redirecionamento de verbas em grande quantidade para a implementação de indústrias e refinarias, além da construção de avenidas a margens de rios. Atrelado a isso, o crescimento urbano desenfreado:

> A alteração do ciclo hidrológico, a impermeabilização do solo, as ocupações irregulares causadas por processos desordenados de urbanização e a consequente remoção de cobertura vegetal do solo e das margens dos rios, aliadas às obras de canalização e da ausência de planos urbanísticos específicos, se constituem em algumas das causas de enchentes, gerando impactos nos âmbitos econômico, social e de saúde pública de um município (SILVA, et al., 2023).

Processos esses que, com o tempo, se tornam ambientes de proliferação de doenças que atingem diretamente a comunidade que está situada a calha do rio, com as fortes chuvas que assolam o estado do Rio de Janeiro, ocorre a inundação em sua calha primária e secundária, ocasionando grandes impactos socioambientais, como alagamento de ruas e avenidas, perdas de casas, carros, e da infraestrutura, levando também o desaparecimento de pessoas. Além dos impactos gerados pela ação antrópica, suas características fisiográficas de baixada são susceptíveis aos desastres naturais (NEVES, 2019).

Considerado a falta de um planejamento territorial inclusivo que visasse a qualidade de vida da população e a integração com o meio natural, o município de Duque de Caxias está voltado para um processo de urbanização ligado a industrialização e mobilidade urbana, junto a projetos de expansão de vias e construções de avenidas, a população foi sendo marginalizada e com o processo de expansão urbana, no qual, cresce o processo de favelização, impulsionado por uma falta de acesso a recursos básicos como: saneamento,

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

tratamento de esgoto e tratamento correto de lixo. O adensamento urbano atualmente é maior na porção sul do município.

A construção das rodovias Rio-Magé e Washington Luís (BR-040), na baixada fluminense, desestruturou o sistema natural de drenagem e escoamento pluvial da região. Quando ocorria grande incidência de chuva os canais largos, como os dos rios Calombé, Pilar e Iguaçu, transbordavam e a rede secundária de canais não tinha capacidade de realizar a drenagem, porém, a construção das duas rodovias isolou grande parte da região, tendo como consequência o prolongamento da inundação em várias áreas de Duque de Caxias e Nova Iguaçu (COPPE/UFRJ, 1997).

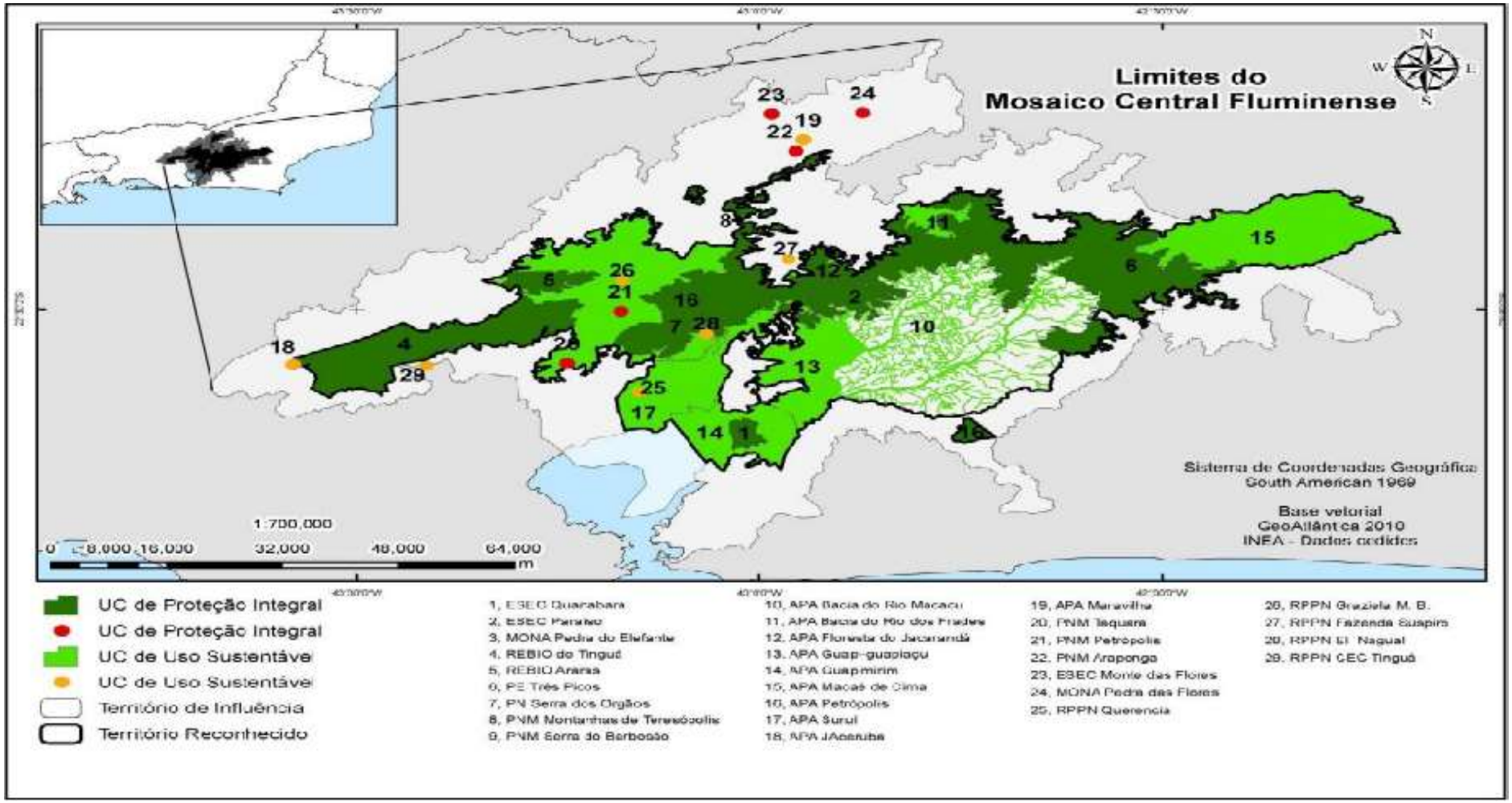
Duque de Caxias tem ampliado o número de unidades de conservação, com relevantes remanescentes da mata atlântica, aglutinando com o Mosaico da Mata Atlântica Central Fluminense (MCF)[2]. (RODRIGUES, 2017). Contudo, mesmo sendo um projeto que visa o desenvolvimento das unidades de conservação desta área, o Mosaico enfrenta desafios ao seu desenvolvimento. Exemplo disto pode-se citar a notória influência da região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, no qual a difusão urbana e industrial acompanha não somente a construção das grandes rodovias que ligam os municípios da região metropolitana a outras áreas do estado, mas também a procura de vantagens que na metrópole não se encontram, sendo presente nesta última o alto custo de vida, congestionamentos, e a violência. (INEA, 2010, p. 19).

Evidencia-se assim que a crescente urbanização do município vem atrelada de problemáticas e falta de políticas municipais de saneamento básico que impulsionam a precarização da vida urbana, principalmente das pessoas que moram em comunidades. Tais características arremetem a uma população com pouca instrução e políticas que promovam uma conscientização a respeito dos recursos naturais, evidenciando uma maior problemática acerca dos recursos hídricos e dos rios que banham o município de Duque de Caxias.

[2] Representado na Figura 4.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Figura 4 – Áreas de Conservação Ambiental no MCF



Fonte: INEA, (2010).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Um dos problemas que seguem assolando o município é a degradação de seus rios, e as obras realizadas que retificam o curso d´água. Tendo os rios uma grande importância desde o primeiro relato de ocupação do município, a sua degradação dificulta o escoamento da água em épocas de chuva e potencializa o alagamento. É imprescindível considerar que a existência de perigos naturais é uma função do ajustamento humano a eles, posto que sempre envolvam iniciativa e decisão humana [...]. (MONTEIRO, 1991).

A impermeabilização gerada pela urbanização altera as condições de escoamento natural nos terrenos, diminuindo o tempo de concentração nas bacias de drenagem, aumentando progressivamente as vazões e os danos ocasionados pelas inundações. (CAMPOS, 2015). Inundações que atingem a calha primária e secundária do rio e assim afetam as áreas urbanas que possuem pouca infraestrutura.

Esses danos são reflexos de um processo de urbanização sem um planejamento territorial e com pouca participação ativa da comunidade, visto o processo de marginalização do estado do Rio de Janeiro, a instalação de indústrias e a construção de avenidas que conectam locais importantes para a economia, tanto do estado quanto do município, essa falta de organização promoveu uma favelização da população de diversos municípios da Baixada Fluminense, vulnerabilizando a população e as colocou à margem de riscos socioambientais. (RODRIGUES, 2017).

