

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FRANCIELE MARILIES ESTEVAM

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA MAPEAMENTO DAS FORMAS DE RELEVO  
TECNOGÊNICO: APLICAÇÃO NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR -  
CURITIBA/PR

CURITIBA

2025

FRANCIELE MARILIES ESTEVAM

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA MAPEAMENTO DAS FORMAS DE RELEVO  
TECNOGÊNICO: APLICAÇÃO NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR -  
CURITIBA/PR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, na linha de pesquisa Paisagem e Análise Ambiental, como requisito para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Claudinei Taborda Da Silveira

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Estevam, Franciele Marilies

Proposta metodológica para mapeamento das formas de relevo tecnogênico: aplicação no Campus Centro Politécnico da UFPR - Curitiba/PR / Franciele Marilies Estevam. – Curitiba, 2025.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Orientador: Claudinei Taborda da Silveira

1. Geomorfologia antropogênica – Curitiba (PR). 2. Mapeamento geomorfológico. 3. relevo tecnogênico. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Silveira, Claudinei Taborda da. IV. Título.

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GEOGRAFIA -  
40001016035P1

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **FRANCIELE MARILIES ESTEVAM**, intitulada: **PROPOSTA METODOLÓGICA PARA MAPEAMENTO DAS FORMAS DE RELEVO TECNOGÊNICO: APLICAÇÃO NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR - CURITIBA/PR**, sob orientação do Prof. Dr. CLAUDINEI TABORDA DA SILVEIRA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 03 de Dezembro de 2025.

Assinatura Eletrônica

09/12/2025 11:47:46.0

CLAUDINEI TABORDA DA SILVEIRA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

11/12/2025 10:34:45.0

OTACÍLIO LOPES DE SOUZA DA PAZ

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - UNESPAR)

Assinatura Eletrônica

09/12/2025 18:12:49.0

NINA SIMONE VILAVERDE MOURA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL)

---

Av. Cel. Francisco H dos Santos, 100 - Ed. João José Bigarella - 1º andar - sala 107 - CURITIBA - Paraná - Brasil  
CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3450 - E-mail: posgeografia@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.  
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 502761

**Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 502761**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Isaias e Eliane, pelo amor, incentivo e apoio incondicional ao longo de toda a minha trajetória acadêmica.

Ao meu marido, Abel, pelo carinho, paciência e compreensão nos momentos em que precisei me dedicar intensamente a este trabalho, tornando tudo mais leve e possível.

Aos meus pequenos, Clara e Gabriel, pelos momentos em que minha atenção precisou se dividir, mas cujo amor e alegria sempre me motivaram a seguir em frente; agradeço também ao pai e aos avós, que tornaram esses períodos tão mais tranquilos.

À minha amiga e colega de trabalho, Vera Rocha, parceira de disciplinas e de muitas conversas ao longo do mestrado, pelas trocas constantes, incentivo e apoio.

Ao meu orientador, professor Claudinei, pela orientação atenta, assertiva e generosa, sempre guiando meu trabalho com paciência e experiência.

Aos professores Otacílio Paz e Ricardo Michael da Silveira, pelas contribuições valiosas durante a banca de qualificação, fundamentais para o aprimoramento deste estudo.

Ao professor Tony Sampaio, pela gentileza em disponibilizar o ortomosaico do Campus Centro Politécnico, que foi essencial para a execução desta pesquisa.

## RESUMO

As ações antrópicas na paisagem alteram sobremaneira a morfologia e a morfodinâmica do relevo, principalmente em áreas urbanas. Essas modificações resultam no relevo tecnogênico, objeto de estudo da Geomorfologia Antropogênica. Essas feições provenientes da atividade humana, carecem de identificação, classificação e espacialização sistemática para subsidiar o planejamento, a gestão urbana, bem como a análise das áreas de risco geomorfológico e ambiental. Neste contexto, essa pesquisa tem como objetivo desenvolver e testar uma proposição metodológica integrada de mapeamento do relevo tecnogênico, a partir da adaptação de técnicas de análise multitemporal, Diferenciação de Modelos Digitais do Terreno (DoD), interpretação de uso e cobertura da terra e diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR) tendo como área de estudo o Campus Centro Politécnico da UFPR, localizado em Curitiba-PR. Para isso, foram utilizadas bases históricas (cartas topográficas, ortofotos e MDTs de diferentes períodos), integrados em ambiente SIG, para elaboração dos produtos cartográficos. Com esses dados realizou-se a análise da alteração da cobertura e uso da terra no período de 1962 a 2024, análise da hipsometria e declividade, e utilizando-se a Diferenciação de Modelos Digitais de Terreno calculou-se o volume de material remobilizado, que associada a Cartografia geomorfológica retrospectiva, e observações em campo resultaram no mapa da geomorfologia Tecnogênica. Os principais resultados encontrados se relacionam a intensa alteração na cobertura e uso da terra, que acarretou 42% da área impermeabilizada, substituição da vegetação nativa (campos naturais) por gramíneas exóticas, soterramento e canalização de grande parte da hidrografia. Essas alterações reduziram a infiltração da água no solo, elevando os picos de vazão evidenciando o impacto cumulativo das intervenções antrópicas sobre a morfodinâmica local. O cálculo do volume de material remobilizado revelou significativa movimentação de massa e predominância de processos de escavação sobre os de deposição, demonstrando o impacto geomorfológico das intervenções antrópicas. A análise hipsométrica e de declividade mostrou a redução das cotas mais elevadas e planificação de áreas originalmente de colinas de topos alongados, além da elevação de planícies fluviais. A elaboração do Mapa de Relevo Tecnogênico em escala de detalhe (1:5.000) permitiu a classificação e espacialização das formas tecnogênicas, articulando os níveis taxonômicos e as categorias morfológicas em uma legenda adaptada às feições urbanas. Os resultados confirmam que a urbanização é um dos principais agentes de transformação da paisagem, gerando formas tecnogênicas que modificam a dinâmica geomorfológica e hidrológica. A metodologia integrada, proposta permitiu identificar e quantificar feições antrópicas, além de uma abordagem replicável e aplicável a outros contextos urbanos, com disponibilidade de dados, contribuindo para o avanço da geomorfologia aplicada e para o planejamento e gestão de ambientes urbanos.

**Palavras-chave:** geomorfologia antropogênica; relevo tecnogênico; mapeamento geomorfológico; diferenciação de MDTs.

## ABSTRACT

Anthropic actions on the landscape significantly alter the morphology and morphodynamics of the relief, especially in urban areas. These modifications result in technogenic relief, the object of study of Anthropogenic Geomorphology. Such features, derived from human activity, require systematic identification, classification, and spatialization to support urban planning and management, as well as the analysis of geomorphological and environmental risk areas. In this context, this research aims to develop and test an integrated methodological proposal for mapping technogenic relief, based on the adaptation of multitemporal analysis techniques, DEMs of difference (DoD), interpretation of land use and land cover, and guidelines for mapping technogenic landforms from the Brazilian Relief Classification System (SBCR), using the Centro Politécnico Campus of the Federal University of Paraná (UFPR), located in Curitiba, Brazil, as a study area. Historical datasets (topographic maps, orthophotos, and DEMs from different periods) were integrated in a GIS environment to produce cartographic outputs. Using these data, land use and land cover changes between 1962 and 2024 were analyzed, along with hypsometry and slope, and the DEMs of difference was applied to estimate the volume of remobilized material. Combined with retrospective geomorphological cartography and field observations, these analyses resulted in the Technogenic Geomorphology Map. The main findings reveal intense changes in land use and cover, resulting in 42% of the area being impermeable, the replacement of native vegetation (natural grasslands) by exotic grasses, and the burial and channelization of much of the drainage network. These alterations reduced soil infiltration and increased peak discharges, evidencing the cumulative impact of anthropic interventions on local morphodynamics. The calculation of the remobilized material volume revealed significant mass movement, demonstrating the geomorphological impact of human-induced modifications. Hypsometric and slope analyses showed the reduction of higher elevations and the leveling of originally elongated hills, as well as the elevation of fluvial plains. The creation of the detailed Technogenic Relief Map (scale 1:5,000) enabled the classification and spatialization of technogenic landforms, integrating taxonomic levels and morphological categories in a legend adapted to urban features. The results confirm that urbanization is one of the main agents of landscape transformation, generating technogenic forms that modify geomorphological and hydrological dynamics. The integrated methodology proposed in this study made it possible to identify and quantify anthropogenic features and offers a replicable and adaptable approach for other urban contexts with available data, contributing to advances in applied geomorphology and to urban environmental planning and management.

**Keywords:** anthropogenic geomorphology; technogenic relief; geomorphological mapping; DEM differencing

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo. ....	19
Figura 2 - Centro Politécnico da UFPR – Transformações e acréscimos através do tempo (em laranja a área atual do Campus (Politécnico + Botânico) até 2008, com destaque para as edificações acrescidas ao Centro Politécnico. Fonte: (Adaptado de Sastre, 2016) .....	22
Figura 3 - Os sistemas controladores do sistema geomorfológico. Fonte: Adaptado de Christofolletti, 1980, p. 12. ....	26
Figura 4 - Diagrama Conceitual para classificação e mapeamento do Relevo Tecnogênico, elaborado pelo Grupo de Trabalho denominado Subsistema Relevo Tecnogênico, integrante do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR). Fonte: (Moura et al., 2023, p. 3). ....	46
Figura 5 - Fluxograma da pesquisa. Fonte: A autora (2025).....	50
Figura 6 - Formas e processos representados conforme adaptação da proposta taxonômica de Ross (1992).....	61
Figura 7 - Cobertura da terra em 1952 e 2024 .....	66
Figura 8 - Fotografias históricas do período de obras do Campus. Fonte: Projeto de Extensão – Resgate arquitetônico e estrutural do complexo Rubens Meister – Grupo Estruturas UFPR .....	67
Figura 9- Mosaico de fotografias históricas do período de obras do Campus (continuação).Fonte: Projeto de Extensão – Resgate arquitetônico e estrutural do complexo Rubens Meister – Grupo Estruturas UFPR. ....	68
Figura 10 - Campus Centro Politécnico em 1961, com círculos verdes destacando as hidrografias. Fonte: Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná <i>apud</i> Memória Urbana, 2015.....	69
Figura 11 - Edifício do setor de Ciências Biológicas em 1970. Fonte: Burmester (2002). ....	70
Figura 12 - Expansão das edificações no Campus Centro Politécnico. Fonte: A autora (2025).....	71
Figura 13 - Classes de Cobertura e uso do Solo de 1952: A e B – Floresta ombrófila mista; C – Estepe-gramíneo lenhosa (Campos naturais) e hidrografia. Fonte: A autora (2025). ....	72
Figura 14 - Classes de Cobertura e uso da terra de 2024: A – Área pavimentada (infraestrutura para esportes); B – Área pavimentada (arruamento e estacionamento) C – Fragmentos de Floresta ombrófila mista; D - Vegetação gramínea (exótica); E - Áreas não pavimentadas; F - Edificações .....	73
Figura 15 – Inundação associada a alagamento de 21/02/2019 na área de estudo (A – Perspectiva do bloco do Setor de Ciências da Terra; B – Perspectiva da rua em frente a Biblioteca de Ciência e Tecnologia). ....	75
Figura 16 - Cobertura e Uso da Terra de 1952 e 2024. ....	76
Figura 17 - Geologia da área de estudo. Fonte: A autora (2025).....	64
Figura 18 - Evolução da Hipsometria de 1962 e 2019. ....	78
Figura 19 - Perfis topográficos de 1962. ....	79
Figura 20 - Perfis topográficos de 2019. ....	80
Figura 21 - Perfis topográficos comparativos de 2019 e 1962. ....	81

Figura 22 - Evolução da Declividade de 1962 e 2019. ....	83
Figura 23 - Percentual de declividade por classe em 1962 e 2019. ....	85
Figura 24 - Quantitativo de material remobilizado (escavação), por classe de cobertura e uso da terra. ....	87
Figura 25- Quantitativo de material remobilizado (acumulação), por classe de cobertura e uso da terra. ....	88
Figura 26 – (A) Tecnoforma de acumulação, formando uma rampa de aterro e posterior corte para planificação na área de patamar, evidenciada em campo; (B) Perfil do relevo indicando a perspectiva de visualização da foto à partir da seta vermelha; (C) Produto obtido à partir da Diferenciação de MDT, validado à partir da imagem e perfil (seta vermelha – indicação da perspectiva da foto e perfil, traço vermelho indicando relevo natural – acima dela aterro/ abaixo corte). Localização: 25.4512194 S, 49.231486 O. .	89
Figura 27 - Comparativo das alterações topográficas de acumulação e escavação.....	91
Figura 28 - Mapa do Relevo Tecnogênico da área de estudo. Fonte: A autora (2025)..	94
Figura 29 - Tecnoforma de acumulação: Pilhas e montículos tecnogênicos. Foto: A autora (2025). ....	95
Figura 30 – Tecnoforma de escavação: Ruptura de declive por corte estabilizada. . Foto: A autora (2025). ....	96
Figura 31 - Tecnoforma de escavação e/ ou acumulação: Patamar.:. Foto: A autora (2025) .....	96
Figura 32 - Tecnoforma de acumulação: Planície fluvial tecnogênica. Foto: A autora (2025).....	97
Figura 33 – Tecnoforma de acumulação: Ruptura de declive por aterro estabilizada. Foto: A autora (2025) .....	97
Figura 34 – Tecnoforma de escavação: Ruptura de declive por corte.:. Foto: A autora (2025).....	98
Figura 35 – Tecnoforma de acumulação e escavação: Ruptura de declive por corte e aterro. Foto: A autora (2025).....	99
Figura 36 -Tecnoforma de acumulação: Ruptura de declive por aterro. Foto: A autora (2025).....	100
Figura 37 - Tecnoforma de escavação: Talude suave de corte. Foto: A autora (2025)	100
Figura 38 – Tecnoforma de Escavação: Área úmida. Foto: A autora (2025) .....	101
Figura 39 – Tecnoforma de Escavação e/ ou acumulação: Erosão.:. Foto: A autora (2025) .....	101
Figura 40 - Tecnoforma de Escavação e/ ou acumulação. Foto: A autora (2025) .....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos de controle para cálculo do Erro Quadrático Médio (RMSE) do MDT de 1962. ....	59
Tabela 2 - Área das classes de cobertura da terra de 1952.....	72
Tabela 3- Área das classes de Cobertura e uso da terra em 2024. ....	74
Tabela 4 - Área por classe de declividade em 1962.....	84
Tabela 5 - Área por classe de declividade em 2019.....	84
Tabela 6 - Volume de material remobilizado por tipo de alteração tecnogênica .....	86
Tabela 7 – Volume de material remobilizado por cobertura e uso da terra 2024. ....	87

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.2. OBJETIVOS .....	16
<b>2. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>18</b>
2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA .....	19
2.4. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	23
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>24</b>
3.1. A GEOMORFOLOGIA E O ESTUDO DO RELEVO .....	24
3.2. GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA E RELEVO TECNOGÊNICO – CONCEITOS E DEFINIÇÕES .....	27
3.3. PRINCIPAIS AUTORES E CONTRIBUIÇÕES NA GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA .....	30
3.4. ANTROPOGEOMORFOLOGIA URBANA .....	39
3.5. CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA E MAPEAMENTO DO RELEVO TECNOGÊNICO .....	41
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>49</b>
4.1. LEVANTAMENTO TEÓRICO E BASE DE DADOS .....	51
4.2. AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS GEOESPACIAIS .....	52
4.3. ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS .....	54
4.3.1. Elaboração dos mapas de Cobertura e Uso da Terra .....	54
4.3.2. Elaboração dos Mapas de hipsometria e declividade .....	55
4.3.3. Mapa de Geologia .....	56
4.3.4. Elaboração de MDT Comparativo (2019 e 1962) .....	57
4.5.5. Cálculo do volume de material remobilizado .....	59
4.5.6. Mapa do Relevo Tecnogênico da área de estudo .....	60
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>63</b>
5.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO .....	63
5.2. ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DA COBERTURA E USO DA TERRA DO CENTRO POLITÉCNICO .....	65
5.3. HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE .....	76

5.3.1.	Análise da hipsometria .....	77
5.4.	ANÁLISE DA GEOMORFOLOGIA TECNOGÊNICA DA ÁREA DE ESTUDO	85
5.4.1.	Volume de material remobilizado por classe de cobertura e uso da terra	.86
5.4.2.	Mapa da Geomorfologia Tecnogênica.....	88
5.4.3.	Análise da morfologia, morfografia, morfometria, morfogênese, morfodinâmica e morfocronologia das formas identificadas na área de estudo.....	95
5.5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	102
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>109</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>112</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A paisagem se constitui num elemento de fundamental importância de ser analisada em estudos no âmbito da Geografia, principalmente devido à ocorrência do processo de urbanização, que se intensificou nas últimas décadas e transformou profundamente as paisagens, gerando novas formas de relevo e alterando os processos geomorfológicos.