Portanto, como relata Thouret (2013), o espaço geográfico não é neutro, ele é socialmente construído por meio de diversas intencionalidades, onde o urbanismo desregrado e a segregação espacial criam exposições desiguais aos riscos. Essas vulnerabilidades podem ser vistas quando ocorrem chuvas em grandes volumes, e impactam o território, como mostram as figuras 5 e 6. Após as fortes chuvas que ocorreram entre os dias 14 e 15 de janeiro de 2024 em Duque de Caxias, é possível observar como partes do município foram afetadas. Para se entender melhor a abordagem, é necessário entender a definição de vulnerabilidade, proposta pelo Glossário de Defesa Civil, que define vulnerabilidade como:

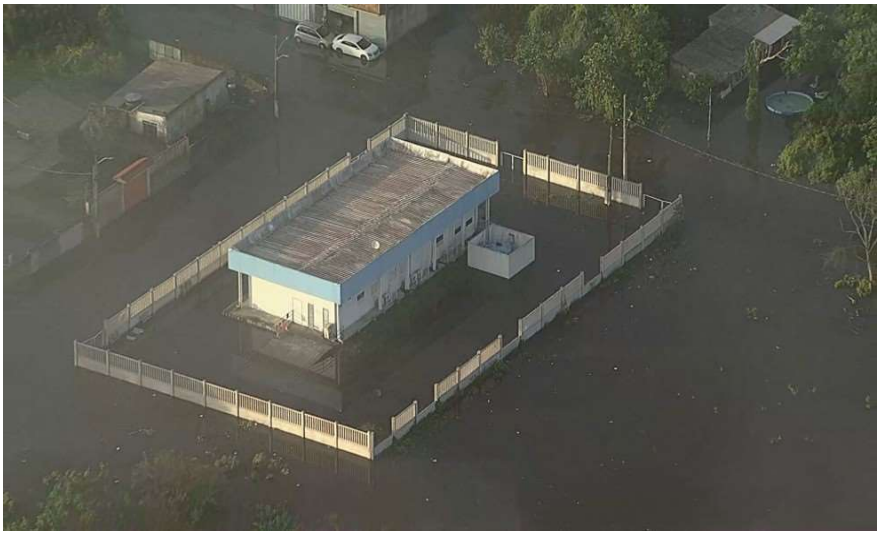
Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

> “1. Condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis. 2. Relação existente entre a magnitude da ameaça, caso ela se concretize, e a intensidade do dano consequente. 3. Probabilidade de uma determinada comunidade ou área geográfica ser afetada por uma ameaça ou risco potencial de desastre, estabelecida a partir de estudos técnicos. 4. Corresponde ao nível de insegurança intrínseca de um cenário de desastre a um evento adverso determinado. Vulnerabilidade é o inverso da segurança” (CASTRO, sem data, p.188).

Figura 5 – alagamentos entre Duque de Caxias e Belford Roxo.

Fonte: Globo, (2024).

Figura 6 – Centro de Saúde do bairro Amapá, Duque de Caxias, RJ.



Fonte: Globo, (2024).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Compreende-se que vulnerabilidade leva em consideração o conceito de risco. Estar vulnerável está relacionado à exposição, à resistência e superação (ou não) de perigos/desastres possíveis. (LIMA, DE SOUZA, 2014, p. 8). Ao se mencionar da fraqueza política e econômica dos grupos sociais, elucida-se que uma parcela da população está exposta a sofrer fortes riscos socioambientais, ou seja, essa parcela vive em uma condição de vulnerabilidade, onde fatores sociais, econômicos, ambientais, políticos e sanitários frequentemente aumentam a vulnerabilidade das populações ameaçadas (RICHEMOND; VEYRET, 2013).

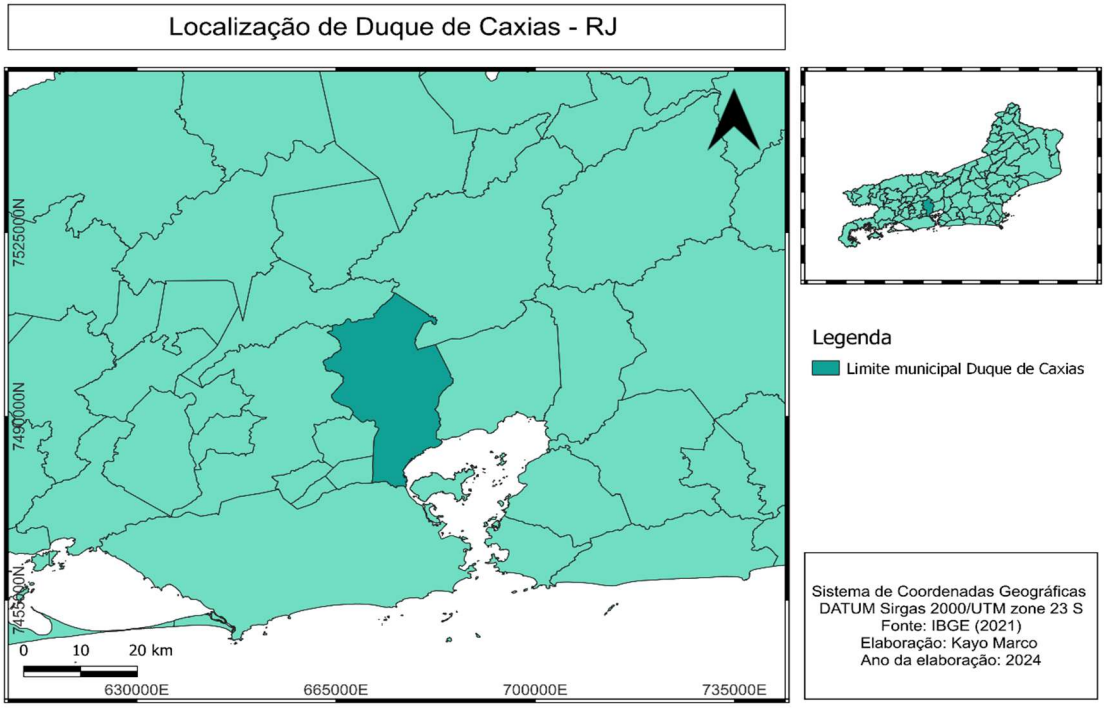
Ademais, considera-se então que a vulnerabilidade é socialmente produzida, no qual as exposições aos riscos se impõem aos mais desprotegidos, ou seja, aos vulneráveis, ou melhor, dizendo, aos vulnerabilizados. (LIMA, DE SOUZA, 2014, p. 7). Nas periferias brasileiras, grande parte da população se encontra em situação de vulnerabilidade uma vez que se nota em sua paisagem uma localização habitacional diferenciada no espaço urbano (famílias habitando áreas de risco), emergindo assim a segregação e a produção de espaços desiguais dentro da própria periferia da região metropolitana do Rio de Janeiro (CORRÊA, 1995).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no município de Duque de Caxias, principal município da periferia da região metropolitana do Rio de Janeiro (Figura 7) encontra-se no estado do Rio de Janeiro, a uma altitude média de 11 metros de altitude em relação ao nível do mar, entre as seguintes coordenadas: Latitude: 22º 47’ 12” Sul, Longitude: 43º 18’ 47” Oeste. Situa-se a 17km Norte-Oeste do Rio de Janeiro e possui uma área de extensão de 467,6km² e uma população total de 808.161 habitantes (IBGE, 2022). Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de *17°C a 33°C* e raramente é inferior a *14°C* ou superior a *38°C*.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Figura 7 – Localização do município de Duque de Caxias.



Fonte: Autor, (2024).

O município enfrenta problemas ambientais, principalmente na questão hídrica devido à degradação de seus rios, processo esse impulsionado pela ocupação desordenada e expressiva. Esses problemas atingem as áreas de preservação ambiental e as margens de seus rios. Devido a esse fator, a escolha do município de Duque de Caxias traz um embate entre a interferência antrópica e a conservação do meio natural.

Além disso, o município sofre com os impactos da pluviosidade com chuvas a partir de 60 mm/h. Não somente, o município possui um grande problema quanto sua elaboração visto que o Plano Diretor é um pacto social que define os instrumentos de planejamento urbano para reorganizar os espaços da cidade e garantir a melhoria da qualidade de vida da população. Sendo de competência dos Municípios pois lhe cabe executar a política urbana, consoante rezam o art. 182 e seu § 1°, da Constituição Federal.

Atualmente, tido como burocrático e não está adequado as necessidades do município, na qual os parâmetros aplicados seguem a antiga legislação de 1972. (OSCAR, JR., 2015)

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

4.1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU-SARAPUÍ

Compreende-se que a bacia não se limita somente ao município de Duque de Caxias, porém possui grande importância pois corta boa parte do município e o exutório se encontra em Caxias, onde deságua na Baía de Guanabara e as margens do rio Iguaçu também se encontram indústrias e moradias em sua calha. Não é de agora que é visto que a interferência humana na superfície terrestre tem ocasionado diversas mudanças nos processos naturais, principalmente em escala local e certamente essas modificações observadas na área de estudo, mostram que a expansão urbana sem planejamento e a realização de obras que em seus projetos que não atenderam a questões ambientais em vista de um plano diretor defasado (2006 foi a última atualização), assume um papel importante nos desastres naturais registrados ao longo dos anos.

A escolha da BH[1] do Rio Iguaçu-Sarapuí está atrelada a um crescente processo de urbanização, além da problemática de gestão dos recursos hídricos de forma expressiva da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ)[2]. Além disso, a escolha fundamenta-se em algumas características, tais como:

- Localiza-se na periferia metropolitana;
- Possui uma pequena área rural que está passando por um processo de urbanização;
- Apresenta áreas de ocupação que conflitam com as condições de habitabilidade;
- Possui um dos principais remanescentes da Mata Atlântica do Estado, a Reserva do Tinguá;
- Conta com um movimento social organizado a respeito do saneamento e dos recursos hídricos destaque para o Comitê de Saneamento e Habitação da Baixada Fluminense.

A área da bacia hidrográfica Iguaçu-Sarapuí estende-se por 726 km², abarcando integralmente o município de Belford Roxo, além de englobar partes dos municípios do Rio de Janeiro, Nilópolis, São João de Meriti, Nova Iguaçu e Duque de Caxias. Todos estes municípios estão localizados na Região

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

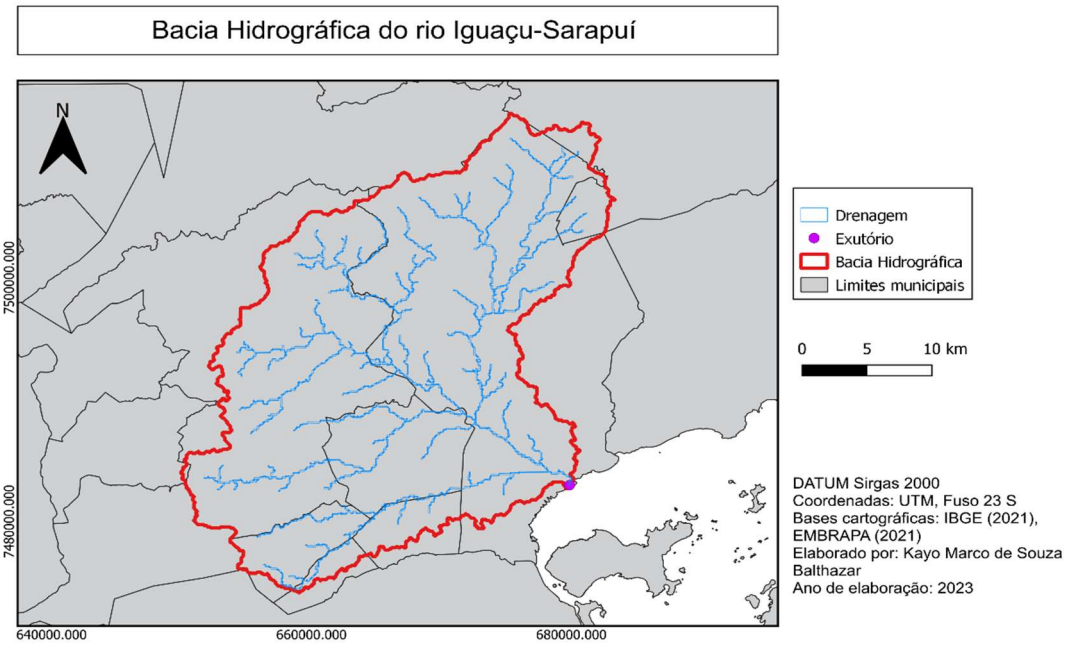
Metropolitana do Rio de Janeiro. Historicamente, no início do século XX, o rio Sarapuí foi integrado à bacia do rio Iguaçu após alterações que incluíram a retificação de seu trecho médio e inferior e o desvio de sua foz para a parte inferior do rio Iguaçu. (LAMEGO, 1964).

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia Iguaçu-Sarapuí são notavelmente marcada pela presença de duas principais formações: a Serra do Mar e a Baixada Fluminense. Há uma acentuada variação altimétrica na região, que vai desde o pico mais elevado na Serra do Mar, o pico do Tinguá, com 1.600 metros de altitude, descendo até a planície. As fontes do rio Iguaçu localizam-se na Serra do Tinguá, a aproximadamente 1000 metros acima do nível do mar e o rio segue seu curso por 43 km em direção sudeste até desembocar na Baía de Guanabara. Entre os afluentes mais significativos do rio Iguaçu, destacam-se, pela margem esquerda, os rios Tinguá, Pati e Capivari, e, pela margem direita, os rios Botas e Sarapuí.

No que tange aos limites geográficos e à classificação hidrográfica, a bacia do rio Iguaçu-Sarapuí (Figura 8) é parte integrante da RH-V, contribuindo significativamente para o sistema da Baía de Guanabara. Ela é delimitada ao norte pela bacia do Rio Paraíba do Sul, ao sul pela bacia dos rios Pavuna/Meriti, a leste pelas bacias dos rios Saracuruna e Inhomirim/Estrela, e a oeste pela bacia do Rio Guandu, além de outros afluentes da baía de Sepetiba.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Figura 8 – Bacia Hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí[3]



Fonte: Autor, (2024).

A região é conhecida pelas enchentes que atingem pelo menos 1 vez ao ano os municípios da baixada, esse fenômeno está relacionado com suas características físicas e antrópicas como o avanço urbano, construções a margem dos rios, a degradação de cursos fluviais. Em determinadas partes os rios são retificados e como consequência desses fatores há o assoreamento – que ocorre de forma natural ou também por acúmulo de dejetos – como já mencionados, o depósito de lixo de construções, efluentes que são despejados e a falta de conscientização da população sobre o descarte irregular nos rios e nas suas margens.

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

5.1 BACIA HIDROGRÁFICA E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Para se compreender a gestão de uma bacia hidrográfica e o planejamento territorial é necessário entender inicialmente o que é um recurso hídrico. Segundo Matsumura-Tundisi (2011), os recursos hídricos são as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis para qualquer tipo de uso de região ou bacia.

[3] Exutório/Foz: é o ponto final de uma bacia hidrográfica.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

A partir dessa definição, tem se a ideia de que a água seria um recurso renovável e disponível em abundância para o consumo humano. Contudo, o consumo excede a capacidade de autorrenovação da água ocasionando um *stress* hídrico. Além de afetar a distribuição de água para os grandes centros urbanos e com isso a qualidade da água também é precarizada principalmente por conta da poluição através de dejetos domiciliares e industriais.

De certo, a falta de planejamento territorial integrado que visa os três pilares, como a gestão, a participação e o planejamento, inviabiliza o uso e distribuição dos recursos hídrico, o desenvolvimento sustentável e o manejo sustentável dos recursos hídricos, comprometendo as ações que visam garantir os padrões de qualidade e quantidade da água dentro da sua unidade territorial, a bacia hidrográfica (MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

Essa problemática é impulsionada por diversos fatores, tais como: as ocupações irregulares, falta de saneamento básico adequado e políticas públicas que sejam direcionadas a preservação dos recursos hídricos, além do adensamento urbano expressivo nas grandes cidades.

> O Brasil apresenta 80% da população em áreas urbanas. Nos estados mais desenvolvidos, esses números chegam à vizinhança de 90%. Devido à grande concentração urbana, vários conflitos e problemas têm sido gerados nesse ambiente, tais como a degradação ambiental dos mananciais; o aumento do risco das áreas de abastecimento com a poluição orgânica e química; a contaminação dos rios por esgotos doméstico, industrial e pluvial; as enchentes urbanas geradas pela inadequada ocupação do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana; e a falta de coleta e disposição do lixo urbano. (BARBOSA, C. M. de S., MATTOS, A. Sem data).

Essa questão também está atrelada a esfera política, pois os municípios não possuem a capacidade de lidar com a problemática enquanto os estados e a união se encontram distantes pois não conseguem buscar uma solução que atenda os municípios (pois cada um possui sua particularidade política, física e social). Então, criar medidas que solucionem de forma igualitária é inviável para os estados e principalmente para o Governo Federal.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Cada um dos problemas citados é tratado de forma isolada, sem um planejamento preventivo, ou mesmo curativo. Como consequência, observa-se prejuízos econômicos, forte degradação da qualidade de vida, com retorno de doenças de veiculação hídrica, mortes, perdas de moradias e bens e interrupção de atividade comercial e industrial em algumas áreas, entre outras consequências. (BARBOSA, C. M. de S., MATTOS, A. Sem data).

Atrelado a isso, se faz necessário retomar a questão do planejamento ou a ausência de um eficaz, no qual segundo BARBOSA e MATTOS:

> O custo de controle na fase de planejamento é muito menor que o custo curativo, depois que os problemas ocorrem. A tendência urbana atual é de redução do crescimento das metrópoles e aumento das cidades médias. Nesse sentido, os impactos tenderiam a se disseminar para esse tipo de cidade, que ainda não possui degradação como as metrópoles, existindo espaço para prevenção. (BARBOSA, C. M. de S., MATTOS, A. Sem data).

Entretanto, não existe um plano que gerencie de forma a atender a questão da demanda e disponibilidade que em média não mostrem um déficit do recurso hídrico, mas em períodos de estiagem e nos grandes centros urbanos existe dificuldade de acesso. O adensamento populacional leva ao aumento das preocupações relativas ao acesso e regular à água potável e segura de forma homogênea à população, a fim de satisfazer suas necessidades básicas.

O fornecimento adequado de água, em termos de quantidade e qualidade é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, com reflexos diretos sobre as condições de saúde e de bem-estar da população, uma vez que se encontra envolvido com o controle e prevenção de doenças, prática de hábitos higiênicos e aumento da expectativa de vida e produtividade econômica. Sua deficiência pode estimular a procura por fontes alternativas, levando ao consumo de água com qualidade sanitária inapropriada (GOMES; SILVA, 2022).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

5.2 ALAGAMENTOS, ENCHENTES E INUNDAÇÕES: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

Para se compreender a relação entre os recursos hídricos, as problemáticas atreladas a ele e a gestão de bacias hidrográficas, compreender a dinâmica entre as enchentes, alagamentos e inundações de um canal fluvial é relevante. Para isso, é necessário entender a classificação de cada termo. A Defesa Civil de São Bernardo do Campo – SP (2015) define

- Enchente: está relacionada ao aumento temporário do nível de água, atingindo sua cota máxima, mas sem o transbordamento;
- Inundação: está relacionado ao transbordamento das águas do rio, atingindo as áreas marginais;
- Alagamento: ocorre nos perímetros urbanos e é consequência do transbordamento, e dos problemas de drenagem, ocasionando o acúmulo de água em áreas habitadas.