Esse fenômeno se acentua em áreas densamente urbanizadas, onde o crescimento populacional e a implantação e expansão da infraestrutura urbana alteram o equilíbrio sistêmico da natureza. Conforme destacado por Franzin (2019, p. 67), “as cidades assentadas sobre o relevo representam uma das mais profundas modificações humanas na natureza, pois criam novas condições aos fluxos de matéria e energia, as quais nem sempre se adequam às características naturais existentes, e seus efeitos atingem áreas além das urbanizadas”. Nesse contexto, a geomorfologia antropogênica surge como um campo de estudo fundamental, dedicado a analisar e compreender as transformações da superfície terrestre, desencadeadas pela ação humana.

As transformações que ocorrem na paisagem, precisam ser analisadas de forma sistêmica. Com isso, se faz necessário uma abordagem levando em consideração o geossistema (Soares, 2008; Christofoletti, 1980). Neste sentido, Rodrigues (1997, p. 108) ressalta que “a consideração do antrópico é essencialmente interdisciplinar e pode envolver os recursos da abordagem sistêmica. Envolve sobremaneira a questão da escala temporal, a noção de magnitude e frequência, noção de limiares assim como processos e sistemas geomorfológicos”. Conforme essas abordagens, podemos destacar que a paisagem não consiste na simples “adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução” (Bertrand, 2004, p. 141).

Relacionado a este contexto, se encontram as cidades, que se destacam na questão ambiental urbana, por apresentarem uma diversidade de ações antrópicas, no sentido de alterar os elementos geomorfológicos da paisagem. De acordo com Santos Filho (2011, p. 230) “o aprofundamento da interação entre a ação antrópica e o meio

natural no espaço urbano criou situações singulares e evidências específicas que devem ser analisadas em particular, como temáticas urbanas: encostas e solos, bacias hidrográficas, geomorfologia e geotécnica, planejamento e antropogeomorfologia urbanos”. Neste sentido, é importante a identificação das alterações no meio natural, relacionadas a ação antrópica. Pois são locais onde ocorre uma diversidade de impactos ambientais, ocasionados pela interferência da sociedade de uma forma geral no equilíbrio dinâmico da natureza. Essa interferência afeta de forma mais direta as formas de relevo, os processos geomorfológicos e os materiais (Moura et al. , 2023), gerando diferentes consequências no ambiente urbano.

As alterações realizadas pela ação antrópica no relevo, merecem abordagem específica, principalmente nas áreas urbanas, e que no contexto da geomorfologia urbana no Brasil, carece de arcabouço teórico-conceitual, metodológico e aplicado (Guerra; Marçal, 2006).

Neste sentido, apesar de no Brasil o foco dos estudos na antropogeomorfologia ser as áreas urbanas (Zanatta; Lupinacci; Boin, 2015), fica evidente a lacuna existente dentro dessa área de pesquisa, que necessita de um maior número de abordagens, a fim de enriquecer a questão teórica e conceitual, assim como a proposição e aplicação de metodologias de análise e mapeamento principalmente para áreas urbanizadas. Com isso, as formas de relevo urbanas e antropogênicas constituem o objeto de estudo desta pesquisa. Pois elas sintetizam os processos que as formaram e podem indicar possíveis consequências geomorfológicas e ambientais.

O mapeamento de feições antrópicas nas áreas urbanas é importante, para identificação das formas, processos e materiais provenientes da intervenção humana, servindo inclusive para utilização em planejamentos da construção e manutenção dos espaços, pois as cidades estão cada vez mais deterioradas por não ocorrer uma definição de parâmetros técnicos para a ocupação, principalmente de áreas mais suscetíveis a processos morfodinâmicos.

Goudie (2004), destaca que em algumas situações, a falta de compreensão sobre o funcionamento do sistema geomorfológico natural leva as ações antrópicas a modificarem formas e processos que podem desencadear eventos não previstos ou indesejados, tais como inundações, processos erosivos e movimentos de massa.

Nesse sentido, a cartografia geomorfológica se apresenta como um instrumento fundamental para compreender e representar essas transformações, permitindo registrar de forma sistemática as feições do relevo e suas alterações em decorrência da ação humana. A proposição de um sistema de legendas e representação de feições antropogeomorfológicas especificamente em áreas urbanas, de acordo com as formas, materiais e processos envolvidos, é, portanto, uma iniciativa necessária e relevante.

Trata-se de uma área de pesquisa repleta de lacunas a serem exploradas, que apresenta singular importância principalmente para o planejamento urbano, a formulação de políticas habitacionais, sociais e ambientais, entre outras relacionadas a este contexto. Apesar desses aspectos, a geomorfologia urbana muitas vezes acaba sendo explorada mais profundamente apenas após a ocorrência de desastres que resultam em perdas de vidas humanas.

O campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR) demonstra nitidamente essas interações entre processos naturais e antrópicos. Localizado em uma região urbana densamente ocupada, passou por diversas transformações ao longo do tempo que modificaram suas feições geomorfológicas.

O local se caracteriza por não apresentar um adensamento urbano, por se tratar de um Campus, apresenta muitas áreas permeáveis, distintas do contexto regional que se insere. Mas devido a facilidade de acesso, foi escolhido como representativo para o estudo detalhado do relevo antropogênico, com foco no mapeamento das formas e compreensão dos processos existentes.

Diante desse contexto, destaca-se a importância de desenvolvimento metodológico que possibilite compreender, classificar e representar as formas de relevo resultantes da ação antrópica em áreas urbanizadas. A carência de referenciais metodológicos consolidados voltados especificamente para a análise geomorfológica urbana, especialmente no Brasil, revela a necessidade de propostas que possam ser aplicadas e adaptadas a diferentes realidades territoriais urbanas.

Com base nisso, a proposição metodológica desta pesquisa baseou-se na integração de metodologias e técnicas consolidadas de análise geomorfológica, adaptadas para a escala de detalhe e para o contexto urbano do Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

Neste sentido, foi utilizado a cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva e a Diferenciação de Modelos Digitais de Elevação (DoD) de forma associada, constituindo-se uma característica inédita em estudos sobre o relevo tecnogênico no Brasil. A metodologia foi validada por meio de verificação em campo, assegurando a correspondência entre os resultados cartográficos e a realidade observada, e resultando em um procedimento adaptado para identificar e espacializar feições tecnogênicas em áreas urbanas de forma sistemática. Esses procedimentos resultaram na elaboração do mapa de relevo tecnogênico da área de estudo, em escala de detalhe 1:5.000.

Assim, o presente trabalho não apenas busca contribuir de forma teórica, mas também metodológica, propondo um caminho possivelmente replicável em áreas que possuem dados topográficos históricos disponíveis, integrando análise multitemporal, dados geoespaciais, Modelos Digitais de Terreno e levantamento de campo, de forma a subsidiar o mapeamento detalhado das feições tecnogênicas.

Essa abordagem metodológica tem potencial para ser replicada em outros contextos urbanos que passaram por processos intensos de transformação da paisagem, contribuindo não apenas para a pesquisa científica, mas também para o planejamento urbano, a gestão territorial e a mitigação de riscos geomorfológicos.

## 1.2. OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral propor uma metodologia integrada para o mapeamento do relevo tecnogênico em área urbana e aplicá-la por meio da elaboração de um mapa geomorfológico em escala de detalhe (1:5.000), representando a morfogênese, morfologia, morfocronologia e morfodinâmica da área de estudo (Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná – UFPR).

E de forma específica busca-se:

- Caracterizar a evolução do uso e cobertura da terra entre 1952 e 2023, relacionando-a com as principais intervenções urbanas e processos morfogenéticos e morfodinâmicos tecnogênicos.

- Quantificar e espacializar o material remobilizado no processo de implantação e expansão do Campus Centro Politécnico, utilizando modelos digitais do terreno (MDT) multitemporais e técnicas de álgebra de mapas, para representação do relevo nos períodos antes e depois das intervenções antrópicas.
- Investigar, identificar, classificar e espacializar as formas de relevo tecnogênicas presentes na área de estudo utilizando a cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva e a Diferenciação de Modelos Digitais do Terreno (DoD), considerando o homem como agente geomorfológico e demonstrar estas modificações e formas decorrentes, considerando o tripé geomorfológico forma, material e processo.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

### **2.1. LOCALIZAÇÃO**

O campus Centro Politécnico da UFPR, corresponde a área de estudo desta pesquisa. Está localizado no bairro Jardim das Américas, município de Curitiba, no estado do Paraná (Figura 1). Está inserida em uma região de urbanização consolidada e densamente ocupada, com edificações de no máximo quatro pavimentos, caracterizada pela presença de infraestrutura acadêmica, tecnológica e de pesquisa, e por ser um bairro prioritariamente residencial.

Sua localização no contexto urbano de Curitiba faz com que o Centro Politécnico seja um espaço de grande relevância para análises relacionadas às transformações antrópicas no relevo. A área do Campus possui cerca de 61,5 hectares, e foi delimitada nesta pesquisa considerando os limites dele (Campus Map UFPR, 2023).

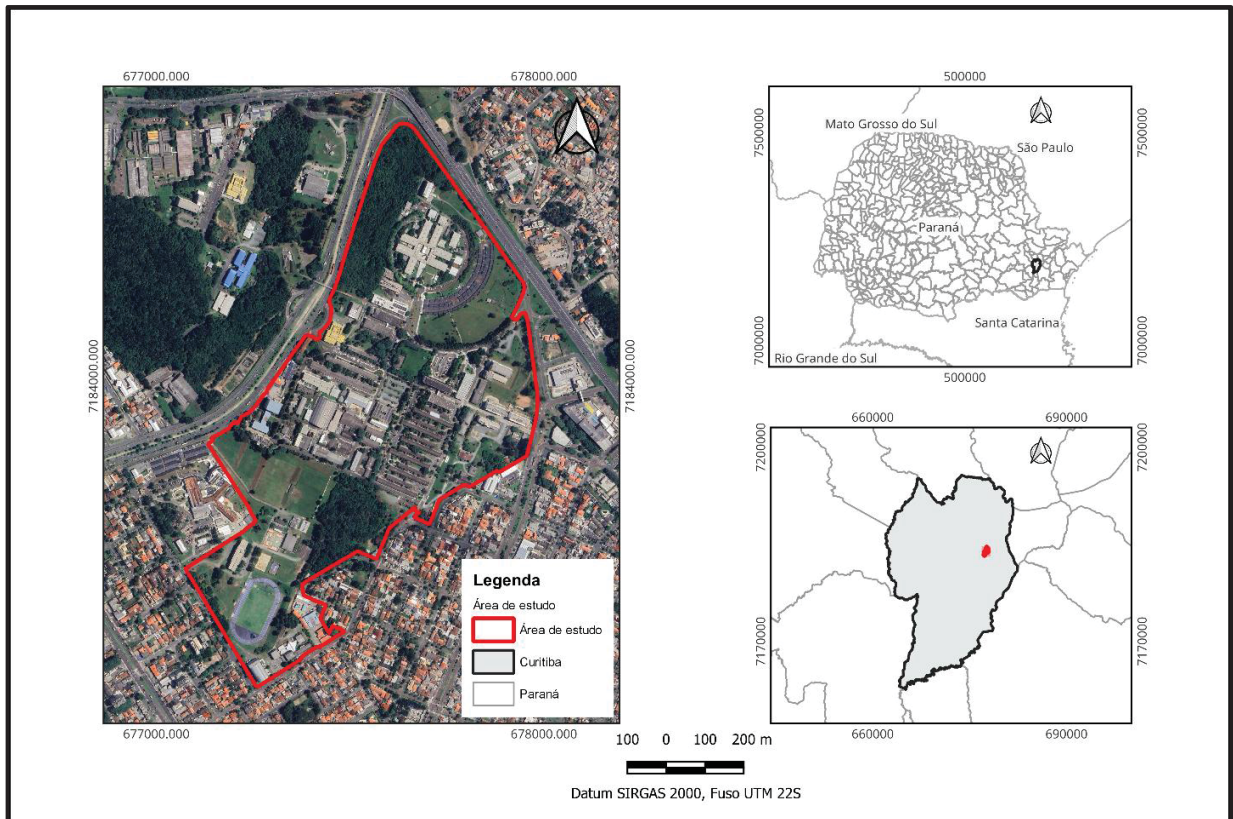


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Fonte: A autora (2025).

## 2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

O Centro Politécnico está inserido na bacia do córrego do Aviário, afluente da margem esquerda do Rio Belém, que drena cerca de 20% da cidade de Curitiba/PR e abrange a área mais densamente urbanizada do município (Carvalho; Marangon; Santos, 2020).

A compartimentação geomorfológica da área compreende a morfoestrutura cinturão orogênico do Atlântico, unidade morfoescultural do Primeiro Planalto Paranaense, com vertentes convexas e topos alongados e aplainados (Santos et al, 2006). A região centro-leste de Curitiba, onde se localiza o Campus Centro Politécnico é predominantemente composta por um sistema de colinas de topo alongado, entalhamento relativo e dissecação lenta em desenvolvimento devido à atual rede de

drenagem, que nessa área se caracteriza como subdendrítico a dendrítico (Salamuni, 2013).

A área de estudo é constituída pelos materiais sedimentares da Formação Guabirotuba, as cotas inferiores correspondem aos terraços aluvionares, e a área de vale corresponde aos aluviões atuais (Santos et al, 2006). A altimetria varia da cota de 895 a 925 m, resultando em uma variação de 30 metros, e correspondem a áreas relativamente altas no contexto municipal, tendo em vista que em Curitiba, as cotas mais altas estão posicionadas em média entre 910 e 940 m, e as porções mais baixas estão entre 860 e 880 m de altitude (Salamuni, et al. , 2013).

De acordo com Danni-Oliveira; Mendonça (2007), o clima da região é classificado como Tropical de Altitude (mesotérmico), influenciado tanto por sistemas atmosféricos intertropicais quanto polares. As temperaturas médias no verão ficam em torno de 20 °C, enquanto no inverno registram-se valores relativamente baixos para padrões tropicais, com médias de 13 °C nos meses de junho e julho. A cidade é caracterizada por ser úmida e fria, com precipitação média anual de cerca de 1.600 mm, grande amplitude térmica diária e anual, e tempo geralmente instável. (Danni-Oliveira; Mendonça, 2007).