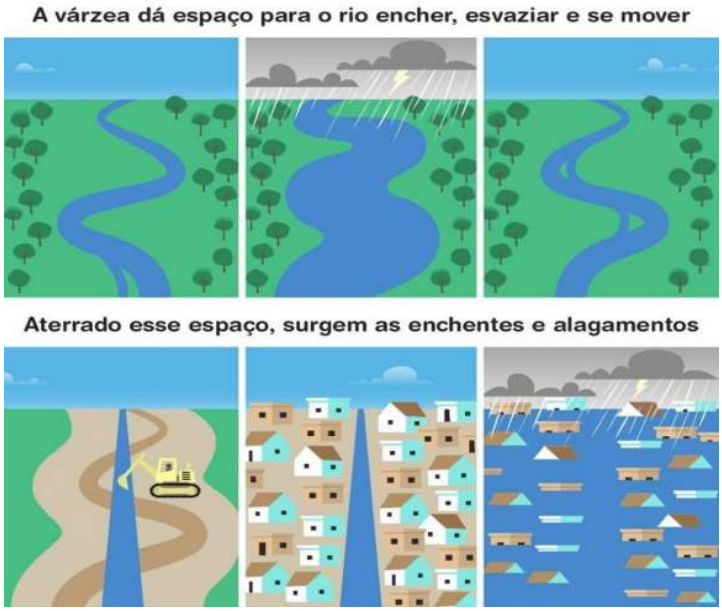
A partir da compreensão dessas diferenças, pode-se afirmar segundo Santos (2012):

> Ainda que com importantes características próprias de cada local, e que devem ser sempre levadas em conta, as enchentes urbanas que vêm castigando um número cada vez maior de cidades brasileiras obedecem a uma equação hidráulica comum: “volumes crescentemente maiores de água, em tempos sucessivamente menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente, incapazes de lhes dar vazão”. (SANTOS, 2012).

O autor leva em conta características naturais, que com a interferência antrópica impulsionam a vulnerabilidade e a susceptibilidade a inundações e alagamentos urbanos, no qual é mencionada a questão das cidades veem os canais como “inimigos”, através de um pensamento urbanístico equivocado. Para cumprimento desses amaculado impulso cultural, as principais providências amplamente utilizadas são a impermeabilização generalizada da cidade e a extensiva retificação (Figura 9) e canalização dos cursos d´água. (SANTOS, 2012, p.46).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Figura 9 - A várzea e as enchentes.



Fonte: Wetler, (2020).

A figura 9 representa um sistema de drenagem urbana composto por drenagens naturais e construídas, tem sua capacidade consideravelmente reduzida devido ao processo de expansão urbana que provoca o assoreamento através de sedimentos provenientes de entulhos da construção civil e lixo urbano. Para uma melhor contextualização, as áreas urbanas que não possuem bosques florestados ou parques que possibilitam a retenção da água, ou seja, a infiltração no solo de forma a não comprometer a drenagem tendem a aumentar o coeficiente de drenagem, no qual segundo Santos (2012), utilizando através de usos de coeficientes de escoamento superficiais, o problema de impermeabilização das áreas urbanizadas alcança outro patamar nas grandes cidades brasileiras, atingindo cerca de 85%.

De certo, o coeficiente de drenagem nessa escala evidencia que a maior parte do volume de chuva escoa rapidamente comprometendo a drenagem, cenário que se inverte em lugares com bosques florestados, onde o escoamento superficial atinge uma marca de 20%, conforme Santos (2012). As causas das inundações, alagamentos e enchentes segue vinculada, como mencionado anteriormente, a falta de um planejamento efetivo e que integre as diferentes esferas (social, política, econômica e ambiental).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Um crescimento urbano expressivo e desordenado é o mais comum as cidades atualmente. Há projetos de arquitetura e engenharias que moldam e adaptam o território para a implementação de seus projetos, sendo que o ideal seria a realização de um projeto que se adaptasse as condições do terreno, planificações do terreno em larga escala e a construção de infraestruturas “pró-enchentes”. SANTOS, (2012).

5.3 ALAGAMENTOS E DESLIZAMENTOS: UMA ANÁLISE DA BAIXADA FLUMINENSE

Deslizamentos ou Escorregamentos são movimentos de solo e rocha que ocorrem em superfícies de ruptura. Quando a superfície de ruptura é curvada no sentido superior com movimento rotatório em materiais superficiais homogêneos, o movimento de massa é classificado como deslizamento rotacional**.** Quando o escorregamento ocorre em uma superfície relativamente plana e associada a solos mais rasos, é classificado como deslizamentos translacionais **(**CEMADEN, 2017).

Os movimentos de massa podem ser classificados em quatro tipos: quedas/tombamentos; deslizamento/escorregamento; fluxo de detritos; subsidência e colapsos. Contudo, os deslizamentos constituem o principal tipo de movimento de massa. (CEMADEN, 2017).

Tais elementos trazem consequências para toda sociedade, porém as partes mais afetadas é a população carente e marginalizada, os danos causados podem ser: deslizamentos de terra por falta de cobertura vegetal (Figura 10 e 11) em terrenos irregulares para a construção de moradias, afundamento de construções urbanas como (prédios, pontes etc.), aumento do acúmulo de água na parte urbana (alagamento), poluição visual e olfativa, e disseminação de doenças por exemplo. Santos (2012, p.48) descreve:

> Diante disso não há uma alternativa: é indispensável romper radicalmente com a velha cultura técnica, o que significa, de início, entender as águas de chuva como amigas da cidade, que a limpam de suas sujeiras, que dão vida a seus verdes, que alimentam seus mananciais profundos e de superfície, matam sua sede, amenizam

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

> seu clima e atendem a inúmeras necessidades suas. [...] Em termos técnicos e práticos, isso significa recuperar a capacidade da cidade em reter as águas de chuva e retardar seu escoamento; objetivo que poderia também ser explicitado pela busca máxima redução possível do Coeficiente de Escoamento Superficial urbano. (SANTOS, 2012, p.48).

A Baixada Fluminense é uma microrregião do estado do Rio de Janeiro, composta por um relevo diversificado. Predomina em sua maior parte um relevo plano e suave, com áreas de planícies de inundação e encostas que retardaram o processo de ocupação. Entretanto isso, foi sendo superado a partir de obras de planificação, implementação de obras viárias, dragagens e canalização das drenagens fluviais.

Figura 10 – Deslizamento de terra em Duque de Caxias, RJ.

Fonte: Folha de São Paulo, (2016).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Figura 11 – Duque de Caxias alagada após 29 horas do temporal, dia 14 de janeiro de 2024.

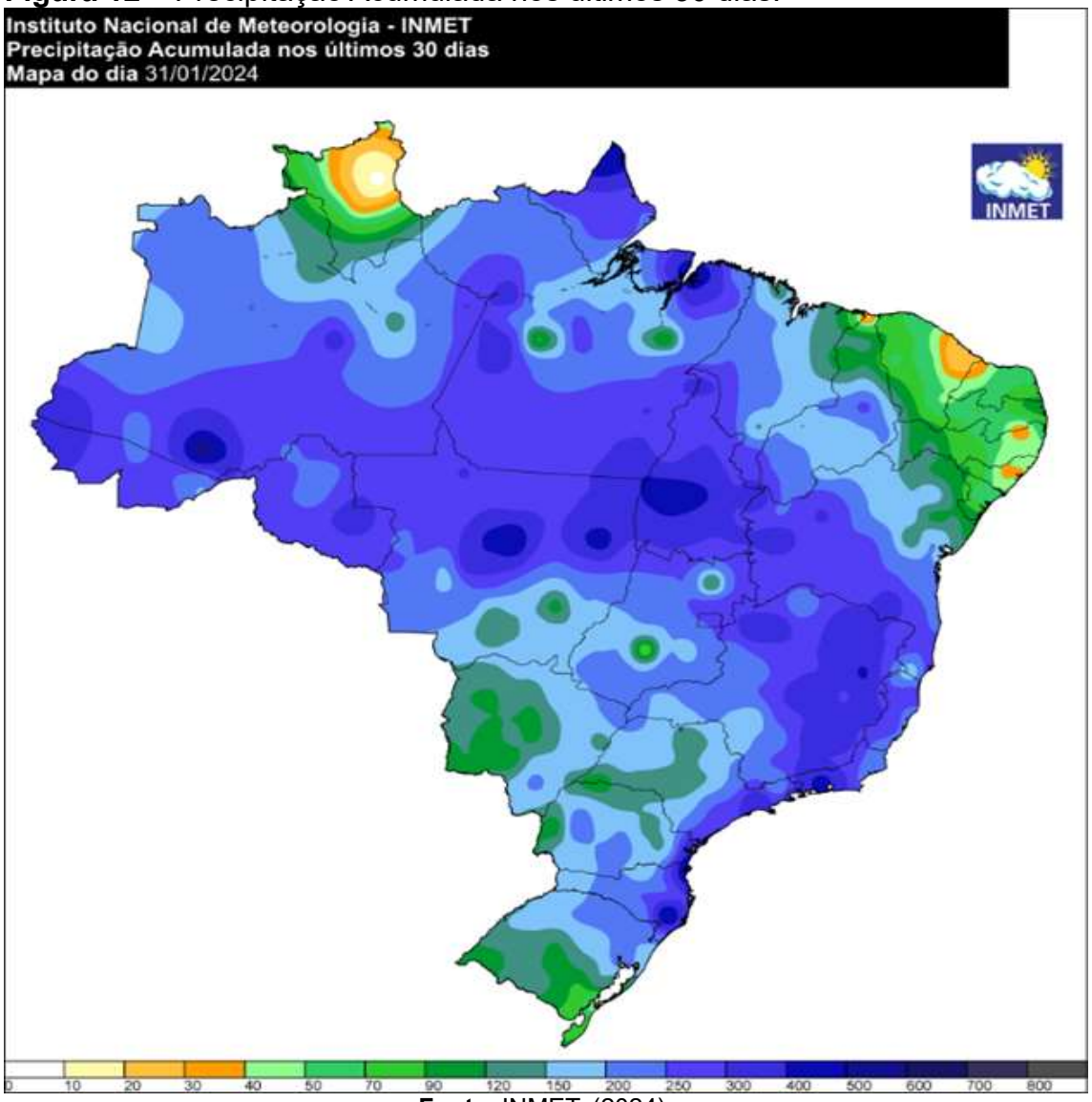
Fonte: Folha de São Paulo, (2024).