A vegetação original do Centro Politécnico se caracterizava por estepe gramíneo-lenhosa, comumente conhecida como Campos Naturais, com fragmentos de Floresta ombrófila mista, e vegetação ripária na área de nascente existente dentro dos limites do Campus. Quanto a hidrografia, de acordo com a fotografia aérea de 1952 existiam várias nascentes, atualmente algumas delas estão abrigadas sobre Áreas de Proteção Permanentes (APP), tendo parte do curso canalizado e soterrado (SUDERHSA, 2000), caracterizando uma intensa ação tecnogênica.

### 2.3. DINÂMICA ANTRÓPICA E USO DA TERRA DO CENTRO POLITÉCNICO

O Centro Politécnico foi inaugurado em 1961, após um período de três anos de obras. Sua localização já era prevista desde o plano Agache em 1943, no qual era designado como “Cidade Universitária” (Imaguire; Castro, 2002). Foi projetado para

atender a expansão da Escola de Engenharia que não era mais comportada no prédio da Praça Santos Andrade.

Porém, já na década de 50, notou-se que a área doada pela prefeitura de Curitiba, seria insuficiente para abrigar todas as instalações necessárias à Universidade. Com isso, instalaram-se no Campus apenas as engenharias, e foi nomeado como “Centro Politécnico”. Mas o constante desenvolvimento dos cursos em relação as novas áreas de pesquisa e ensino, acarretou a construção de diversas edificações que originalmente não eram previstas, levando comprometimento da unidade do conjunto (Imaguire; Castro, 2002).

O Centro Politécnico apresenta um complexo formado pelo conjunto de oito edifícios independentes, que são conectados a partir de passarelas, e se destacam por serem as primeiras edificações construídas no terreno. Conforme abordado por Batista (2024), antes das primeiras obras, o terreno foi nivelado, pois não há desnível entre os blocos, mas é perceptível na porção direita um aclave acentuado, possivelmente devido à movimentação de terra realizada na terraplanagem do conjunto edificado.

Ao analisar o terreno onde o Centro Politécnico seria implantado, a partir de uma planta de movimentação de terra que compõe o conjunto de projetos, verificou-se que ele possui topografia acidentada, com cerca de 20 metros de desnível. A implantação do complexo de edifícios necessitaria de uma grande alteração na topografia. Na área edificada apresentada na maquete, a movimentação é visível, mesmo sabendo que esse tipo de modelo muitas vezes apresenta um certo nível de simplificação (Batista, 2024, p. 195)

Conforme abordado por Batista (2024), a movimentação de terra, a terraplanagem para preparação dos platôs que receberiam as edificações e a drenagem iniciaram-se em 1957. De acordo com Imaguire e Castro (2002), por cerca de quatro décadas o Centro Politécnico foi a área preferencial de expansão da UFPR, acumulando-se ali diversas construções.

Em 1975, o campus recebeu o conjunto das Ciências Biológicas, e se caracterizava como o maior campus do Brasil nesse período. Com isso, houveram muitas instalações em seu espaço, fato este que o tornou muito denso atualmente (Imaguire, 2012).

O processo de expansão do Campus pode ser observado na Figura 2. Na imagem é possível verificar a ampliação das edificações que desencadearam diversas

obras, acarretando inicialmente, uma alteração topográfica para planificar a área, e na sequência diversas outras alterações morfológicas com a ocorrência de cortes e aterros para a implantação das obras realizadas no Campus até apresentar a configuração espacial de 2025.

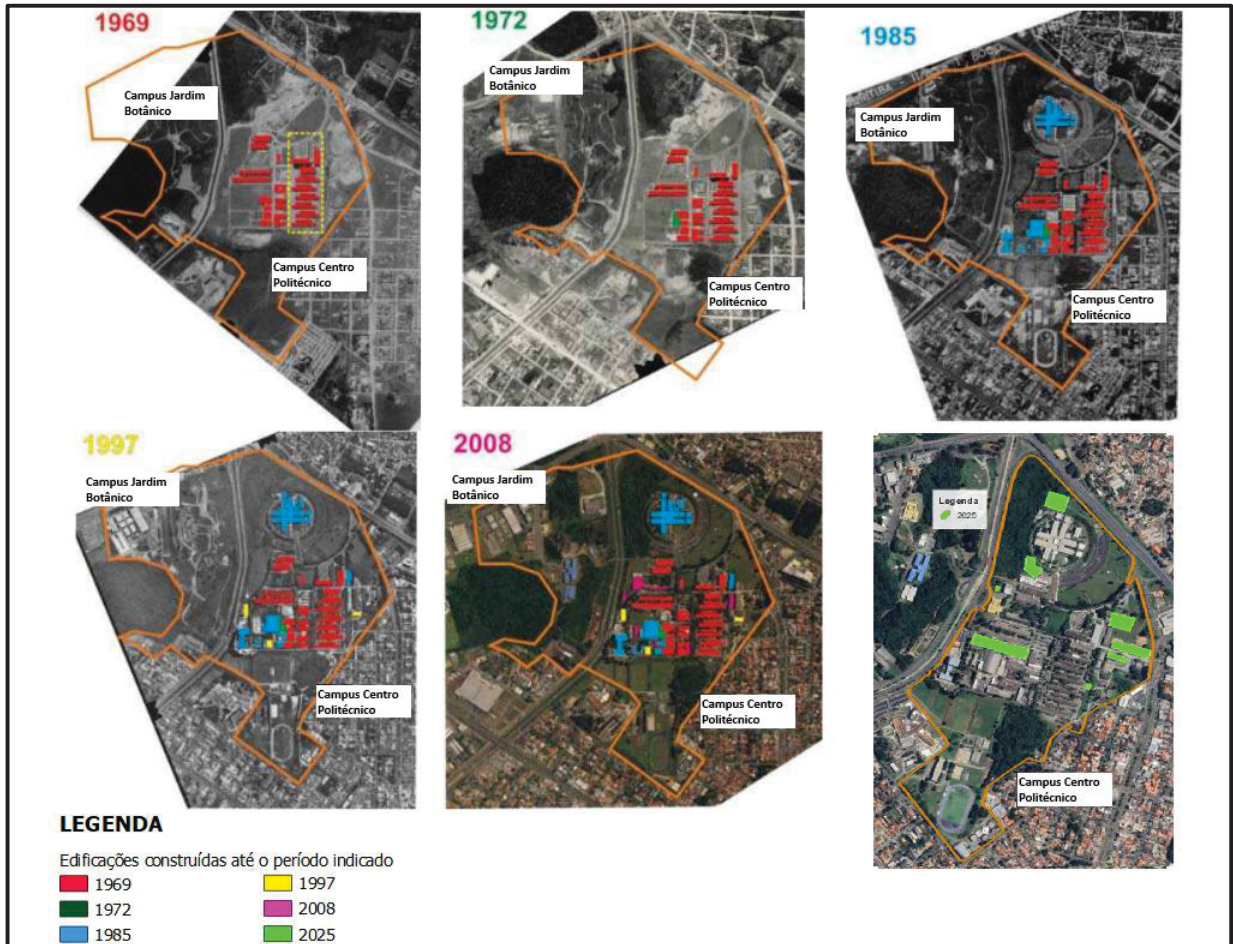


Figura 2 - Centro Politécnico da UFPR – Transformações e acréscimos através do tempo (em laranja a área atual do Campus (Politécnico + Botânico) até 2008, com destaque para as edificações acrescidas ao Centro Politécnico. Fonte: (Adaptado de Sastre, 2016)

O zoneamento da Cidade de Curitiba inclui a área como a Zona Educacional. Com usos permitidos para habitação coletiva, habitação institucional, habitação transitória, comunitário e ensino, prevê altura máxima das edificações com 4 pavimentos, coeficiente de aproveitamento 0,5 e taxa de ocupação de 30% (Curitiba, 2019).

Essa classificação permitiu obras de infraestrutura para a implantação de edificações de grande porte, e com isso alterações significativas na topografia local, representadas por cortes, aterros e terraplanagem para planificar o relevo, formando feições tecnogênicas distintas, que refletem as diretrizes estabelecidas pelo planejamento urbano.

Neste estudo, considera-se o corte e o aterro como etapas de terraplanagem, ou seja, fases para o nivelamento do local onde ocorrerá a construção de edificações, arruamentos, enfim, obras de construção civil. Dessa forma, o corte é compreendido como a retirada da terra excedente do terreno, e o aterro como a deposição dessa terra onde ela se encontra escassa (Galego; Marco, 2021).

#### 2.4. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Campus Centro Politécnico foi escolhido como área de estudo por combinar vários fatores que o tornam um ambiente propício à análise de processos geomorfológicos antrópicos. Sendo um exemplo representativo da ação humana na alteração das feições naturais do relevo. A história de expansão e modificação da infraestrutura do Centro Politécnico, associada à intensa urbanização da cidade de Curitiba, oferece condições ideais para investigar e mapear as alterações topográficas, como cortes, aterros e reconfigurações de drenagem superficial.

Além disso, a facilidade de acesso, inclusive para a realização de campo e a disponibilidade de dados históricos, como cartas topográficas do período anterior a ocupação, ortofotos atuais e anteriores a transformação antrópica e MDTs, que permitem a comparação temporal das modificações ocorridas, e possibilitam uma abordagem metodológica para o mapeamento de feições antrópicas.

Dessa forma, a área de estudo é representativa, mas contribui para a compreensão das dinâmicas locais na alteração do relevo para mapeamento, e também para a reflexão sobre as alterações antrópicas impressas principalmente nas áreas urbanas, modificando as formas, processos e materiais do relevo original.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo foi estruturado e elaborado, com intuito de apresentar as principais definições, conceitos e metodologias utilizadas na Geomorfologia, no que se refere a Geomorfologia antropogênica, análise do relevo tecnogênico, assim como as principais obras e metodologias empregadas nesse campo de pesquisa, e que foram essenciais ao desenvolvimento dessa dissertação.

#### 3.1. A GEOMORFOLOGIA E O ESTUDO DO RELEVO

A Geomorfologia se caracteriza por analisar e estudar as formas que o relevo apresenta, em diversas escalas. “As formas representam a expressão facial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica. É o seu aspecto visível, a sua configuração, que caracteriza o modelado topográfico de uma área (Christofletti, 1980). Neste sentido, é possível afirmar que as formas de relevo são o objeto de estudo da geomorfologia, e que são esculpidas pela ação de um ou mais processos. Dessa forma, evidencia-se que há uma relação complexa entre forma e processos, e o estudo desses aspectos é o objetivo central da Geomorfologia, assim como constituintes do sistema geomorfológico (Christofletti, 1980).

Guerra e Guerra (2008), conceituam a geomorfologia como o estudo as formas de relevo, levando em consideração a origem, estrutura, o clima regional, as rochas e os diferentes fatores endógenos e exógenos que são atuantes na formação do relevo terrestre. De forma sintética, Guerra e Guerra (2008, p. 314), abordam que “a geomorfologia é o estudo sistemático das formas de relevo, baseando-se nas leis que lhe determinam a gênese e a evolução. Estudam-se, por meio dela, as formas em sua origem e as transformações sofridas até nossos dias”.

Os conceitos destacam a importância da Geomorfologia no estudo integrado da paisagem, como um sistema, sendo a ciência que além de estudar as formas de relevo, sua origem, os aspectos tectônicos e estruturais, a natureza das rochas e, condições climáticas predominantes ao longo da história evolutiva do relevo terrestre, busca o

diagnóstico de fatos que determinam a dinâmica do relevo, como forma de fornecer bases conceituais para um prognóstico das tendências de desenvolvimento futuro (Silva, 2020).

A gênese das distintas formas de relevo, está relacionada a uma história de modificações temporais, que variam desde a escala geológica até a presença do homem, modelando e remodelando a paisagem (Silva, 2021). Christofolletti (1980) aponta o sistema geomorfológico como aberto, pois interage com outros sistemas de forma dialética, sendo influenciado e também atuando sobre eles.

As implicações dessa análise se relacionam ao fato de conhecer os aspectos e a dinâmica topográfica atual, que varia conforme a diversidade climática e estrutural. Dessa forma, é possível dizer que os processos e as formas são dependentes das variáveis estruturais e climáticas, pois, as formas são respostas dos processos, enquanto os processos são respostas às condições estruturais e climáticas.

Neste contexto, fica evidente a compreensão da geomorfologia como ciência que não somente realiza a análise do relevo, mas que busca estudar e compreender toda a dinâmica da paisagem, seus componentes, formas e processos, que atuam na construção e modificação das formas de relevo. Com isso, o homem, como agente integrante da paisagem, também pode atuar e alterar as formas de relevo (Rodrigues; Danelon; Barcelos, 2022)

Dentro dessa mesma perspectiva de análise, Silva (2021, p. 2) ressalta a

“clássica trilogia “forma-estrutura-processo” como fundamental na base da investigação geomorfológica, onde formas de relevo semelhantes podem possuir estruturas subsuperficiais distintas que resultam em processos diferentes na paisagem.

Discussões sobre metodologias de mapeamentos geomorfológicos têm estado presente em debates geocientíficos nos últimos anos no Brasil, haja vista o significativo número de técnicas e métodos para sua realização. Deste modo, o presente artigo busca realizar um resgate, a partir da análise das correntes de pensamento geomorfológico, do momento em que ocorreram as primeiras ideias e propostas de elaboração de mapeamentos do relevo, de suas bases teórico-metodológicas para reconhecimento, classificação, atribuição taxonômica e delimitação das unidades morfológicas.

Procurou-se abordar, também, de que modo no Brasil a cartografia geomorfológica foi sendo construída e algumas das experiências existentes na atualidade frente aos avanços das geotecnologias que vêm sendo incorporadas às técnicas de mapeamento. E, por fim, pontuar suas aplicabilidades em políticas de planejamento e manejo de uso da terra.” (Silva, 2021, p. 2).

Moroz (2010); Veneziani (2014), destacam a tríade forma, processos e materiais, bases essas que emergem os demais ramos da geomorfologia, como a geomorfologia antropogênica que será abordada com maiores detalhes no decorrer deste capítulo. E denota a importância que os materiais apresentam nessa área, tendo em vista que a estrutura, muito considerada na análise da paisagem, ganha importância secundária dentro da abordagem da ação antrópica como modeladora do relevo.

Christofolletti (1980) já abordava em seus estudos a ação antrópica como agente modificador do relevo, o inserindo com outros sistemas fundamentais na compreensão do sistema geomorfológico e as formas de relevo, considerados como controladores, sendo eles:

- a) O sistema climático que, através do calor, da umidade e dos movimentos atmosféricos, sustenta e mantém o dinamismo dos processos;
- b) O sistema biogeográfico que, representado pela cobertura vegetal e pela vida animal, são inerentes, e de acordo com suas características, atua como fator de diferenciação na modalidade e intensidade dos processos, assim como fornecendo e retirando matéria;
- c) O sistema geológico que, através da deposição e variação litológica, é o principal fornecedor do material, constituindo o fator passivo sobre o qual atuam os processos;
- d) O sistema antrópico, representado pela ação humana, é fator responsável por mudanças na distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas, e modifica o equilíbrio dos mesmos. Consciente ou inadvertidamente, o homem produz modificações sensíveis nos processos e nas formas, através de influências destruidoras ou controladoras sobre os sistemas em sequência (Christofolletti, 1980).