Casos como os evidenciados nas figuras acima, remetem a deficiência em infraestrutura nas cidades e sem reforma em projetos estabelecidos. Potencializam-se, nos centros urbanos, retilinização dos seus canais fluviais, provocando intensificação dos alagamentos. O mapa meteorológico de precipitação, do INMET (Figura 12) para o mês de janeiro de 2024, facilita uma melhor compreensão.

A figura 12 representa a atuação de dois episódios de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Como um dos principais sistemas meteorológicos geradores de chuvas nas regiões Centro-Oeste e Sudeste entre o fim da primavera e o verão. O sistema é resultado do padrão dos ventos em altos e baixos níveis da atmosfera, com a formação de uma frente fria de centro de baixa pressão em superfície (INMET, 2023).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Figura 12 – Precipitação Acumulada nos últimos 30 dias.



Fonte: INMET, (2024).

Ocorreram entre os dias 3 e 7 e o último entre os dias 23 e 29 de janeiro (INMET, 2024). As áreas em azul são de maiores chuvas e as em verde e amarelo são de menores precipitações em milímetros (mm) durante o período de 30 dias.

Segundo INMET (2024), o avanço de uma frente fria favoreceu a ocorrência de chuva expressiva em Duque de Caxias – Xerém (RJ), de 162,2 mm; Rio de Janeiro – Vila Militar (RJ), com 151,8 mm; Rio de Janeiro – Jacarepaguá (RJ), com 126 mm, todos no dia 14.

Esses valores possibilitam uma melhor compreensão da potencialidade de ocorrência de alagamentos, pois, auxilia mostrando, um período de 30 dias em que coincidem com períodos de alagamento na cidade do Rio de Janeiro e

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

seus municípios. Dos quais estão condicionados, a concentração da água na área urbana por um longo período. Contextualizado assim, compreender características físicas das bacias hidrográficas e processos de expansão urbana permite elencar problemáticas atreladas.

A construção de uma das principais rodovias que corta o município de Duque de Caxias, a Rodovia Washington Luís, responsável por ligar o município do Rio de Janeiro a Petrópolis foi construída com o objetivo de aliviar o trânsito e impulsionar o transporte de mercadorias e pessoas.

Figura 13 – Rodovia Washington Luís (BR-040), altura de Duque de Caxias, RJ.

Fonte: G1, (2024).

A figura 13 exemplifica problemas de impermeabilização do solo, e situações de alagamentos. Tal fato também está relacionado com as suas características físicas de planícies:

> A construção dos leitos das rodovias Rio-Magé e Washington Luiz, na baixada fluminense, desestruturou o sistema natural de drenagem e escoamento pluvial da região. Quando ocorria grande incidência de chuva os canais largos, como os dos rios Calombé, Pilar e Iguaçu, transbordavam e a rede secundária de canais tinha capacidade de realizar a drenagem. Porém, a construção das duas rodovias isolou grande parte da região tendo como consequência o prolongamento

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

da inundação em muitas áreas de Duque de Caxias e Nova Iguaçu (COPPE/UFRJ, 1997).

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1 PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

Os parâmetros morfométricos permitem caracterizar os elementos físicos de forma quantitativa a fim de descrever a intensidade dos processos atuantes nas bacias hidrográficas, possibilitando entender as transformações antrópicas na região da BH do rio Iguaçu-Sarapuí. Com isso, para entender as características morfométricas, foram elencados parâmetros elaborados por Horton (1945), Schumm (1956;1963), Strahler (1952) e Christofoletti (1980), representados a seguir:

Quadro 1 – Parâmetros morfométricos utilizados para análise.

PARÂMETRO	**CONCEITO/EXPRESSÃO**
CARACTERÍSTICAS LINEARES	
Comprimento do canal principal (L)	O comprimento equivale a distância da nascente até seu exutório.
Comprimento da bacia (L)	É o comprimento do curso d´água principal mais a distância da sua nascente ao divisor topográfico.
Índice de Sinuosidade (Is)	É a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (ALVES, C. 2003) é calculada pela fórmula Is = L / Dv (Is = índice de sinuosidade; Dv = distância vetorial do canal principal; L = comprimento do canal principal.
Número total de nascentes	Quantifica o total dos canais de primeira ordem.
Ordem dos cursos d´água	Para a classificação, foi utilizado a os critérios de Strahler (1952), no qual o canal de 1ª ordem não possui tributário; a junção de dois canais de 1ª ordem geral um canal de 2ª ordem e assim em diante.
CARACTERÍSTICAS AREAIS	
Área(A) / Perímetro(P)	A área(A) territorial que abrange o conjunto dos canais; o perímetro(P) é a medida do contorno da bacia hidrográfica.
Densidade de Drenagem (Dd)	É a relação do comprimento total dos canais e a área da bacia, sendo calculado pela fórmula Dd = Lt / A (Dd = densidade de drenagem; Lt = comprimento total dos canais; A = área da bacia hidrográfica.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Densidade de rios (Dh)	Mostra a relação entre o número total de canais e a área da bacia, expresso pela seguinte fórmula Dh = N / A (Dh = densidade de rios; N = número total de canais; A = área da bacia.
Fator de forma (Kf)	Representa a relação entre a largura média e o comprimento da foz até o ponto mais longínquo da bacia, na seguinte expressão matemática Kf = A / L² (Kf = fator de forma; A = área da bacia; L = largura média).
Coeficiente de manutenção (Cm)	Representa a área mínima para a manutenção em metro de canal escoamento, obtido através da seguinte fórmula: Cm = 1 / Dd x 1000 (Cm = coeficiente de manutenção; Dd = densidade de drenagem).
Coeficiente de compacidade (Kc)	Este se refere a largura média da bacia e o comprimento axiforme, pode se obter através da seguinte fórmula: Kc = 0,28 P / √A (Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro; A = área da bacia). Também denominado de Índice de Gravelius, indica a circularidade da bacia, onde 1,00 – 1,25 = bacia com alta propensão a inundações; 1,25 – 1,50 = bacia com tendência mediana a inundações; > 1,50 = bacia com baixa tendência a inundações.
Índice de circularidade (Ic)	É a relação entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro que ela. É a "relação existente entre a área da bacia e a área do círculo do mesmo perímetro" (CHRISTOFOLETTI, p. 114, 1980). Pode-se obter através da fórmula: Ic = A / Ac (Ic = índice de circularidade; A = área da bacia; Ac = área do círculo igual ao perímetro).
CARACTERÍSTICAS HIPSOMÉTRICAS	
Amplitude altimétrica máxima (Hm)	É a extração da média entre os dez pontos mais elevados da bacia.
Relação de relevo (Rr)	Relaciona a amplitude altimétrica máxima e a maior extensão da bacia, onde é obtido através da seguinte expressão: Rr = Hm / L (Rr = relação de relevo; Hm = é a amplitude topográfica máxima; L = comprimento da bacia).
Índice de rugosidade (Ir)	Expressa um dos aspectos da análise dimensional da topografia. Pode-se obter através da seguinte expressão: Ir = H x Dd (Ir = índice de rugosidade; H = amplitude altimétrica; Dd = densidade de drenagem.

Fonte: FRANÇA, E. M. S., & PINTO, J. E. S. D. S. (2021). **Adaptado:** Autor, (2024).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

6.2 USO DO SIG

O uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas) Qgis® 3.28 (versão) possibilitou uma interpretação de suas características físicas e ocupação da terra no município de Duque de Caxias. Foram utilizadas camadas (*shapefiles)* disponíveis no site do IBGE, com a datação do ano de 2021, principalmente para o recorte municipal e os limites territoriais.

Para a produção do mapa de uso da terra foram utilizados *shapefiles* do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) que possibilitou a visualização do uso do solo dentro do município, e processadas na extensão para classificação supervisionada semiautomática SCP, obtendo duas amostras, facilitando a compreensão da dinâmica territorial. Para além, também foi utilizado imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução de 30 metros para a elaboração de MDE (Modelo Digital de Elevação).

Para a elaboração do mapa hipsométrico foi utilizado o mesmo MDE do mapa de uso e cobertura da terra, após isso foi usada a ferramenta “Reclassificar por tabela” para criar as linhas com os valores de altitude. Em seguida, foi aplicado uma falsa cor para melhor visualização com a finalidade de obter a amplitude altimétrica do relevo para compreender os parâmetros morfométricos de amplitude altimétrica máxima, relação de relevo e o índice de rugosidade que expressam a análise dimensional da bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí.

A *priori*, todos os mapas foram elaborados através do Qgis® 3.28 (versão) e em todos os mapas estão apresentados o sistema geodésico SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geodésico das Américas) e todos os *shapefiles* que não estavam nesse sistema foram alterados para o sistema utilizado nesse trabalho (SIRGAS 2000/UTM zone 23ºS). Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-8 através do sensor *Operational Land Imager* (OLI) possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas (EMBRAPA, 2024) e tratadas na banda do

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

RGB[4], realizando o Processamento Digital de Imagens dentro do QGis® e classificadas como “Área urbana”, “Vegetação” e “Corpos hídricos”, podendo assim, estabelecer como o território de Duque de Caxias está ocupado.

A elaboração do mapa que representa o limite municipal foi utilizada um *shapefile* disponível no site do IBGE onde mostra todos os municípios do estado do Rio de Janeiro, onde nesse mapa foi selecionado através da Tabela de Atributos > Campo e Valores > NM_MN > Duque de Caxias > Selecionar feições. Feito isso, foi possível observar dentro do estado o município em destaque.