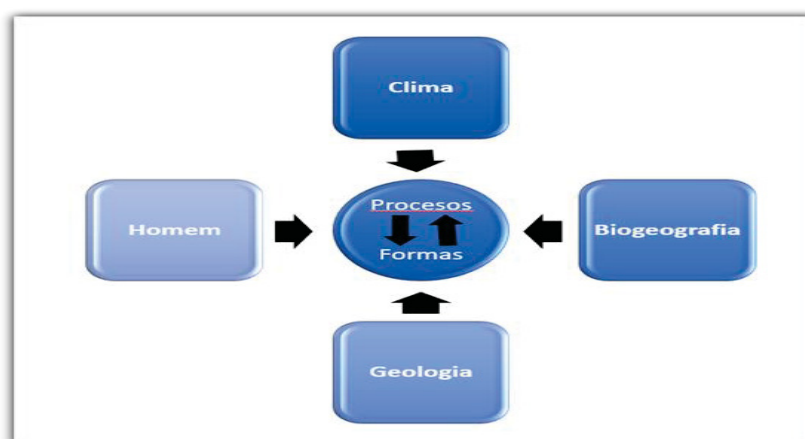


Figura 3 - Os sistemas controladores do sistema geomorfológico. Fonte: Adaptado de Christofolletti, 1980, p. 12.

Após essa abordagem, é possível verificar a complexidade do sistema geomorfológico, e a relação com os fatores controladores, apresentando um grau de relevância diferenciado no balanço energético do sistema. Evidencia-se também a inserção de um sistema controlador de formas e processos que considera a ação humana como principal responsável pelo desequilíbrio do sistema, alterando principalmente a distribuição de matéria e energia, culminando na alteração do relevo, resultando, assim, no relevo tecnogênico.

A inserção do homem como agente modelador do relevo, ocorreu principalmente no final do século XIX e início do século XX, período esse em que é possível denotar uma maior percepção e abordagem da agência humana como modeladora do relevo, principalmente devido ao intenso processo de industrialização e urbanização, que culminaram em uma série de alterações antrópicas.

Até esse período, as pesquisas sobre a ação antrópica no equilíbrio e funcionamento dos sistemas geomorfológicos, tinham papel de importância secundária na geomorfologia (Brown, 1970; Goudie, 1993), isso ocorreu pois a geomorfologia compreendeu por muito tempo, que as formas e processos que implicam no modelado do relevo eram acarretadas exclusivamente pelos fatores naturais, em uma escala de tempo geológico (Brown, 1970). Porém a confirmação de que a ação do homem poderia desequilibrar o sistema geomorfológico, ocasionando alterações na morfodinâmica, e implicando em impactos ambientais e riscos para as atividades socioeconômicas, proporcionou a ampliação de pesquisas com essa abordagem (Szabó; Dávid; Lóczy, 2010). Este novo enfoque permitiu o surgimento da geomorfologia antrópica ou antropogeomorfologia (Nir, 1983).

### 3.2. GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA E RELEVO TECNOGÊNICO – CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O estudo da geomorfologia e desenvolvimento dessa ciência sempre foram objeto de interesse dos geógrafos. Desde seus primórdios, a geomorfologia foi compreendida como a ciência que investiga a ação das forças da natureza, modelando as múltiplas

formas da superfície da Terra. Somente tardiamente se reconheceu que a natureza viva, especialmente o homem, têm importância na criação das formas (Guerra; Guerra, 2008).

Com isso, surge a geomorfologia antropogenética, antropogênica ou antropogeomorfologia, como uma área de estudo fundamental para compreender as transformações geomorfológicas desencadeadas ou induzidas pela ação antrópica. Convém destacar que na literatura científica consultada, os termos são empregados como similares (Santos Filho, 2011; Paschoal; Simon; Da Cunha, 2015; Brown, 1970; Nir, 1983; Rodrigues, 2005; Rodrigues et al., 2022; Szabó et al., 2010).

Veneziani (2014) destaca que a sociedade como agente geomorfológico abrange desde o início da agricultura e as primeiras práticas agrícolas, a exploração mineral até o processo de urbanização. Esta se constitui no processo mais tardio de modelação do relevo, porém apresenta a maior magnitude e diversidade de atuação no espaço geográfico, e no decorrer do tempo. Esses fatores revelam o motivo de diversos autores terem desenvolvido pesquisas no âmbito da geomorfologia antropogênica.

Santos Filho (2011) também enfatiza que a antropogeomorfologia passou a ser considerada como relevante no século XX pela grandiosidade do fenômeno urbano em escala, e em função de episódios de inundações, erosão linear do solo, movimentos de massa, e demais desastres que ocorreram nas grandes cidades e são resultantes das alterações nos processos, materiais e formas da natureza, pela dinâmica empregada pelo processo de urbanização, tais como as construções, o adensamento populacional e ampliação da área urbana.

Dessa forma, é possível conceituar a geomorfologia antropogênica, de acordo com Guerra e Guerra (2008, p. 315), como “o estudo da ação do homem sobre as formas da superfície da Terra, particularmente o desaterro antropogenético (desnudação e erosão) e o aterro antropogenético (acumulação)”.

Para Santos Filho (2011) a antropogeomorfologia é o estudo do ambiente resultado da presença e intervenção antrópica no meio natural. Sendo o estudo, no espaço e no tempo das alterações no ambiente físico, ocasionadas pelas ações antrópicas. Para este autor também é necessário considerar em sua análise os elementos morfológicos básicos: formas, materiais e processos da superfície terrestre.

A geomorfologia antropogênica, subdivide-se em duas áreas principais de investigação:

- a) Pesquisa dos impactos da atividade humana sobre a Terra, em especial, nos solos, processo conhecido como metapedogênese, que trata da modificação das propriedades físicas e químicas dos solos devida à ação do homem; e,
- b) Estudos dos impactos da atividade humana sobre a superfície da Terra, sobre as formas de relevo, sobre a alteração e transformações do relevo pela ação do homem, que altera o relevo e as variáveis ambientais em função da concepção do edifício e a cidade (Santos Filho, 2011, p. 230).

O estudo dos impactos antrópicos na superfície da Terra, alterando o relevo, constituem o foco dessa pesquisa. Neste sentido, convém destacar que a Geomorfologia Antropogênica entende o ser humano enquanto um agente geomorfológico que é capaz de criar, induzir, acelerar ou atenuar os processos geomorfológicos que, por sua vez, originam formas de relevo e depósitos denominados de relevos tecnogênicos e depósitos tecnogênicos (Szabó; Dávid; Lóczy, 2010).

O relevo tecnogênico, pode ser considerado um produto gerado pela geomorfologia antropogênica e refere-se especificamente às formas de relevo criadas ou alteradas pela ação humana. Szabó et al. (2010) destacam que essas formas incluem uma ampla gama de morfologias, desde aterros e escavações até formas que envolvem modificações hidrográficas e estruturais. Essas intervenções geram o relevo tecnogênico, que pode apresentar formas topográficas positivas (como aterros e depósitos – formas de acumulação) e formas de relevo negativas (como escavações e depressões – formas de denudação).

De acordo com o Comitê Executivo Nacional do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (2022, p. 222), o “relevo tecnogênico abrange uma grande variedade de morfologias resultantes da agência humana, a qual constitui o elemento fundamental para sua identificação, diferenciação e caracterização. A agência humana é o modo particular e contextualizado da atuação humana, especificamente aqui considerado no aspecto geomorfológico”.

A geomorfologia antropogênica se foca na diversidade de formas de relevo de origem antrópica, incluindo modificações que afetam o clima local, a biota e processos naturais, podendo até gerar novos processos geomórficos ou intensificar os já existentes. Essas alterações, diretas ou indiretas, desencadeiam uma série de mudanças ambientais que necessitam de estudo. Dessa forma, o campo de estudo dessa área se propõe não

só a investigar e descrever o relevo tecnogênico, mas também a prever e propor medidas para mitigar impactos negativos. A geomorfologia antropogênica, então, adquire um caráter aplicado, sendo essencial para a conservação da natureza, a proteção ambiental e a análise de riscos, (Szabó; Dávid; Lóczy, 2010; Silva, 2021;).

Os estudos desse campo, devem estar embasados numa perspectiva histórica, ou seja, que avalie a evolução da intervenção antrópica, procurando compreender como elas contribuíram para o controle da morfodinâmica, através da aceleração, estagnação ou eliminação de determinados processos evidenciados na atualidade (Paschoal; Simon; Da Cunha, 2015; Peloggia, 2019).

Conforme as abordagens apresentadas neste item, é possível compreender que a geomorfologia antropogênica, ao analisar a ação humana sobre o relevo, integra-se às áreas de planejamento urbano e gestão ambiental. A compreensão das formas tecnogênicas como produtos diretos ou indiretos da intervenção antrópica, permite identificar padrões, impactos e mapear as feições do relevo associados às atividades humanas, facilitando o desenvolvimento de estratégias voltadas à mitigação de efeitos adversos e à promoção de práticas sustentáveis.

### 3.3. PRINCIPAIS AUTORES E CONTRIBUIÇÕES NA GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA

A Geomorfologia Antropogênica emergiu ao longo do século XX como uma disciplina voltada para entender o impacto das atividades humanas nas formas e processos do relevo terrestre. Os estudos iniciais, embora ainda incipientes, abordavam a interação entre ações humanas e as alterações na superfície terrestre. Neste sentido, podemos verificar obras globais como a de Lyell (1830), Marsh (1864), Woeikof (1901) (1901) e Gilbert (1917), que discutiram o impacto antrópico no ambiente natural, e de certa forma implicaram na origem e desenvolvimento do pensamento na Geomorfologia Antropogênica.

As obras de Gilbert (1917); Sauer (1925); Jacks; Whyte (1939); Thomas (1956); Golomb e Eder (1964); podem ser classificadas como pesquisas clássicas sobre a influência humana nos processos geomorfológicos, uma vez que passam a abordar a

necessidade de se considerar o homem como agente geomorfológico, devido a sua capacidade de alteração do relevo natural, e surge então o conceito de antropogeomorfologia. De acordo com Rodrigues et al. (2022, p. 53), os autores e obras desenvolvidas por eles “contribuíram para o amadurecimento dos conceitos que situavam o homem como agente modificador do Planeta”.

Goudie (2020), destaca que desde 1969 ocorreram uma série de desenvolvimentos que levaram a uma crescente preocupação com o impacto antrópico na geomorfologia. Isso ocorreu em quatro áreas principais, sendo elas intelectual e política, desenvolvimentos tecnológicos que alteram processos geomorfológicos, tendências demográficas de aumento da população mundial urbana e a proliferação de técnicas para pesquisa sobre os processos de alteração do relevo. Neste sentido, duas obras se destacam, e foram consideradas como a grande mudança na abordagem da antropogeomorfologia: Brown (1970) e Nir (1983).

Brown (1970) define as formas diretas e indiretas de alteração antrópica sobre o modelado terrestre, e as consequências destas práticas sobre os processos geomorfológicos. O estudo deste autor aborda exemplos de situações nas quais a interferência humana pode ter sido irreversível, e também questiona a magnitude da ação antrópica, que assume proporções maiores do que os fenômenos naturais.

Nir (1983), caracteriza e conceitua a Geomorfologia Antrópica, e se diferencia ao oferecer um roteiro metodológico para analisar intervenções humanas no relevo, considerando a dinâmica socioeconômica e as mudanças morfológicas em uma escala histórica. O autor propõe uma análise geomorfológica que compare períodos antes e depois das intervenções humanas significativas, sugerindo a criação de um cenário de referência para avaliar as modificações causadas pelo homem. Isso permite análises sistêmicas na geomorfologia antropogênica, compreendendo a interação entre elementos físicos e socioeconômicos ao longo do tempo e as transformações espaciais resultantes do controle humano sobre processos naturais.

Esses autores contribuíram significativamente para o desenvolvimento da área, e suas pesquisas foram fundamentais para consolidar conceitos e metodologias que ainda guiam os estudos atuais. Neste sentido, temos pesquisadores cujas obras se destacaram no desenvolvimento recente e expansão teórica da Geomorfologia antropogênica, como

Goudie (1985); Goudie (1993); Szabó et al. (2010); Tarolli e Sofia (2016) e Del Monte et al. (2016). De acordo com Rodrigues et al. (2022, p. 55),

as contribuições de Andrew S. Goudie para Geomorfologia são de vasta gama, e no que se refere a Geomorfologia Antropogênica, juntamente com Dov Nir, ele foi um dos principais divulgadores da temática nos últimos 40 anos. Autor de inúmeras obras das quais podemos destacar “The Human Impact on the Natural Environment” de 1986 e “Human influence in Geomorphology” de 1993, obras estas que abriram caminho para a consolidação da Geomorfologia Antropogênica como disciplina, fazendo com que a temática galgasse patamares de maior prestígio dentro do meio acadêmico dos estudos geomorfológicos. Goudie continua a publicar textos a respeito da temática, como o livro “Geomorphology in the Anthropocene” lançado em 2016 em parceria com Heather A. Viles, geógrafa que juntamente com ele ocupa cadeira de professora na Universidade de Oxford.

A publicação de Szabó et al. (2010) reúne vários artigos que discutem temas relacionados a geomorfologia antropogênica, de acordo com Rodrigues et al. (2022, p. 55) “tal publicação se apresenta como uma porta de entrada extremamente importante a quem busca iniciar estudos a respeito da Geomorfologia Antropogênica”.

Convém destacar que o quadro 1 reúne os nomes das obras dos autores internacionais mencionados e a principal contribuição para a Geomorfologia Antropogênica, proporcionando assim uma melhor compreensão da evolução da pesquisa nessa área.

Quadro 1 - Principais obras internacionais e suas contribuições para a Geomorfologia Antropogênica.

AUTOR	PUBLICAÇÃO	CONTRIBUIÇÃO
<b>(Lyell, Charles, [s. d.])</b>	Principles of Geology	Refere-se aos trabalhos humanos relacionados à drenagem de lagos e pântanos e às consequências dos desflorestamentos extensivos em regiões montanhosas, como os Alpes, na geração de cargas sedimentares que vão modificar as planícies e linhas costeiras.
<b>Marsh (1864)</b>	Man and Nature: Physical Geography as Modified by Human Action	trabalho pioneiro quanto as alterações das ações antrópicas no meio ambiente, desde a influência na atmosfera até as modificações na superfície do relevo.
<b>Woeikof (1901)</b>	De l'influence de l'homme sur la terre	Apresenta uma série de apontamentos a respeito dos impactos ocasionados pelas atividades humanas na superfície do planeta.
<b>Gilbert (1917)</b>	Hydraulic-mining debris in the Sierra Nevada An in-depth geomorphic study on the consequences of gold mining inland from San Francisco	Discute como as formas ocasionadas pelos processos de mineração, caracterizadas por vastos depósitos nas encostas que alteraram a morfologia original do relevo, cujos materiais eram facilmente erodidos e transportados, alcançando os canais fluviais, contribuindo significativamente com a carga de sedimentos no sistema fluvial e com os processos de assoreamento.
<b>Sauer (1925)</b>	The morphology of landscape	Aborda a necessidade de considerar as atividades humanas como um agente geomorfológico, devido a sua interferência nos processos de denudação e deposição na superfície terrestre
<b>Jacks; Whyte (1939)</b>	The Rape of the Earth: A World Survey of Soil Erosion	Pesquisa realizada em nível global que debateu sobre os perigos da perda de solo.
<b>Thomas (1956)</b>	Man's role in changing the face of the Earth	Reuniu os trabalhos apresentados no Simpósio Internacional Man's role in changing the face of the Earth (O papel do homem na mudança da face da Terra).
<b>Golomb; Eder (1964)</b>	Landforms made by man	Criou a terminologia Antropogeomorfologia, buscando englobar a ação humana nas alterações das superfícies de relevo.

AUTOR	PUBLICAÇÃO	CONTRIBUIÇÃO
<b>(Brown, 1970)</b>	Human Shape the Earth	Juntamente com a obra de Nir (1983), é considerada uma das mais importantes para a consideração do homem como agente geomorfológico.
<b>Detwyler (1970)</b>	Man's impact on environment	Introduziram a geomorfologia antropogênica, que passaria a ganhar maior visibilidade nos anos subsequentes.
<b>Collier (1972)</b>	The Earth and Human Events	
<b>Nir (1983)</b>	Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology	É considerada uma das obras mais importantes no desenvolvimento da geomorfologia antropogênica, juntamente com a desenvolvida por Brown (1970). O autor definiu a Geomorfologia Antropogênica, e relacionou mudanças geomorfológicas às esferas específicas da atividade humana, como desmatamento, pecuária extensiva, agricultura, mineração, transporte, gestão de leitos de rios, gestão costeira e urbanização.
<b>Goudie (1985)</b>	The Human Impact on the Natural Environment	Foi uma das primeiras obras a sistematizar e quantificar os impactos antrópicos nos ambientes naturais, analisou processos como desmatamento, erosão do solo, poluição do ar e da água, mudanças climáticas e urbanização.
<b>Goudie (1993)</b>	Human influence in Geomorphology	Realizou uma análise detalhada dos processos geomorfológicos antrópicos, incluindo erosão causada pela agricultura, mudanças de curso de rios, desmatamento, mineração e a criação de formas de relevo tecnogênicas, como aterros e canais. Demonstrou ainda como esses processos alteram o equilíbrio dos sistemas naturais e interagem com processos geológicos e climáticos.
<b>Szabó; Dávid; Lóczy (2010)</b>	Anthropogenic Geomorphology: A Guide to ManMade Landforms	O livro traz estudos de caso que apresentam situações relacionadas a Geomorfologia Antropogênica, como apresentações teóricas, relação com atividades, minerárias, recursos hídricos, expansão urbana, atividades agrícolas dentre outras.

AUTOR	PUBLICAÇÃO	CONTRIBUIÇÃO
<b>Tarolli; Sofia (2016)</b>	From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology	A obra propõe uma estrutura metodológica para a análise e identificação das "impressões digitais" humanas na paisagem.
<b>(Del Monte et al., 2016)</b>	Geomorphological classification of urban landscapes the case study of Rome (Italy)	Aborda uma metodologia de classificação geomorfológica aplicada a paisagens urbanas, tomando Roma como estudo de caso.

Fonte: Adaptado de Rodrigues et al., 2022.

A pesquisa em Geomorfologia Antropogênica ganha força no Brasil a partir da década de 1990, na qual é perceptível a realização de pesquisas nessa área. As publicações pioneiras no país foram desenvolvidas por Lima (1990), Coltrinari (1996), Rodrigues (1997, 2005), Peloggia (1997 e 1998, 2005 e 2019), Suertegaray e Nunes (2001). De acordo com Rodrigues et al. (2022, p. 57), esses autores “buscaram contribuir para o desenvolvimento de uma disciplina emergente e dotada de caráter inovador, pois, apresentava a necessidade de discussões teórico-conceituais que ainda não haviam sido amplamente trabalhadas no cenário acadêmico brasileiro”.

Após a publicação desses estudos de vanguarda no país, diversas obras contribuíram para o aprofundamento da discussão teórica, conceitual e metodológica sobre a geomorfologia antropogênica. Dentre elas, destacam-se: Moroz (2010); Paschoal; Simon; Da Cunha (2015); Silva (2017)); Morari; Villela (2024) e Moura et al. (2023).

A *publicação de Moura et al. (2023)*, intitulada Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no SBCR, se constitui em uma obra de caráter inédito ao apresentar diretrizes para o mapeamento do relevo tecnogênico, de acordo com as discussões realizadas no Grupo de Trabalho Direcionado (GTD) (Sub)Sistema Relevo Tecnogênico do SBCR. No quadro 2, encontram-se as principais pesquisas e contribuições brasileiras.

Quadro 2 - Principais obras brasileiras e suas contribuições para a Geomorfologia Antropogênica.

AUTOR	PUBLICAÇÃO	CONTRIBUIÇÃO
<b>Lima (1990)</b>	Urbanização e intervenções no meio físico na borda da bacia sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica	Propôs uma metodologia para a análise da urbanização enquanto processo físico, e, principalmente geomorfológico, baseando-se em fotointerpretação, cartografia evolutiva e pesquisa bibliográfica.
<b>Coltrinari (1996)</b>	Natural and anthropogenic interactions in the brazilian tropics	Aborda sobre as alterações antrópicas no meio natural impactam a dinâmica natural do relevo, provocando alterações na hidrologia, aumento de erosão e modificações nos padrões de sedimentação.
<b>Rodrigues (1997)</b>	Geomorfologia aplicada: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros	Aplicou e propôs uma metodologia estruturada nas proposições de Nir (1983). Foi a precursora da cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva.
<b>(Peloggia, 1997)</b>	A ação do Homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo	Aborda a ação humana como um agente geológico de primeira ordem, capaz de modificar significativamente a superfície terrestre e os processos naturais.
<b>Peloggia (1998)</b>	O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo	Estuda a caracterização dos condicionantes geológicos da ação humana em áreas de precária ocupação urbana como encostas, várzeas e a origem dos depósitos tecnogênicos relacionados direta e indiretamente a ação antrópica.
<b>(Suertegaray; Nunes, 2001)</b>	A Natureza de Geografia Física na Geografia	Abordam a importância de análises geomorfológicas que inserem o agente antrópico enquanto elemento ativo nas transformações do relevo, analisando as alterações com enfoques além de uma escala de tempo geológica, considerando a escala de tempo

AUTOR	PUBLICAÇÃO	CONTRIBUIÇÃO
		humana ou histórica, e a velocidade da ação antrópica nas formas e processos geomorfológicos
<b>(Rodrigues, 2005)</b>	Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades especiais de planejamento urbano: Exemplo da Metrópole Paulista	Aplica a metodologia para a abordagem do meio físico antrópico proposta por Rodrigues (1997, 2005). Demonstra a possibilidade de identificação de unidades espaciais semelhantes nas composições de morfologia original e antropogênica, e como os processos são reflexos do histórico de produção do espaço urbano.
<b>(Peloggia, 2005)</b>	A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo	Aborda sobre a teoria do relevo tecnogênico esboça a evolução e as características da morfotecnogênese no município de São Paulo.
<b>(Moroz, 2010)</b>	Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica na bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, na região metropolitana de São Paulo	Tese fruto das obras pioneiras de Rodrigues, no qual a autora realizou uma análise qualitativa e quantitativa das mudanças, decorrentes da urbanização, no sistema hidro-geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí - SP.
<b>(Paschoal; Simon; Da Cunha, 2015)</b>	Geomorfologia antropogênica e sua inserção em pesquisas brasileiras	Apresenta uma revisão teórica sobre os estudos do Homem enquanto agente geomorfológico, e dois estudos de casos que retratam as transformações ocorridas regiões agropastoris e outro em área de mineração.
<b>(Silva, 2017)</b>	Reconstituição Geomorfológica do Relevo Tecnogênico em Presidente Prudente-SP	Analisou as transformações da paisagem de Presidente Prudente-SP através da reconstituição geomorfológica do relevo tecnogênico. Realizou a coleta de amostras de depósitos tecnogênicos e realizou análise granulométrica e fracionamento de areia, e mapeou as alterações ocorridas nas paisagens
<b>(Peloggia, 2019)</b>	Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da	Apresenta metodologias para a análise de terrenos antropogênicos, incluindo técnicas de mapeamento, datação e interpretação de imagens.

AUTOR	PUBLICAÇÃO	CONTRIBUIÇÃO
	agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros	
<b>(Rodrigues et al., 2019)</b>	Antropoceno e mudanças geomorfológicas: sistemas fluviais no processo centenário de urbanização de São Paulo	reúne resultados de pesquisas nas quais a abordagem da Antropogeomorfologia foi utilizada buscando identificar e dimensionar mudanças geomorfológicas ocorridas nos cem anos de urbanização da região metropolitana de São Paulo.
<b>(Moura et al., 2023)</b>	Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR).	Discutem uma classificação das formas de relevo tecnogênicas, derivadas direta ou indiretamente do agenciamento humano, por meio dos estudos realizados no âmbito do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo.
<b>(Morari; Villela, 2024)</b>	Geomorfologia antropogênica e cartografia geomorfológica em uma área urbana do município de Diadema – Sudeste do Brasil	Utiliza uma metodologia de mapeamento antropogeomorfológico, utilizando Modelo Digital de Elevação Diferencial (MDEs), para avaliar a dimensão das ações antrópicas.
<b>(Rodrigues; Moroz Caccia-Gouveia; Veneziani; Simas; Carvalho, 2024)</b>	Abordagem histórica e fontes de informação para o mapeamento geomorfológico retrospectivo de áreas urbanizadas.	O artigo propõe uma metodologia baseada em fontes históricas para reconstruir a geomorfologia original de áreas urbanizadas. Demonstra como mapas, registros e imagens antigas permitem identificar feições naturais suprimidas ou alteradas. Fornece subsídios para compreender transformações do relevo e apoiar o planejamento urbano e ambiental.
<b>(Santos; Moura; Casanova, 2025)</b>	Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio, Porto Alegre (RS): Estudo comparativo entre morfologia original e antropogênica .	O artigo demonstra como a urbanização modificou profundamente a bacia do Arroio Dilúvio, reduzindo a extensão e alterando o traçado da rede hidrográfica. Quantifica e compara a morfologia original com a antropogênica, evidenciando cortes, aterros, retificações e tamponamentos. Fornece subsídios para o planejamento urbano e a gestão ambiental em áreas altamente transformadas.
<b>(Furlan, Trentin, Robaina, 2025)</b>	Cartografia das formas de relevo original e tecnogênicas	O artigo apresenta uma metodologia para mapear e diferenciar formas de relevo originais e tecnogênicas em paisagens modificadas. Propõe uma abordagem

AUTOR	PUBLICAÇÃO	CONTRIBUIÇÃO
	na bacia hidrográfica do rio Tigre, Erechim, RS	cartográfica que incorpora intervenções humanas, como cortes e aterros, na análise geomorfológica. Contribui para o planejamento ambiental e urbano ao identificar áreas transformadas e suas implicações.
<b>(Casanova, 2025)</b>	Mapeamento do Relevo Tecnogênico da bacia hidrográfica urbana do Arroio Moinho, sub-bacia do Arroio Dilúvio, Porto Alegre, RS	Por meio da cartografia geomorfológica e retrospectiva, demonstra como a urbanização transformou a morfologia da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Moinho em Porto Alegre, identificando e mapeando formas de relevo tecnogênicas. Mostra a importância de integrar análise física e socioeconômica para compreender a dinâmica do relevo no Antropoceno, utilizando SIG e dados históricos. Além disso, oferece subsídios aplicáveis ao planejamento urbano-ambiental e à mitigação de riscos, reforçando a relevância da Geomorfologia Antropogênica para políticas públicas

Fonte: Adaptado de (Rodrigues; Danelon; Barcelos, 2022).

### 3.4. ANTROPOGEOMORFOLOGIA URBANA

O Brasil sofreu uma grande expansão urbana, principalmente após a década de 1970, tendo em vista que nesse período a população urbana representava 56%, e saltou para 84,3% em 2010, de acordo com os dados do IBGE. Com esse expressivo crescimento, é notória as modificações na paisagem urbana.

Essas alterações “vêm ocorrendo de forma acelerada nesse meio construído pelo homem e têm relação com o crescimento humano e desordenado, algo comum nas grandes e médias cidades, pois seu desenvolvimento, muitas vezes, não obedece aos condicionamentos biofísicos do lugar original de implantação” (Jorge, 2011, p. 117). E neste sentido, esses ambientes alterados pela ação antrópica despertaram a preocupação de pesquisadores, poder público e população de uma forma geral, devido

a queda da qualidade de vida urbana, caracterizando esse período pela crise ambiental urbana (Jorge, 2011).

A geomorfologia se insere nesse contexto, na busca de novos parâmetros para o estudo da relação entre sociedade e natureza, e essa necessidade de explorar mais profundamente as modificações que o homem tem realizado no relevo, já que elas têm gerado uma série de problemas enfrentados pela população, e que são muito visíveis principalmente nas áreas urbanas. Faz com que surja uma “nova subdivisão da geomorfologia, a geomorfologia urbana” (Jorge, 2011).

Neste sentido, a cidade é o local onde

se manifestam os mais diversos impactos ambientais, que são provocados pela interferência da sociedade no equilíbrio dinâmico da natureza. Essa intervenção afeta diretamente os processos naturais, inclusive os de caráter geomorfológico, com diferentes implicações no que se refere aos danos naturais e sociais no ambiente urbano (Pedro, 2011), p. 153 e 154)

De acordo com Thornbush (2015), a geomorfologia urbana é uma área de pesquisa interdisciplinar que busca investigar os efeitos que a urbanização causa em relevos naturais, e os processos que controlam o desenvolvimento de estruturas antropogênicas (morfologia urbana), e como os processos naturais podem modificar estruturas antrópicas nas áreas urbanas, como prédios e outras infraestruturas.

Coates destaca que a geomorfologia, é a ciência das formas de relevo e dos processos que as criam. No ambiente urbano o homem é o criador da paisagem (*landscape*), ou da paisagem da cidade (*cityscape*), pois o homem, ao criar e ocupar ambientes artificiais, distorce uma parte ou grande parte das áreas urbanas (Coates, 1976 *apud* Jorge, 2011, p. 131).

O processo de urbanização verificado nas cidades pequenas, médias ou grandes é um desafio quando se pensa na geomorfologia, pois a realidade das cidades deixa muitas lacunas em relação ao seu processo de planejamento. Dessa forma, a compreensão das intervenções antrópicas nas áreas urbanas como processos geomorfológicos devem ser realizados de forma a mensurar os efeitos, e no sentido mais pleno dos estudos nessa área.

O geomorfólogo urbano possui as atribuições de conhecer a topografia da área urbana, entender os processos geomorfológicos atuais, que foram modificados pela urbanização, incluindo os riscos e vulnerabilidades associados, e ainda propor cenários

futuros, sobre as mudanças geomorfológicas que poderão vir a ocorrer (Douglas, 1988 *apud*, Jorge, 2011).

Neste sentido, a geomorfologia urbana possui um grande desafio, o de contribuir na compreensão de processos ambientais em micro, meso e macro escala de análise, de outros profissionais que se relacionam ao contexto urbano, além de ser subsídio para o planejamento urbano, e elaboração de políticas urbanas.

Quando se pensa em um ambiente urbano, e toda a interação que ocorre entre o meio natural e a ação antrópica, é evidente a complexidade de relações e alterações que ocorrem nesse meio. Neste sentido, a antropogeomorfologia urbana concentra as pesquisas ambientais nas áreas urbanas pela importância da cidade como ambiente de concentração humana, e como lugar de grandes alterações geomorfológicas (Peloggia, 2005).

A antropogeomorfologia é o estudo do ambiente resultante da presença e intervenção antrópica no meio natural (Rodrigues, 2005). Hart (1986, *apud* Santos Filho, 2011) destaca que é o estudo no tempo e espaço, das alterações na paisagem ocasionadas pela ação antrópica, considerando três elementos fundamentais: formas, processos da superfície terrestre e materiais.

Conforme abordado, por Nir (1983), precursor da chamada Antropogeomorfologia, a ação humana na alteração dos processos geomorfológicos, quando comparadas aos processos naturais apresentam-se de forma muito mais expressiva.