Para a elaboração do mapa de delimitação da bacia, foram utilizados dois MDE’s que foram tratados e mesclados para assim caber a delimitação da BH, no qual foram utilizadas ferramentas como o *Fill sinks (Wang & Liu), r. watershed e r. water. outlet* que tornaram visível a delimitação da bacia, além da sua drenagem e o fluxo, como está representado na figura 1. Ademais, para a elaboração do mapa de declividade, foi realizado um mapa hipsométrico que utilizou o MDE mesclado e a ferramenta “Reclassificação por tabela” onde foi tratado e alterado a simbologia, adicionando uma falsa cor ao mapa para que pudesse ser visível a variação altimétrica da bacia, aplicado também um sombreamento na simbologia para uma melhor visualização.

A partir do mapa gerado foi possível interpretar a variação altimétrica, onde está situado o limite entre a Serra do Mar e a Baixada. Por fim, o último mapa elaborado foi o mapa topográfico, no qual está representado as curvas de nível com uma equidistância de 10m, e para a sua elaboração foi utilizado a ferramenta Raster > Extrair > Contorno...; possibilitando assim a visualização da área de baixada em relação a pequena porção da área de altitude presente na BH, o processo foi feito de forma automática e foi necessário somente organizar a simbologia e alterar a cor para melhor interpretação.

O mapeamento e as análises morfométricas contribuem de forma a caracterizar e entender a dinâmica fluvial da bacia hidrográfica em questão e como a revisão bibliográfica que aborda a questão de um planejamento setorial

[4] RGB: Abreviatura para *Red* (Vermelho), *Blue* (Azul), *Green* (Verde). Representa o método de cores utilizadas para a reprodução em monitores por exemplo.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

e a expansão urbana. Para isso, os mapas de hipsometria, uso e cobertura da terra e o mapa de delimitação da bacia hidrográfica em questão representaram de forma visual os limites da bacia, a área e sua amplitude altimétrica, enquanto os parâmetros morfométricos selecionados para este trabalho expressaram as características físicas a serem analisadas.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir dos cálculos e da interpretação dos mapas, juntamente com a análise dos autores mencionados anteriormente, mostram que a bacia é de **6ª ordem** (STRAHLER, 1952) e com um **padrão de drenagem** dendrítica (CHRISTOFOLETTI, 1980). A análise linear (Quadro 2) evidencia o **índice de sinuosidade** (11,66) que indica uma significativa sinuosidade, influenciando na velocidade do escoamento (VILELLA E MATTOS, 1975), além de possuir baixa capacidade no transporte de sedimentos.

Quadro 2 – Análise linear da BH do rio Iguaçu-Sarapuí

Comprimento do canal principal (L)	193,79 Km
Comprimento total dos canais (Lt)	1298,154 Km
Comprimento da bacia (L)	28,45 Km
Índice de sinuosidade (Is)	11,66
Número total de nascentes	1477
Ordem dos cursos d´água	6ª

Fonte: Autor, (2024).

A análise areal (Quadro 3) apresenta a **densidade de drenagem** (1,75Km/Km²). Segundo Vilella e Mattos (1975), esse valor pode variar de 0,5Km a 3,5Km ou mais. No caso da bacia em questão, possui uma drenagem intermediária. Esse parâmetro é um dos mais importantes pois reflete o balanço entre as forças erosivas e a resistência da superfície. Este se relaciona as condições climáticas, litológicas e vegetação, o resultado indica uma influência combinada de condições geológicas e geomorfológicas que reflete uma maior capacidade de infiltração. O **índice de circularidade** (0,39) e o **coeficiente de compacidade** (2,06) combinados ao **fator de forma** (0,019) indicam uma geometria irregular e com baixa susceptibilidade a inundações. Para Schumm (1956) o índice de circularidade com valores menores que 0,51

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

caracterizam uma bacia mais alongada, o que corrobora com a baixa susceptibilidade a inundação. O coeficiente de compacidade indica uma bacia irregular com resultado acima de 1 (um) que colabora com a baixa propensão a inundação (VILELLA; MATTOS, 1975).

Quadro 3 – Análise areal da BH do rio Iguaçu-Sarapuí

Área (A)	739,02 Km²
Perímetro (P)	200,01 Km
Densidade de Drenagem (Dd)	1,75 Km/Km²
Densidade de rios (Dh)	3,228 canais/Km²
Fator de forma (Kf)	0,019
Coeficiente de manutenção (Cm)	0,571 m²
Coeficiente de compacidade (Kc)	2,06
Índice de circularidade (Ic)	0,39
Padrão de drenagem	Dendrítico

Fonte: Autor, (2024).

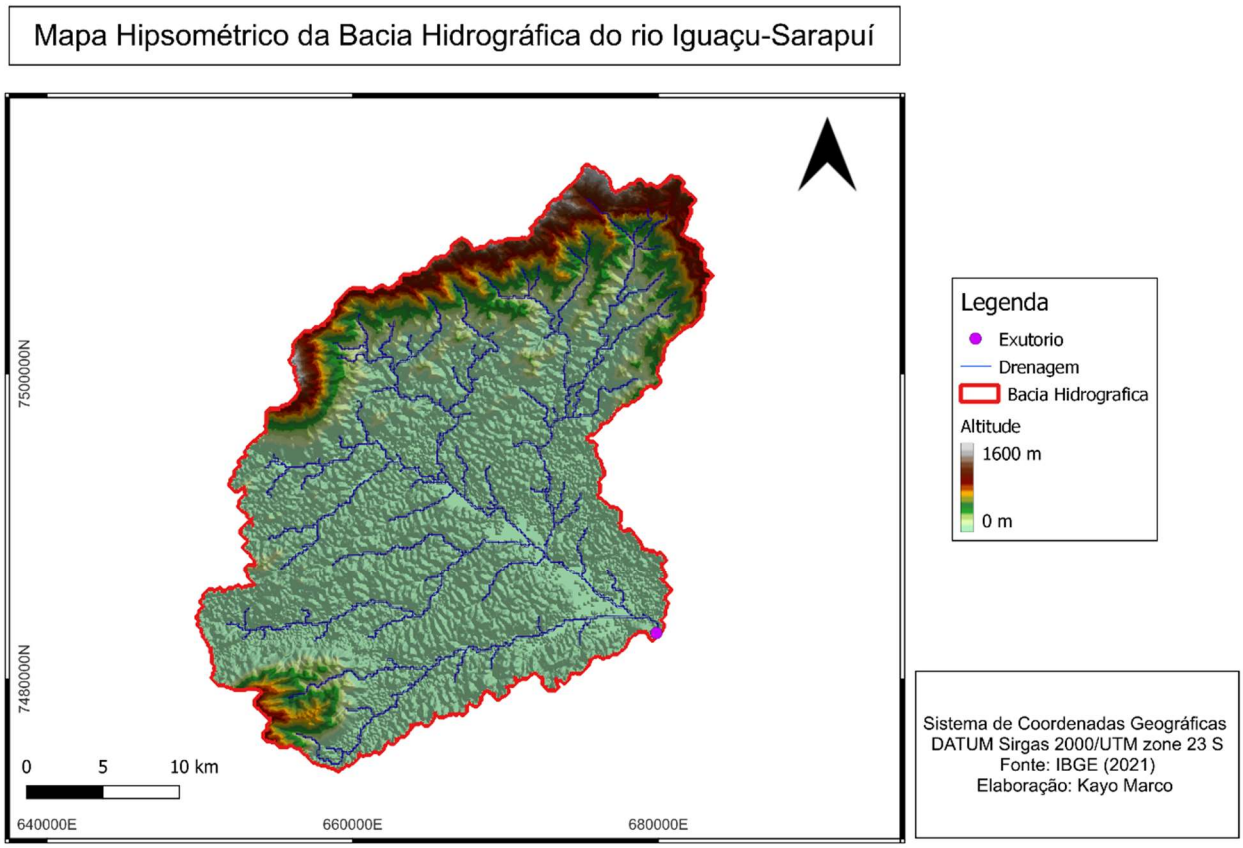
O **coeficiente de manutenção** (0,571m²) indicou que na bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí é necessário esse valor para manter ativo 1 (um) metro quadrado de escoamento no canal fluvial. A análise hipsométrica (Figura 14), expresso no quadro 4, indica a **amplitude altimétrica máxima** (1600m) e a mínima de (5m) onde podemos observar o encontro da serra do mar com a baixada fluminense, resultando em uma **relação de relevo** (0,0523). O **índice de rugosidade**[5] (2,5) se justifica pela alta amplitude altimétrica e densidade de drenagem intermediária, no qual segundo Sherem (2008) o índice de rugosidade elevado indica maior potencial para cheias, pois são bacias com muita energia (maior amplitude altimétrica) ou com grande

[5] Se a Dd aumenta enquanto o valor de H permanece constante, a distância horizontal média entre a divisória e os canais adjacentes será reduzida, acompanhada de aumento na declividade das vertentes. Se o valor de H aumenta enquanto a Dd permanece constante, também aumentarão a declividade e as diferenças altimétricas entre o interflúvio e os canais. Os valores extremamente altos do índice de rugosidade ocorrem quando ambos os valores (Dd e H) são elevados, isto é, as vertentes são longas e íngremes (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.121).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

transmissividade, convertendo o fluxo da vertente em fluxo fluvial em menor tempo.

Figura 14 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí.



Fonte: Autor, (2024).

Quadro 4 – Análise hipsométrica da BH do rio Iguaçu-Sarapuí

Amplitude altimétrica máxima (Hm)	1600 m
Relação de Relevo (Rr)	0,0523
Índice de rugosidade (Ir)	2,5

Fonte: Autor, (2024).