Conforme Santos Filho (2011, p. 231), “a reflexão antropogeomorfológica aproxima o fenômeno de construção das cidades aos estudos da geomorfologia clássica e inaugura um campo de investigação sobre a interface entre o ambiente construído e o natural, em uma antropogeomorfologia urbana”.

### 3.5. CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA E MAPEAMENTO DO RELEVO TECNOLÓGICO

A Cartografia Geomorfológica se constitui em um instrumento de análise, que busca a espacialização dos fenômenos, “de maneira que ao serem visualizadas as formas de relevo, representadas através de simbologias, seja possível compreender os processos responsáveis por suas gênese” (Souza; Oliveira, 2015, p. 129). Neste

sentido, (Florenzano, 2016), também destaca que a cartografia em Geomorfologia serve como meio de representação gráfica e espacial dos objetos e fenômenos investigados. O mapa, juntamente com sua legenda, reflete o resultado da análise e interpretação geomorfológica, funcionando tanto como fonte de informação quanto como um instrumento para sua compreensão. Assim, o mapa torna-se um instrumento de análise e síntese.

Mapear as formas de relevo, se constitui em uma tarefa complexa, pois há grande dificuldade em agrupar em uma única legenda a diversidade de formas que existem na superfície terrestre, e classificá-las (Souza; Oliveira, 2015; Florenzano, 2016), pois foram desenvolvidas diversas propostas para atender às necessidades dos pesquisadores em diferentes escalas de análise (Souza; Oliveira, 2015). Christofolletti (1980) destaca que isso ocorre porque, os diferentes critérios estabelecidos não superaram o problema lógico de classificação para a geomorfologia. Além disso, existe a questão da escala apropriada que possui diversas lacunas a serem respondidas (Florenzano, 2016).

Tendo em vista a importância do mapeamento geomorfológico, e a padronização da legenda, a União Internacional de Geografia (*International Geographical Union – IGU/UGI*) criou uma subcomissão específica sobre esta temática para discutir propostas de diferentes escolas geográficas a respeito da sistematização e agrupamento dos processos modeladores e das formas resultantes. Com objetivo de desenvolver uma metodologia de mapeamento geomorfológico e adotar um sistema uniforme que compatibilizasse a legenda entre as diversidades de relevo em distintas regiões, e demonstrar aplicações dos mapas geomorfológicos em distintas escalas (local e regional).

Com isso, essa subcomissão apresentou uma proposta de classificação morfológica de maior detalhe, organizada da seguinte maneira:

- a) descrever qualitativamente as formas de relevo (**morfografia**); b) realizar uma caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas ou índices morfométricos (**morfometria**); c) pesquisar elementos capazes de compreender a **morfogênese** das formas de relevo; d) reunir parâmetros para compreensão da **morfodinâmica** atual; e) buscar critérios que possibilitem inferir a idade das formas (**morfocronologia**). (Silva, 2020).

Essa classificação morfológica é empregada em grande escala nos mapas geomorfológicos visualizados até o presente momento.

A questão da escala e representatividade cartográfica, foi abordada por Cailleux e Tricart (1956). Segundo eles, mapas de pequena escala cartográfica devem ser utilizados para representação da morfoestrutura da paisagem, enquanto os de grande escala, seriam adequados para representar fenômenos e formas locais, como feições deposicionais e erosivas.

Apesar da dificuldade de se mapear o relevo, o mapa geomorfológico é um instrumento indispensável na pesquisa em geomorfologia, sendo ao mesmo tempo um instrumento que direciona a pesquisa, e após a conclusão, é o produto dela (Tricart, 1965).

Os estudos de Geomorfologia realizados no âmbito da cartografia geomorfológica resultam das contribuições teóricas de Gerasimov e Mescherikov (1968) e, essencialmente, das ideias de Penck (Ross, 1990). Além desses pesquisadores, Cailleux e Tricart (1956) constituem um marco para a Geomorfologia ao proporem uma abordagem que supera as classificações exclusivamente descritivas do relevo, abordadas até então, e incorporam a análise dos processos e dinâmicas geomorfológicas.

Em sua proposta metodológica, os autores defendem que as formas do relevo devem ser compreendidas a partir da articulação entre morfologia, materiais e processos, considerando os atuais e os condicionantes climáticos que orientam a dinâmica geomorfológica. Dessa forma, o relevo passa a ser interpretado como um sistema em permanente ajuste, resultado de fluxos de energia e matéria, e não como um conjunto de formas estáticas herdadas do passado (Cailleux e Tricart, 1956).

Esses pesquisadores contribuíram principalmente no mapeamento geomorfológico com os conceitos de morfoestrututa (estrutura do relevo) e morfoescultura (modelado ou tipos de formas existentes sobre a morfoestrututa). Essas concepções foram adotadas por vários pesquisadores posteriormente. Dentre eles Ross (1992), que propôs uma metodologia de mapeamento geomorfológico que foi bastante difundida, na qual aborda uma taxonomia para classificação e mapeamento das formas de relevo considerando seis táxons distintos, sendo eles:

- 1º táxon: denominado morfoestrutura, refere-se às características estruturais que definem um determinado padrão de formas no relevo;
- 2º táxon: unidades morfoesculturais, formadas pela ação climática ao longo do tempo sobre a morfoestrutura;
- 3º táxon: unidades de padrões de formas semelhantes de relevo, compostas por conjuntos menores de formas de relevo que se diferenciam entre si, podendo ser de agradação ou denudação;
- 4º táxon: formas de relevo individualizadas dentro das unidades de padrões semelhantes, diferenciadas com base na rugosidade topográfica ou no índice de dissecação do relevo;
- 5º táxon: vertentes e setores de vertentes associados a cada forma individualizada de relevo, classificadas em côncavas, convexas e retilíneas;
- 6º táxon: formas menores criadas pelos processos erosivos atuais ou por depósitos contemporâneos, como voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, bancos de sedimentação recente, assoreamentos e outras formas resultantes de processos morfogenéticos atuais, geralmente induzidos pela ação humana (Ross, 1992).

Convém destacar que no sexto táxon proposto por Ross (1992) que estão incluídas as formas de relevo antropogênicas, dessa forma, é o táxon que mais se destaca no mapeamento do relevo tecnogênico. Porém Barbosa (2021, p. 41), destaca que “no caso do mapeamento de formas antropogênicas ou tecnogênicas, a metodologia proposta por Ross (1992) é limitada, tendo em vista que foca muito mais nas macroformas e grandes estruturas, dando pouca ênfase às formas atuais e antropogênicas”. Neste sentido, Peloggia; Silva; Nunes (2014) destacam que a taxonomia apresentada por Ross (1992), apresenta uma conexão genética entre as formas menores e maiores, porém as formas tecnogênicas, não apresentam relação genética com as maiores em relação aos processos gerados. Dessa forma, entende-se que uma forma antropogênica do 6º táxon pode ter origem independente das formas maiores e pode ser analisada como um elemento único na paisagem proveniente de uma origem antrópica e evolução própria.

Com base nisso, a formação do relevo tecnogênico, é relacionada com a taxonomia do relevo trabalhada por Ross (1992) já à partir do quarto táxon, por autores como Peloggia (2005, p. 27), o qual destaca que

Pode-se considerar, em síntese, que as formas de relevo tecnogênicas se expressam desde a posição inferior (sexto táxon), correspondente a formas menores, até formas de vertentes (quinto táxon) e mesmo, de acordo com a perspectiva, como tipos de formas de relevo individualizadas (correspondentes ao quarto táxon) (Peloggia, 2005, p. 27).

Neste sentido, Moura, et al. (2023) também enfatizam que as formas tecnogênicas configuram uma categoria geomorfológica específica, passível de análise, classificação e mapeamento por métodos próprios. Sua referenciação taxonômica é tratada de forma transversal, observando-se sua maior expressão nos níveis do quarto, quinto e sexto táxons propostos por Ross (1992), embora possam ocorrer variações nessa classificação em função da magnitude da intervenção humana.

Tendo em vista a dificuldade de se realizar um mapeamento geomorfológico e consequente classificação do relevo, o Brasil, por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), deu um passo significativo em 2019, durante o I Workshop sobre o Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (SBCR), no qual especialistas definiram diretrizes e metodologias para o mapeamento sistemático do relevo brasileiro.

Esse evento foi um marco histórico para a geografia brasileira, permitindo discussões sobre a padronização da cartografia geomorfológica e a sistematização de métodos para representar a diversidade geomorfológica do país. Dentro do SBCR existe um Grupo de trabalho Dirigido (GTD) denominado “Subsistema Relevo Tecnogênico”, que propôs uma metodologia de classificação das formas de relevo tecnogênico, que foi publicada na Revista Brasileira de Geomorfologia em 2023, e aborda a classificação de formas individualizadas de

“dois tipos de morfologia (Figura 4): a que foi alterada ou neoformada por intervenção humana (morfologia antropogênica) e a que não foi alterada (morfologia original). A morfologia antropogênica pode ser constituída de formas criadas diretamente no contexto da agência humana - Tecnoformas - e de formas induzidas pela agência humana – Geotecnofomas. As Equiformas Tecnogênicas ocorrem nas situações em que a morfologia original se apresenta conservada, porém com alteração dos materiais devido a modificações físicas (revolvimento in situ) ou químicas pela agência humana” (Moura et al., 2023, p. 3).

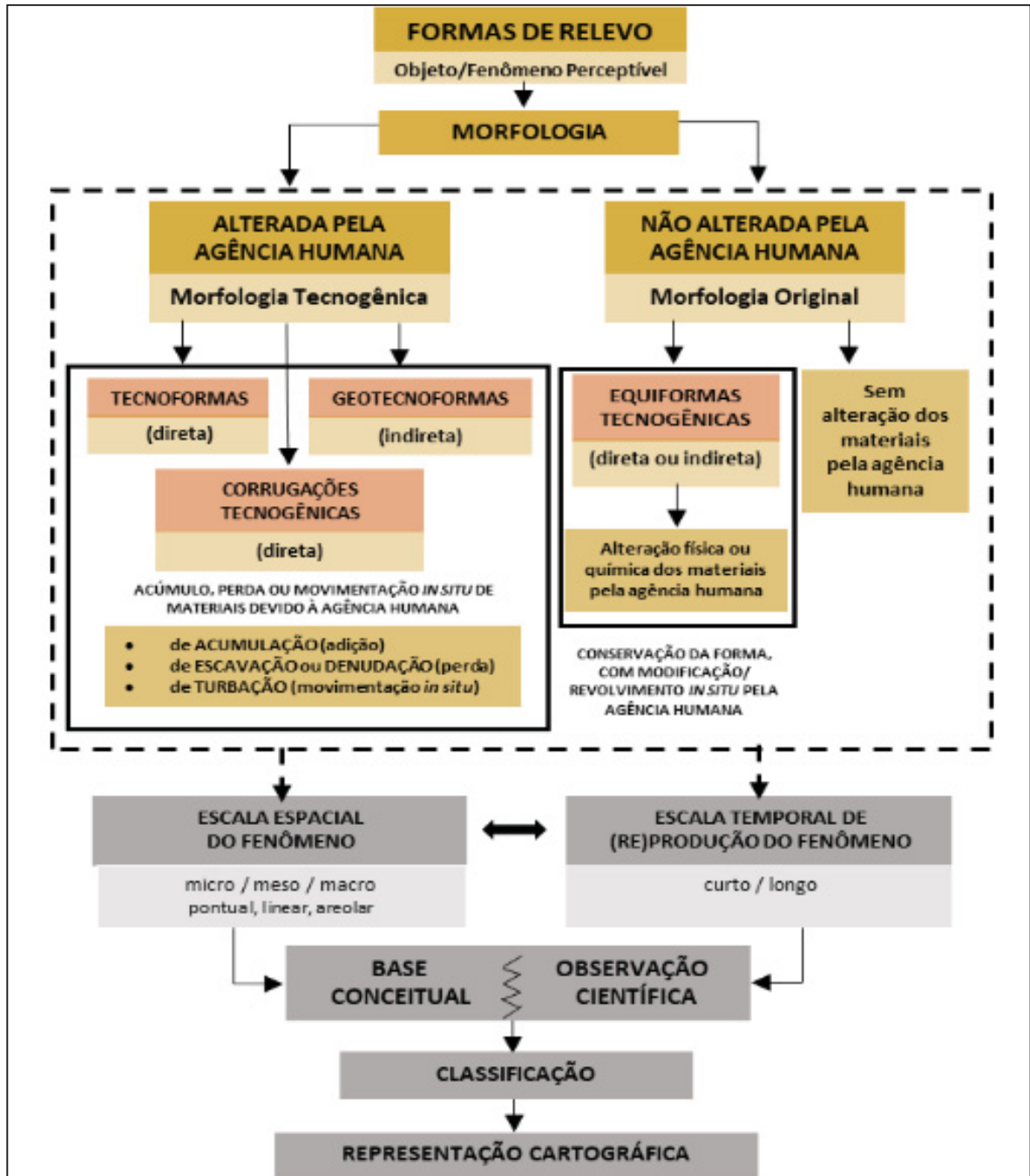


Figura 4 - Diagrama Conceitual para classificação e mapeamento do Relevo Tecnogênico, elaborado pelo Grupo de Trabalho denominado Subsistema Relevo Tecnogênico, integrante do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR). Fonte: (Moura et al., 2023, p. 3).

Conforme publicado na Nota Técnica “Breve estado da arte do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevô (SBCR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica”, pelo Comitê Executivo Nacional – CEN/SBCR, os critérios e princípios e utilizados para diferenciar as formas de relevô tecnogênicas baseiam-se em estudos realizados no Brasil sobre o mapeamento geomorfológico de feições e processos antropogênicos, cartografia geotécnica e na identificação e caracterização dos terrenos e depósitos sedimentares tecnogênicos. Esses estudos, desenvolvidos no Brasil, principalmente após a década de 1990, têm contribuído significativamente para o desenvolvimento de um arcabouço conceitual e metodológico sobre as feições de relevô e coberturas superficiais tecnogênicas.

Dessa forma, é destacado que a classificação do relevô tecnogênico proposta pelo SBCR é essencialmente genética e exige uma abordagem morfoestratigráfica, considerando formas, processos e materiais constituintes do terreno (Revista Brasileira de Geografia – Nota Técnica, 2022). Entretanto, o SBCR não considera no escopo dos trabalhos nessa área a “a descrição da classificação desses substratos, constituídos por depósitos e solos tecnogênicos ou, ainda, materiais geológicos subsuperficiais que foram expostos” (Moura et al., 2023, p. 6).

A Classificação do relevô tecnogênico proposta pelo SBCR prevê que:

os contextos geomorfológicos em que as formas tecnogênicas se desenvolvem podem ser de três tipos: a) aqueles em que ocorre uma dinâmica morfológica aditiva, ou seja, que resulta em acumulação de material transportado e depositado, de forma direta ou indireta, formando Elevações ou Superposições Tecnogênicas; b) os dominados por dinâmicas subtrativas, que resultam em perda e exportação de material, configurando Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas; e c) os contextos de dinâmica conservativa, nos quais não há aporte ou exportação de material na superfície, mas modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno, em superfície ou em profundidade, resultando em Corrugações e Equiformas Tecnogênicas. A morfologia tecnogênica pode, então, apresentar origem associada a processos distintos, que levam à constituição de novas formas de relevô. As formas criadas diretamente pela agência humana são denominadas Tecnoformas e as induzidas pela agência humana são denominadas Geotecnoformas. Em situações que a morfologia original se apresenta conservada, porém com alteração nos materiais devido a modificações físicas (revolvimento in situ) ou químicas promovidas pela agência humana, as formas são denominadas Equiformas Tecnogênicas. (Moura et al., 2023, p. 6).

Os elementos de representação cartográfica da morfologia tecnogênica precisam ter expressão espacial nas dimensões areolar e linear, apropriada a escala de mapeamento definida. Além disso, considerando a dimensão temporal associada à ação humana, a cartografia retrospectiva possibilita a identificação e representação da morfologia original e das sucessivas intervenções nas formas e materiais superficiais. Esse recurso é fundamental para o mapeamento do relevo tecnogênico, assim como as informações históricas sobre o uso do solo e a cobertura vegetal (Moura et al., 2023).

O aprimoramento do sensoriamento remoto e a divulgação de seus produtos proporcionaram o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e metodologias de análise do relevo, dentre elas destaca-se o mapeamento geomorfológico (Simon; Lupinacci, 2019). Incluindo neste sentido, a metodologia que utiliza a cartografia retrospectiva e evolutiva que envolve a compreensão e dimensionamento dos impactos da ação antropogênica na morfologia original, permitindo a análise de cenários anteriores à intervenção (pré-perturbação) nos sistemas naturais, bem como a espacialização e quantificação dos efeitos da intervenção (pós-perturbação) (Rodrigues, 2005).

O mapeamento e análise do relevo tecnogênico deve ser realizado utilizando a ótica da abordagem sistêmica na geografia, a qual demonstra que “existe uma relação dinâmica entre seus elementos formadores, sejam eles intrínsecos ou extrínsecos, evidenciando que a sua configuração é o resultado de agentes e processos, atuais e pretéritos. Isso é de suma importância para um adequado uso e ocupação das terras.” (Simon e Lupinacci, 2019, p. 13)

Neste sentido, é importante ressaltar que a cartografia geomorfológica, enquanto instrumento da pesquisa em Geomorfologia, pode contribuir para a compreensão da distribuição espacial das formas de relevo, que se modificam ao longo do tempo, e, a partir disso, inferir os processos que regulam essa dinâmica evolutiva. Essa abordagem permite identificar as áreas mais vulneráveis à ocupação antrópica em relação ao ambiente natural, assim como as áreas fragilizadas pelas intervenções humanas sucessivas, contribuindo na produção de instrumentos de planejamento físico-territorial urbano (Zanatta; Lupinacci; Boin, 2015).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

A presente pesquisa foi estruturada com base em uma abordagem integrada de análise espacial multitemporal, técnicas de sensoriamento remoto, análise morfológica, morfogenética, morfocronológica e morfodinâmica, com o objetivo de compreender e identificar as transformações tecnogênicas ocorridas no relevo da área de estudo, no período pesquisado (1952 – 2024).

Para isso, buscou-se dados Geoespaciais de diferentes períodos, como forma de subsidiar todo o processo de pesquisa e elaboração do produto final. No fluxograma apresentado na Figura 5, é possível identificar os processos desenvolvidos até a elaboração do produto final – Mapa de geomorfologia tecnogênica urbana, em escala 1:5.000.

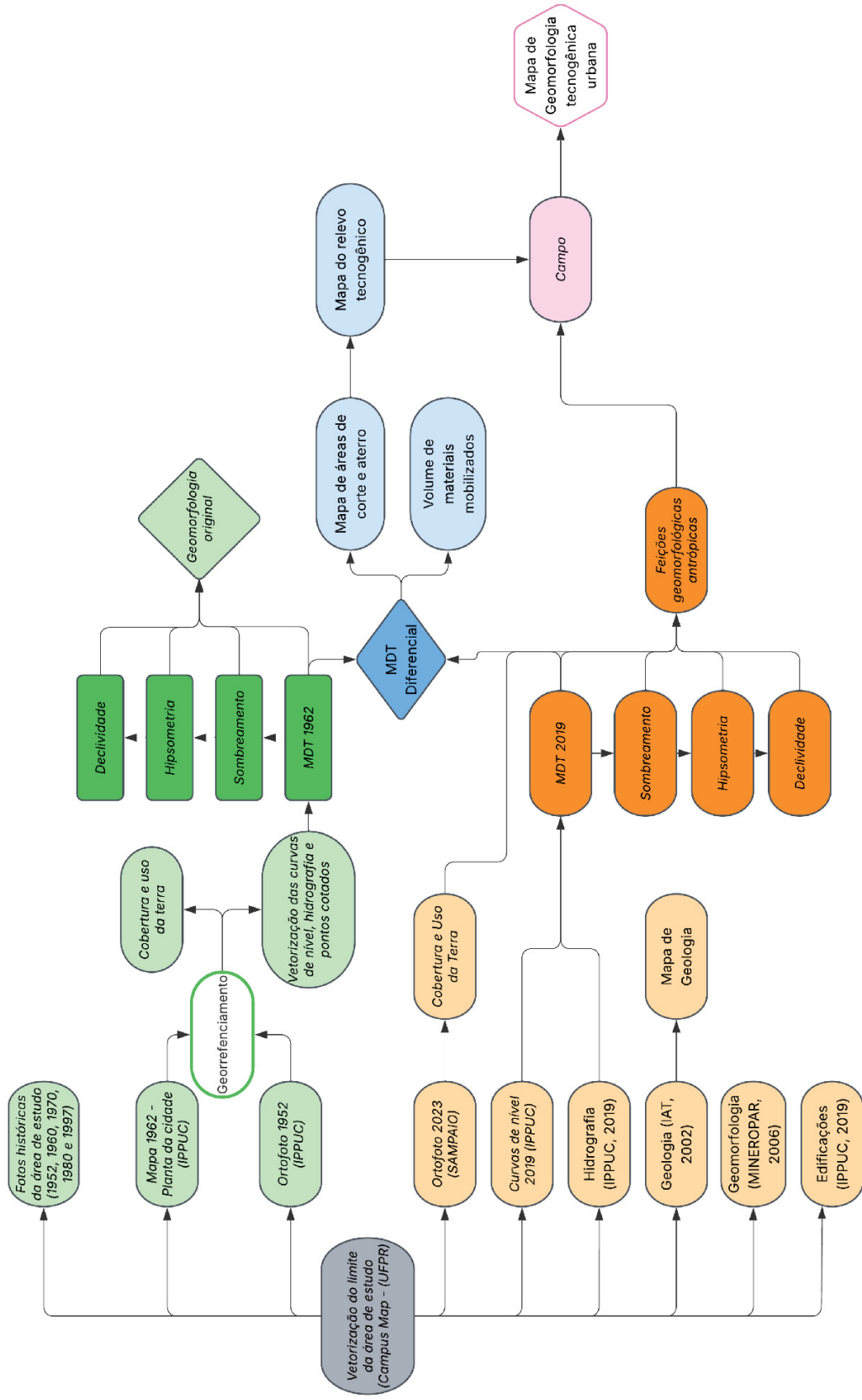


Figura 5 - Fluxograma da pesquisa. Fonte: A autora (2025)

#### 4.1. LEVANTAMENTO TEÓRICO E BASE DE DADOS

A etapa inicial de elaboração desta pesquisa objetivou encontrar na literatura nacional e internacional metodologias de mapeamento antropogeomorfológico, utilizados especificamente para áreas urbanas, identificando como ocorre o processo de elaboração e representação desses mapas em diferentes países e escalas, assim como as abordagens teóricas e conceituais realizadas sobre esta temática de estudo.

A pesquisa bibliográfica e documental realizada nas bases de dados contemplaram as seguintes palavras-chave: Geomorfologia urbana, antropogeomorfolgia, relevo tecnogênico, mapeamento do relevo tecnogênico, mapeamento antropogeomorfológico de áreas urbanas, geomorfologia antropogênica, formas de relevo antrópicas, cartografia geomorfológica de detalhe, cartografia antropogeomorfológica e feições tecnogênicas. Com isso foi possível identificar abordagens e metodologias empregadas em mapeamentos geomorfológicos do relevo tecnogênico, em diferentes contextos. No entanto, quando aplicadas especificamente a áreas urbanas, essas abordagens mostraram-se mais escassas.

O mapeamento geomorfológico em contextos urbanos é complexo e necessita de adaptações de métodos utilizados em ambientes naturais (Smith et al., 2011 apud Reynard, Pica, Coratza, 2017). Neste sentido, além da busca bibliográfica e documental, a estrutura metodológica dessa pesquisa, pode ser subdividida em procedimentos relacionados à aquisição e organização de dados geoespaciais, elaboração dos produtos cartográficos necessários ao estudo, e validação em campo.

O levantamento de dados geoespaciais, especialmente os de caráter histórico, anteriores ao processo de urbanização, é fundamental para a reconstrução do relevo original ou de uma configuração próxima a ele. Da mesma forma, a obtenção de dados atuais, como ortofotos em alta resolução espacial, é essencial para a caracterização do relevo antropogênico, permitindo análises em escala de detalhe. A cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva (Rodrigues, 1997 e 2005), é uma metodologia proposta para a realização de mapeamentos antropogeomorfológicos na área urbana, e consiste na utilização de imagens históricas e atuais a fim de constituir os estágios de intervenção antrópicas, chamados de pré-perturbação (consiste em um período com

pouca intervenção antrópica, na qual a geomorfologia se encontra mais próxima ao natural); perturbação ativa (quando se inicia o processo de urbanização e conseqüentemente se intensifica a alteração antrópica, é nesse momento que se identifica várias interferências na geomorfologia da área); pós-perturbação (período posterior a ocorrência da alteração antrópica, quando as intervenções humanas que alteraram o relevo já foram realizadas).

A elaboração de Modelos digitais do Terreno, tanto para representação do relevo original, quanto para o alterado pela ação antrópica, de forma a realizar operações de análise em *software* SIG, que permita identificar as alterações realizadas essencialmente pela ação antrópica em áreas urbanas, também é explorada nos estudos de mapeamento antropogeomorfológico (Chirico et al., 2021; Del Monte et al., 2016; Morari; Villela, 2024), e pode ser utilizada inclusive para o mapeamento em áreas urbanas.

#### 4.2. AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS GEOESPACIAIS

Para o desenvolvimento e elaboração dos produtos cartográficos, inicialmente foi delimitada a área do campus, por meio do WebGIS UFPR Campus Map, o arquivo vetorial foi salvo em formato *shapefile*. Em seguida, foram obtidos os arquivos matriciais do Modelo Digital do Terreno (MDT) e das ortofotos, bem como os arquivos vetoriais das curvas de nível e edificações, gerados a partir do levantamento planialtimétrico do Município de Curitiba, disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2019). A hidrografia utilizada foi gerada pela SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná) – atual IAT (Instituto Água e Terra), para a bacia do Alto Iguaçu no ano 2000, na escala 1:10.000. Obteve-se também o imageamento da área realizado por Sampaio em 21/09/2023, com aeronave remotamente pilotada (RPA), modelo DJI Phantom 4, com resolução espacial de 4 centímetros, e o modelo digital da superfície (MDS).

Os dados históricos foram obtidos junto ao IPPUC no portal GeoCuritiba e consistem em ortofotos de 1952 e planta da cidade de Curitiba publicada em março de 1962, em escala 1:10.000 com equidistância das curvas de nível de 5 metros. O portal

Geo Curitiba está disponível em uma ferramenta de desenvolvimento de *WEBGIS* da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), mesma desenvolvedora do *software* ArcGIS, dessa forma ao salvar os arquivos desse portal, o arquivo gerado só pode ser aberto no *software* ArcGIS. Com isso, utilizou-se esse *software* para georreferenciar a ortofoto de 1952 e a planta da cidade de Curitiba de 1962. Para o georreferenciamento dessas imagens utilizou-se o método polinomial com 15 pontos de controle, obteve-se RMS 1,079 (Ortofoto 1952) e 1,135 (planta). Na sequência, foi realizado a vetorização das curvas de nível, pontos cotados e hidrografia da planta de Curitiba de forma manual em ambiente SIG.

Para auxiliar o estudo, buscou-se dados referentes a Geomorfologia e Geologia de Curitiba. Todos os dados foram organizados em uma Base de Dados Geoespaciais (BDG) (Paz; Dal Pai; Paula, 2020), conforme detalhado no quadro 3. Os softwares utilizados neste estudo foram o ArcGIS 10.3 e QGIS 3.28.5.

Quadro 3 - Composição base do banco de dados Geoespacial - BDG

Dado	Fonte	Ano
Ortofotos	IPPUC	1952
Mapa 1962 Planta topográfica da Cidade	IPPUC	1962
Geologia	IAT	2002
Geomorfologia	MINEROPAR	2006
Hidrografia	IPPUC	1962
Hidrografia	SUDERHSA	2000
Edificações	IPPUC	2019
MDT e curvas de nível	IPPUC	2019
Ortomosaico	SAMPAIO	2023
Ortofotos	IPPUC	1990, 1997, 1999, 2002, 2007, 2012 e 2019
Limite da área de estudo	Campus Map UFPR	2023

Fonte: A autora (2025).

Com a elaboração do banco de dados, foi iniciado a geração do MDT para 1962 que fosse hidrologicamente consistente. Para isso se utilizou a ferramenta de interpolação *Topo to Raster* do ArcGIS 10.3, inserindo os dados de entrada curva de nível, pontos cotados e hidrografia, vetorizada de montante a jusante. O arquivo foi gerado com resolução de 0,5 m, para seguir o MDT de 2019, que possui essa mesma resolução. Na sequência o arquivo foi exportado como GeoTiff para posteriormente ser adicionado ao projeto no QGIS. A partir desses dados, foram elaborados os produtos cartográficos que embasaram a análise e desenvolvimento do mapa final dessa pesquisa.

### 4.3. ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

#### 4.3.1. Elaboração dos mapas de Cobertura e Uso da Terra

O mapa de cobertura e uso da terra para o ano de 2024 foi elaborado por vetorização dos polígonos por fotointerpretação dos ortomosaicos gerados pelo levantamento utilizando aeronave remotamente pilotada (RPA), modelo DJI Phantom 4, com resolução espacial de 4 centímetros, a escala de tela foi de 1:1000, o *software* utilizado foi o QGIS.

Os polígonos foram agrupados com as classes: Edificações - na qual foram inseridas todas as edificações existentes no Campus; Áreas pavimentadas - nessa classe foram incluídos o arruamento, os acessos e estacionamento pavimentados, e também as calçadas e a infraestrutura para esportes que não se enquadravam como edificações. Esse agrupamento foi realizado, com intuito de identificar todas as áreas que são impermeabilizadas, sem a distinção de cada elemento, pois não agregaria maiores informações a este estudo; Áreas não pavimentadas – nessa classe foram agrupados todos os polígonos de acessos e estacionamentos que não possuíam pavimento, dessa forma, se caracterizam como solo exposto, com acréscimo de material tecnogênico como cascalho e brita; Fragmentos de Floresta ombrófila mista; Vegetação gramínea (exótica); Áreas pavimentadas com acréscimo de materiais .

A cobertura e uso da terra, foi realizada com base nos dados mais antigos disponibilizados pelo IPPUC, e que não denotavam a presença do tecido urbano. Dessa

forma, considerou-se o ano de 1952 (original) também foi elaborado por fotointerpretação, com escala de tela 1:1.000 para vetorização das feições. E foi classificado nas seguintes unidades: Estepe Gramíneo-lenhosa, Floresta ombrófila mista e vegetação ripária.

Em ambos os mapas foram realizadas as análises de consistência topológica, e por fim foram agrupados nas classes já mencionadas, utilizando a ferramenta dissolver do QGIS 3.28.5. Após essas etapas, foram calculadas as áreas de cada classe de uso e cobertura da terra definidas para os anos de 2024 e 1952, por meio da ferramenta calculadora de campo do QGIS.