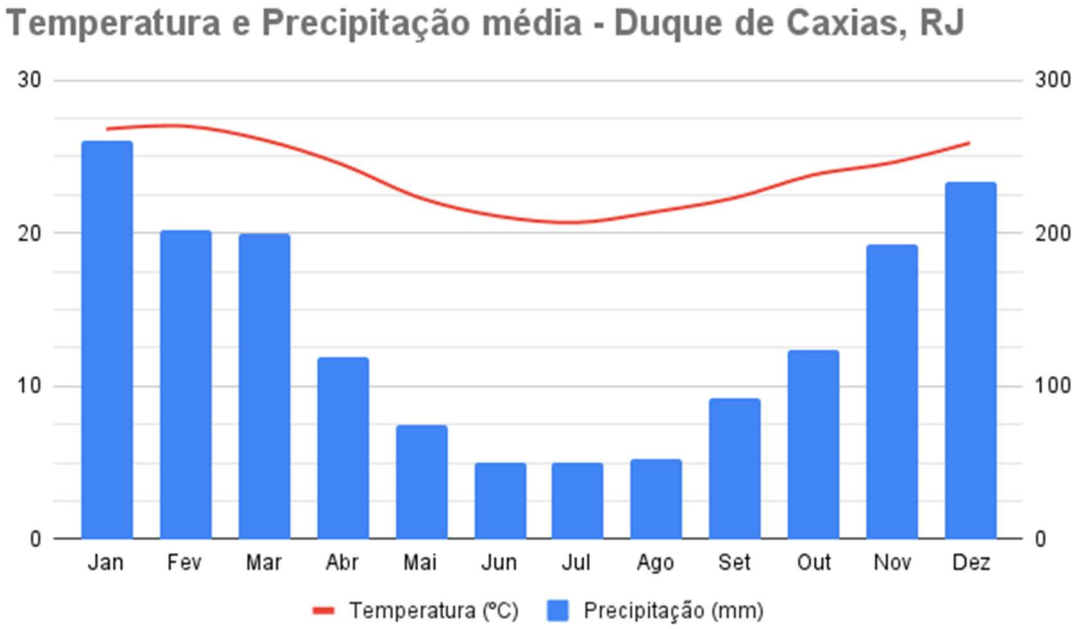
Esses parâmetros levantados indicam uma bacia com baixa susceptibilidade a inundação, porém, possui um potencial para cheia devido ao fato de ser uma bacia com mais energia devido suas características morfométricas. Ademais, esses fatores combinados a uma urbanização crescente e sem planejamento, impulsionam a potencialidade de cheia que

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

ocasiona impactos como os alagamentos dentro da cidade em períodos de elevados totais pluviométricos (entre novembro e março).

A fim de compreender a relação dos parâmetros morfométricos e a precipitação média no município de Duque de Caxias, observa-se que o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade juntamente do fator de forma indicam baixa susceptibilidade a inundações. Entretanto, o índice de rugosidade elevado indica alta capacidade para cheias visto que possui uma alta amplitude altimétrica e combinado com os períodos indicados na tabela, no qual entre os meses de novembro a março ocorre um total de precipitação média maior, entre 150 mm e 280 mm (Figura 15). Analisando esses parâmetros, é verificável que esses e outros valores sofrerão alterações, visto que quando se tem uma maior precipitação na área da bacia a densidade de drenagem tende a aumentar, tornando a bacia mais propensa a cheias, além do indicado no valor da Dd (1,75Km/Km²) é conclusivo que, em períodos de chuvas mais intensas, a bacia, por ter uma alta energia, está mais propensa a cheias.

Figura 15 – Temperatura e Precipitação mensal em Duque de Caxias – RJ



Fonte: Autor, (2024).

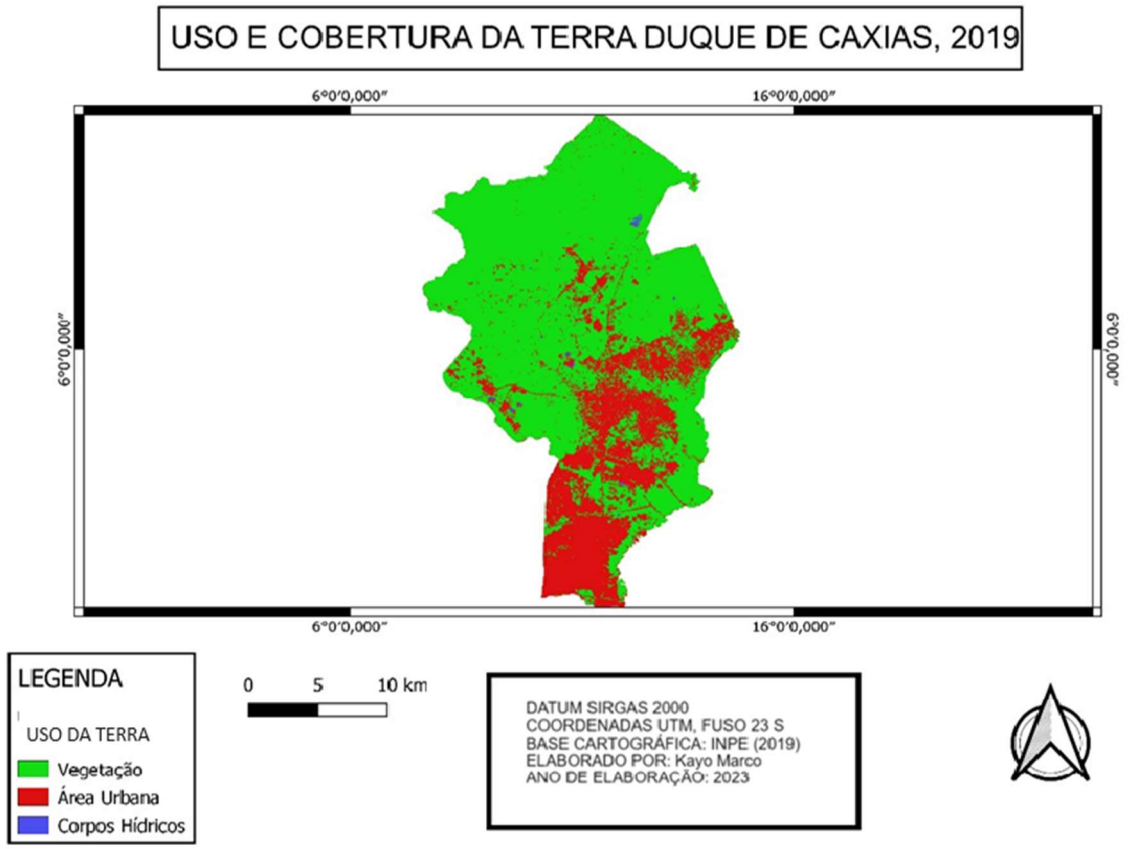
Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

O climograma acima indica em suas colunas, a média de precipitação em meses durante um ano, enquanto a linha vermelha indica a média da temperatura ao longo do ano no município de Duque de Caxias. Todos os valores obtidos e representados nas tabelas foram realizados a partir de revisões bibliográficas mencionadas no início do capítulo e através de cálculos realizados para que pudessem ser representados de forma objetiva a fim de compreender a caracterização da bacia e a compreensão de como os elementos antrópicos potencializam as características da bacia que foi estudada. Em síntese, proporcionam uma visão mais crítica de como o avanço urbano e as implicações de um plano diretor desatualizado corroboram com os danos causados dentro do município de Duque de Caxias, sendo de suma importância a compreensão desses fatores para um estudo aprofundado a respeito dos alagamentos que ocorrem dentro do território.

O mapa de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2019 (Figura 16) mostra uma redução de sua cobertura vegetal, enquanto o avanço urbano vai tomando conta do território. Ou seja, pode-se afirmar através dos estudos realizados que a bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí possui baixa susceptibilidade a inundação, porém esta é uma análise de toda a bacia e não das suas sub-bacias, onde podem ter uma susceptibilidade maior. Contudo, as interferências antrópicas, tal como a ocupação irregular na calha primária e secundária, implementação de rodovias e indústrias a margem dos rios e a degradação da bacia podem ocasionar um desiquilíbrio fluvial, aumentando a susceptibilidade a inundação da bacia do rio Iguaçu-Sarapuí.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

Figura 16 – Uso e Cobertura da terra em Duque de Caxias, 2019.



Fonte: Autor, (2023).

Dentro das análises realizadas, é importante ressaltar que a maior parte da BH se encontra em uma região plana, de baixada, que é preciso se entender esse fator tanto para o planejamento territorial, tanto para quando houver interferência humana no meio natural, isso se estende pela remoção da cobertura vegetal ao longo da bacia, aumentando a velocidade de escoamento e diminuindo sua retenção de água no solo, resultando em enchentes e no aumento da degradação da bacia. Sendo assim, a magnitude dos picos de enchentes, a baixa taxa de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial e este está relacionado com o relevo (PEREIRA, P. S. P. M., MENDES, L. D. p. 44, 2018).

Rodrigues (2016) mostra nessa área, ao longo de um período de 25 anos (1990-2015), uma redução de áreas de pastagens ou campos abertos (-14%) e de cobertura vegetal (-2%) e, por outro lado, um aumento de áreas construídas (+33%) e de solos expostos (+15%), ressaltando o processo de expansão urbana. Processo esse que foi impulsionado por diversos fatores que remetem desde o século passado e perduram até hoje, tais processos como a

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

implementação da Rodovia Washington Luís, Refinaria de Duque de Caxias, Fábrica Nacional de Motores, dentre outras infraestruturas. Ademais, a problemática se intensifica devido a fatores como um planejamento setorial, e não um planejamento territorial, a vigência de um PD[6] que está vencido a 10 anos e desde então não se tem atualizações, esses fatores, juntamente com suas características físicas nos trazem um entendimento mais aprofundado sobre a relação da BH e o uso e ocupação do solo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse trabalho mostram a importância de se entender as características físicas da bacia e como ela está relacionada com os eventos de inundação e enchentes. Além disso, os principais parâmetros que confirmam a potencialidade de enchentes urbanas são: o índice de circularidade, a densidade de drenagem, o coeficiente de compacidade, fator de forma e o índice de rugosidade, esses índices evidenciam que a BH do rio Iguaçu-Sarapuí possui uma geometria irregular e com baixa susceptibilidade a inundações.

Os conceitos de enchentes e inundações são utilizados diariamente pela população, principalmente pelo fato de estarem envolvidos diretamente no assunto. Esse estudo mostrou a importância de seguir em diante com o tema e buscar formas que possam mitigar, ou interferir de forma a buscar possíveis soluções para a problemática abordada.

Duque de Caxias passou e passa por um grande processo de adensamento urbano, algo que não é característico do município, mas sim da RMRJ[7] e do próprio estado que possui um número bastante elevado de área urbanizada, além da implementação de obras a margem dos rios, onde ambos sem planejamento[8] adequado e a falta de revisão no PD continuam impactando

---

[6] PD (Plano Diretor): é um pacto social que define os instrumentos de planejamento urbano para reorganizar os espaços da cidade e garantir a melhoria da qualidade de vida da população. Sendo de competência dos Municípios pois lhe cabe executar a política urbana, consoante rezam o art. 182 e seu § 1°, da Constituição Federal.

[7] RMRJ: Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

[8] O modelo de lei complementar (que é sob o qual o PD é regido), deve obedecer ao Estatuto da Cidade - Lei Nº 10. 257 de 10 de julho de 2001, que determina as estratégias a serem adotadas pelas prefeituras, com base nas necessidades de cada município (NOVAES, P. F. R., OLIVEIRA, R. S. p. 5, 2020).

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

não somente a bacia do rio Iguaçu-Sarapuí, mas sim a população vulnerabilizada e toda a dinâmica natural. Por fim, pode-se observar que a bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí por ter uma grande relevância e importância para a Baixada Fluminense, se faz necessário um melhor planejamento territorial, visando mitigar os danos ocasionados em períodos de grandes chuvas.

Essa pesquisa é de grande importância para ressaltar como a falta de um planejamento territorial integrado e ações conjuntas entre as esferas políticas precarizam uma situação de vulnerabilidade social que contribui para uma degradação do meio natural dentro do município de Duque de Caxias. Além de que, esse estudo possibilita uma maior área de estudo e discussão. Sendo fundamental para o município e consequentemente para o estado do Rio de Janeiro.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, T. C. Uma visão integrada dos impactos ambientais no estado do Rio de Janeiro. In. *Revisando o Território Fluminense VI.* **SciELO – *EDUERJ***, pp 65-86, 2017.

ARAUJO, L. F., CAMARGO, F. P., NETTO, A. T., VERNIN, N. S., ANDRADE, R. C. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência & Saúde Coletiva**, 2022.

BARBOSA, C. M. S., MATTOS, A. Problemática da gestão das águas nas grandes cidades do Brasil. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 1-7, 2007.

BORSOI, Z. M. F., TORRES, S. D. A. A Política de Recursos Hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-166, 1997.

CARNEIRO, P. R. F. Gestão metropolitana e gerenciamento integrado dos recursos hídricos. **Cadernos Metrópole**, v. 11, n. 22, 2009.

CARNEIRO, P. R. F., CARDOSO, A. L., AZEVEDO, J. P. S. O planejamento do uso do solo urbano e a gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí na Baixada Fluminense. **Cadernos Metrópole**, n. 19, pp. 165-190, 2008.

CAMPOS, S. J. A. M., STEFANI, F. L., PAULON, N., FACCINI, L. G., BITAR, O. Y. Mapeamento de áreas sujeitas à inundação para planejamento e gestão territorial: cartas de suscetibilidade, perigo e risco. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, p. 67-81, 2015.

CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais). Disponível em: < http://www2.cemaden.gov.br/deslizamentos/ > Acesso em: fevereiro, 2024.

COELHO, A. L. S. Problemas socioambientais e deficiência no saneamento básico: bacia rio Iguaçu-Sarapuí. **Revista Tecnologia & Cultura** – Rio de Janeiro, n. 31, ano 21, p. 36-44, 2018.

COSTA, A. F. S., TEIXEIRA, C. M., SILVA, C. S., NASCIMENTO, J. A., OLIVEIRA, M. M., QUEIROZ, Y. O., SILVA, M. J. Recursos Hídricos. **Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n.15, p. 67-73, 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher, 188 p. 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Disponível em: < https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/index.html > Acesso em: fevereiro, 2024.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Disponível em: < https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat > Acesso em: fevereiro, 2024.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

FERREIRA, F. P. M., CUNHA, S. B. Enchentes no Rio de Janeiro: efeitos da urbanização no rio Grande (Arroio Fundo) Jacarepaguá. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 19, 1996.

FLORIANO, M. D., LOUREIRO, C. F. B. Educação ambiental em Duque de Caxias, RJ: contradições entre o discurso hegemônico e as questões socioambientais do território. **Educar em Revista**, Curitiba, v. 38, 2022.

FRANÇA, E. M. S., PINTO, J. E. S. S. Análise de parâmetros morfométricos na microbacia do riacho Flamengo em Garanhuns, PE. **Caderno de Geografia,** v. 31, n. 64, 2021.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: < https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html > Acesso em: fevereiro, 2024.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/duque-de-caxias/panorama > Acesso em: novembro, 2023.

INEA (Instituto Estadual do Ambiente). Disponível em: < https://www.inea.rj.gov.br > Acesso em: novembro, 2023.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Disponível em: < https://portal.inmet.gov.br/noticias/eventos-extremos-janeiro-de-2024-foi-marcado-por-chuva-acima-da-média-na-bahia-rio-de-janeiro-pará-e-minas-gerais > Acesso em: fevereiro, 2024.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Disponível em: < https://www.gov.br/inpe/pt-br > Acesso em: fevereiro, 2024.

LAMEGO, A R. O homem e a Guanabara. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- Conselho Nacional de Geografia, 1964. 415 p.

LIMA, A. A. M., SOUZA, A. P. Reflexões e contribuições aos estudos de risco e justiça ambiental na Baixada Fluminense, Duque de Caxias – RJ. **Revista Eletrônica História, Natureza e Espaço**, v. 3, n. 2, 2014.

LIMA, E. C., SILVA, E. V. Estudos geossistêmicos aplicados a bacias hidrográficas. **Revista Equador (UFPI)**, v. 4, n. 4, p. 3-20, 2015.

MIRANDA, A. S. Gerenciamento de bacias hidrográficas - estudos de caso da bacia hidrográfica do rio Iguaçu no município de Nova Iguaçu. **Revista Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 13, n. 1, pp 37-49, 2017.

NOVAES, P. F. R., OLIVEIRA, R. S. A integração do plano diretor de Duque de Caxias e os recursos hídricos. **ENG045**, Duque de Caxias – RJ, 2020.

OSCAR JÚNIOR, A. C. S. Suscetibilidade ao impacto pluviométrico na região metropolitana do Rio de Janeiro: es tudo de caso no município de Duque de Caxias. Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 22, n. 1, p. 210-226, mês. 2018. ISSN 2179-0892.

PEREIRA, P. S. P. M. L., MENDES, L. D. Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do rio Iguaçu-Sarapuí, na baixada fluminense (RJ),

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34

para avaliação de parâmetros de suscetibilidade à ocorrência de enchente e inundação. **Revista Continentes (UFRRJ)**, ano 7, n. 13, 2018.

PORTO, K. G., FERREIRA, I. M. Gestão das bacias hidrográficas urbanas e a importância dos ambientes ciliares. **GEOGRAFIA EM QUESTÃO**, v. 5, n. 2, p. 43-57, 2012.

Prefeitura Municipal de Duque de Caxias. Disponível em: < https://duquedecaxias.rj.gov.br > Acesso em: novembro, 2023.

RIBEIRO, W. C. Políticas públicas ambientais no Brasil: mitigação das mudanças climáticas. ***Revista Electrónica de Geografia y Ciencias Sociales***, v. XII, n. 270(25), 2008.

RODRIGUES, A. L. T. Duque de Caxias: novos e velhos desafios em questão. **Espaço e Economia**, n. 10, 19 jun. 2017.

SILVA, A. M., PEREIRA, C. E. R. F., ALVES, R. M. Impacto das inundações nas cidades: caso do município de Duque de Caxias. **IV SINGEURB** – Rio de Janeiro, 22 a 24 de novembro de 2023.

SILVA, L. C., TRAVASSOS, L. Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. **Cadernos Metrópole**, n. 19, pp. 27-47, 1º sem.2008.

SILVEIRA, L. A. A produção de desigualdades territoriais a partir de políticas públicas no município de Duque de Caxias – RJ. **Revista de Geografia**, v. 4, n. 1, 2014.

SCHUMM, S. A. *Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambo, New Jersey.* ***Geological Society of American Bulletin***, p. 597-646, 1956.

SHEREM, L. F. S. Análise morfométrica da Bacia do Alto do Rio das Velhas – MG. **Instituto de Geociências (UFMG)**, Belo Horizonte, 2008.

SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento). Disponível em: < https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis > Acesso em: novembro, 2023.

STRAHLER, A. N. *Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography.* ***Geological Society of American Bulletin***, p. 1.117-1.142, 1952.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados 22 (63), p. 7-16, 2008.

VILELLA, S. M., MATTOS, A. A Hidrologia aplicada. São Paulo: ***Mc Graw-Hill* do Brasil**, 245 p. 1975.

WEISS, R., PIPPI, L. G. A. Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental. **TerraPlural**, Ponta Grossa, v. 13, n. 3, p. 272-295, 2019.

Versão Final Homologada
22/05/2024 10:34