#### 4.3.2. Elaboração dos Mapas de hipsometria e declividade

O mapa de hipsometria para os anos de 1962 e 2019 foram elaborados com base nos respectivos MDTs aplicando-se para a simbologia da legenda a interpolação do método discreto, com cinco classes altimétricas, sendo elas: menor ou igual a 901 m; 901 a 907 m; 907 a 913 m; 913 a 919 m e maior que 919 m. Essa classificação se mostrou adequada pois permite a análise preliminar das formas de relevo presentes na área e facilita a comparação entre os anos de 1962 e 2019.

A declividade da área de estudo foi obtida utilizando-se a fórmula de Horn (1981) e foi gerada em porcentagem, por meio da ferramenta declividade no QGIS. Após o raster gerado, foi realizada a reclassificação, utilizando a calculadora raster do QGIS. A reclassificação foi realizada em quatro intervalos ( $\leq 3\%$ ; 3 a 10%; 10 a 30% e  $> 30\%$ ). A declividade foi gerada para os dois períodos (1962 e 2019), e para a representação da legenda, foram utilizados intervalos iguais para os diferentes anos, porém os nomes das classes foram adaptados para cada um dos períodos, pois como se tratam de relevos muito distintos pela ação antrópica, a denominação padrão das classes não seria adequada, por não descrever o relevo existente no momento.

Para delimitação dos intervalos de classificação da declividade, foi utilizada como base a Lei nº 6766 de 19 de dezembro de 1979 que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, e aborda que não será permitido o parcelamento do solo em áreas urbanas ou de expansão urbana “em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por

cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes” (BRASIL, 1979). E a classificação de declividade da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006) foi adaptada para a definição das classes utilizadas neste estudo.

Dessa forma, para o período de 1962 foram empregadas as seguintes nomenclaturas:  $\leq 3\%$  (Relevo plano); 3 – 10% (Relevo Suavemente ondulado); 10 – 30% (Relevo ondulado) e  $> 30\%$  (Relevo fortemente ondulado). Já para o ano de 2019 foram delimitadas as seguintes classes e nomenclaturas:  $\leq 3\%$  (Relevo plano); 3 – 10% (Relevo Suave ondulado); 10 – 30% (relevo ondulado que devido as alterações nas vertentes passam a configurar taludes de escavação/ acumulação) e  $> 30\%$  (relevo ondulado que devido as alterações nas vertentes passam a representar áreas com ruptura de declive por escavação/ acumulação - risco).

A extração das áreas por classe de declividade foi realizada a partir de rasters previamente reclassificados nas quatro classes mencionadas, com base nos valores calculados em ambiente SIG. Para essa análise, utilizou-se a ferramenta “Reportar camada raster de valor único” do QGIS, que contabiliza a quantidade de pixels por classe, considerando a resolução espacial da imagem como unidade de área ( $m^2$ ).

O sombreamento para os anos de 2019 e de 1962 foram gerados no QGIS, por meio da ferramenta de mesmo nome, e foram utilizados os parâmetros padrão (azimute de insolação  $315^\circ$ ; altitude de insolação:  $45^\circ$ ; escala e exagero vertical: 1,5) e a fórmula de Horn (1981). Foram utilizados os parâmetros padrão por representarem uma simulação bastante realista da iluminação solar e são amplamente aceitos para visualização do relevo. Os testes realizados com outros parâmetros não apresentaram resultados satisfatórios para identificação de feições tecnogênicas, derivadas de cortes e aterros.

#### 4.3.3. Mapa de Geologia

O mapa representando a Geologia da área de estudo foi realizado com base no arquivo shapefile disponibilizado pelo IAT (Instituto Água e Terra) realizado para a bacia do Alto Iguaçu no período de 2000 a 2002.

#### 4.3.4. Elaboração de MDT Comparativo (2019 e 1962)

Conforme já destacado, o MDT de 1962 foi gerado pela ferramenta *Topo to Raster* após georreferenciamento da planta de Curitiba, e vetorização das curvas de nível, pontos cotados e hidrografia. Os MDTs de 2019 e 1962 foram corrigidos, para eliminar qualquer pixel sem informação que pudesse existir nos arquivos, utilizando a ferramenta “Preencher células NoData” do QGIS. Em seguida, foi gerado um novo MDT comparativo, por meio da operação de Álgebra de Mapas, realizando-se a subtração entre os dois modelos. Esse procedimento permitiu a delimitação das áreas de corte e aterro ocorridas entre os períodos analisados.

O método de levantamento geomorfológico urbano com base em análises multitemporais, investigações multidisciplinares têm sido consideradas como estratégias inovadoras para mapeamento de relevo antropogênico. O destaque desse método é a abordagem multidisciplinar, integrando dados históricos, topográficos, geológicos, geomorfológicos multitemporais, por meio de ambiente SIG, o qual permite a sobreposição e o processamento morfométrico de dados históricos. Especialmente, o levantamento de escavação e acumulação antropogênica é suportado pelo processamento do DEM de Diferenças (DoD), uma diferença raster obtida por álgebra de mapas entre o atual Modelo Digital de Elevação (DEM) e os históricos obtidos de mapas anteriores (Del Monte et al., 2016; Morari, 2023; Pica et al., 2024; Williams, 2012; James et al., 2012).

Conforme abordado por Williams (2012), a Diferenciação de Modelos Digitais de Elevação (DEM's of Difference - DoD) é uma importante ferramenta que favorece o entendimento da interação entre processo e formas na identificação de mudanças geomorfológicas. Segundo esse autor, o fator mais importante para determinar a confiabilidade de um DoD é a precisão dos MDTs individuais.

Apesar de ser abordado na literatura internacional consultada MDE (DEM – Digital Elevation Model) como sinônimo de MDT (DTM - Digital Terrain Model), nessa pesquisa adota-se “MDT para o modelo que representa o terreno em si (desconsiderando os objetos sobre ele dispostos)” (Sopchaki, 2016, p.33). Dessa forma, o método DoD, nessa

dissertação, utiliza como base o MDT, e é mencionada em todo o texto como Diferenciação de Modelos Digitais do Terreno.

Em relação a precisão desses MDTs, destaca-se que os maiores erros são encontrados em áreas com alta rugosidade de forma e superfície, e densidades esparsas de pontos de levantamento. Dessa forma, a aquisição de MDTs com níveis de precisão proporcionais a magnitude dos erros aceitáveis se faz importante (Williams, 2012).

Convém destacar que os dados utilizados possuem um intervalo de 57 anos, e a tecnologia de obtenção deles são distintas, primeiramente pois os dados do relevo original foram obtidos de planta topográfica digitalizada e vetorizada, e os de 2019, foram obtidos por levantamento topográfico, incluindo mapeamento por aerolevanteamento e LIDAR (*Light Detection and Ranging*), um sensor remoto que permite gerar produtos como o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) que representam o terreno sem cobertura e a superfície, com as edificações, vegetação, dentre outros aspectos que integram a superfície, respectivamente.

Embora o objetivo do método seja obter clareza sobre mudanças reais, causadas por atividades antrópicas, existem diversas fontes de erros nos materiais originais e no processamento de dados. As principais fontes de erros incluem a elaboração original do mapa, a distorção de mapas, padrões inconsistentes de levantamento e mapeamento, o georreferenciamento dos mapas (desalinhamento) e a geração de MDTs a partir de informações discretas de altitude (Wang; Belle; Hassler, 2015).

Com isso, convém destacar que a pesquisa apresenta erros embutidos, e com base nisso, foi calculado o Erro Quadrático Médio (RMSE) do MDT de 1962, tendo em vista que o MDT de 2019 apresenta uma precisão adequada, pois o seu levantamento topográfico se deu por aerolevanteamento e LIDAR, o que o torna muito preciso para a escala de trabalho dessa pesquisa. Dessa forma, para estimar a acurácia vertical do Modelo Digital de Terreno de 1962, foram selecionados 11 pontos de controle localizados em feições morfolologicamente estáveis (o ideal seria uma amostragem maior de pontos de controle, mas como a área de estudo foi muito alterada pela ação antrópica, poucas feições homólogas puderam ser encontradas). Esses pontos foram comparados com as altitudes correspondentes no MDT de 2019, resultando em um Erro Quadrático Médio (RMSE) de 0,86 m, valor considerado satisfatório para o nível de detalhamento do modelo

e dos objetivos da pesquisa em questão e que se enquadra pelo Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD) como classe A. A tabela a seguir demonstra os pontos de controle, e os erros obtidos.

Tabela 1 - Pontos de controle para cálculo do Erro Quadrático Médio (RMSE) do MDT de 1962.

Ponto	Altimetria 1962	Altimetria 2019	Diferença	Erro
1	915,92303	914,289	1,63403	2,670054
2	915,6663	914,328	1,3383	1,7910469
3	910,95996	911,067	0,10704	0,0114576
4	916,84357	917,065	0,22143	0,0490312
5	906,056	905,995	0,061	0,003721
6	905,1533	904,86	0,2933	0,0860249
7	915,3171	915,418	-0,1009	0,0101808
8	907,41296	907,719	0,30604	0,0936605
9	898,5205	899,909	-1,3885	1,9279323
10	920,9037	920,863	0,0407	0,0016565
11	920,5571	919,341	1,2161	1,4788992
<b>RMS</b>				<b>0,8593689</b>

Fonte: A autora (2025).

A classificação em aterro, corte e áreas não alteradas topograficamente foi baseada na diferença entre os modelos digitais do terreno de 2019 e 1962. Considerando a acurácia vertical do MDT de 1962 (RMSE = 0,86 m), valores  $\geq +0,86$  m foram classificados como aterros,  $\leq -0,86$  m como cortes, e variações compreendidas entre  $-0,86$  m e  $+0,86$  m como áreas sem alterações topográficas significativas.

Dessa forma, apesar da diferença temporal de 57 anos, e as limitações já descritas, o RMSE obtido e o intervalo de valores definidos, permitem filtrar as alterações altimétricas, mantendo coerência, e sendo adequados para detectar as feições tecnogênicas, e diminuir a subjetividade do mapeamento.

#### 4.5.5. Cálculo do volume de material remobilizado

Os MDTs gerados para o período de 1962 e 2019 foram convertidos em TIN (Rede Irregular Triangulada), para estimar o volume de materiais mobilizados, esses modelos foram comparados no *software* ArcGIS, utilizando a ferramenta *Surface Difference*, com

intuito de obter também os volumes estimados de materiais que foram remobilizados devido as intervenções antrópicas. Os dados obtidos com o arquivo raster de material remobilizado, foi convertido para polígonos e posteriormente foi realizado o cruzamento com o arquivo de cobertura e uso da terra de 2024, a fim de estimar o volume de material remobilizado em cada classe.

#### 4.5.6. Mapa do Relevo Tecnogênico da área de estudo

O mapa síntese do relevo tecnogênico da área de estudo foi elaborado após a investigação e elaboração de todos os dados e produtos descritos nas etapas anteriores. Para isso, apoiou-se nos “pressupostos da ciência geomorfológica, mais especificamente na produção do conhecimento sistematizado do que se denomina Tríade Geomorfológica (formas, materiais e processos)” (Moura et al. , 2023, p. 2).

Adotou-se também como referência a proposta taxonômica de Ross (1992) de forma a relacionar com a formação do relevo tecnogênico, considerando que as intervenções antrópicas no relevo podem interferir por vezes em escala de abrangência espacial que alcança até o nível do quarto táxon (Moura, et al. 2023, Barbosa, 2021, Peloggia, 2005). Conforme destacado por Peloggia (2005) essa relação entre a classificação taxonômica e a formação do relevo tecnogênico é possível pois as novas formas originadas pela atividade antrópica apresentam relação com as formas originais.

Corroborando com essa consideração de classificação taxonômica, convém destacar que no mapeamento geomorfológico do estado do Paraná, a área do presente estudo é classificada como colinas no quarto táxon (Silveira, et.al, 2025). Dessa forma, considerou-se nesta pesquisa a classificação e mapeamento do sexto táxon que inclui as formas antrópicas, assim como as Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR) (Moura et al., 2023).

Com isso, foram consideradas as tecnoformas de acumulação (aterro) e escavação (corte). Como elementos areolares conforme abordado por Moura, et al. (2023), estão as pilhas e montículos tecnogênicos, patamares, planície fluvial tecnogênica, rampa de aterro e degrau de corte. Os elementos lineares são: ruptura de

declive por corte/ aterro, talude suave de corte/ aterro, ruptura de declive por corte/ aterro estabilizada (quando possui alguma forma de contenção, como por exemplo, um muro de arrimo).

Além desses elementos, foram classificados os processos atuantes identificados, tais como erosão, infiltração, impermeabilização, compactação, alterações na hidrografia (canalização e aterro), drenagem pluvial e áreas úmidas identificadas. Buscando a representação morfocronológica, as formas foram identificadas em quatro períodos distintos: fase inicial de urbanização, expansão da urbanização, consolidação da urbanização e pós urbanização. As formas e processos antropogênicos foram representados e adequados conforme a Figura 6.

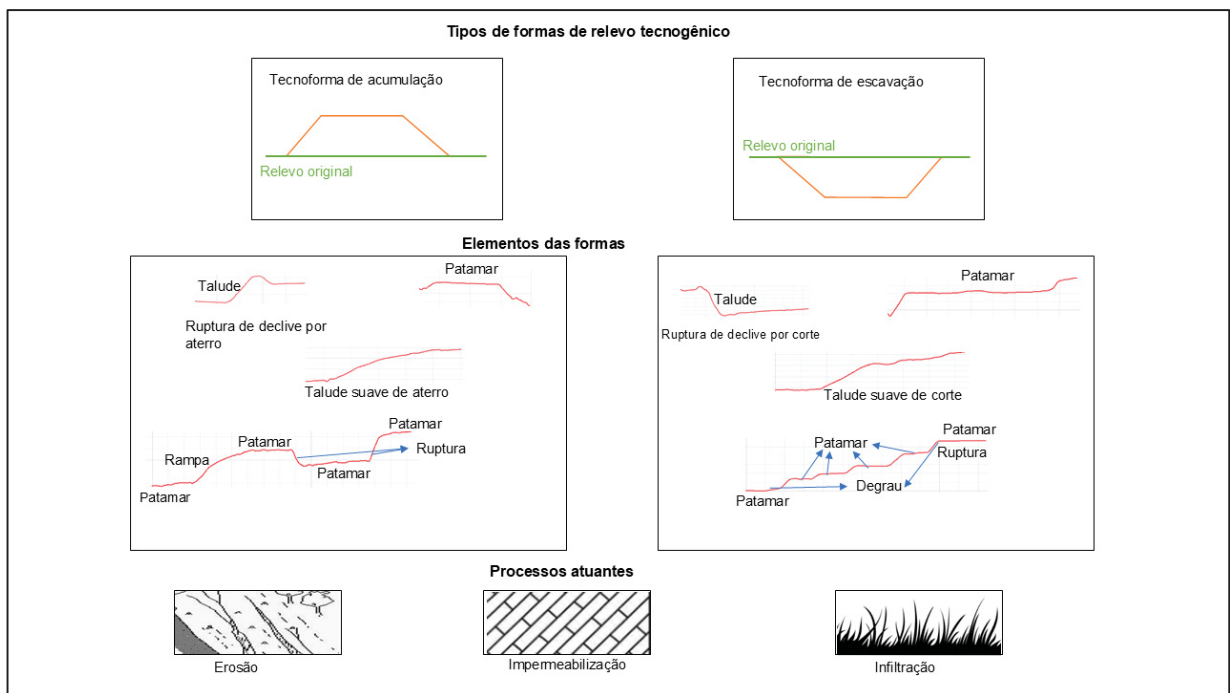


Figura 6 - Formas e processos representados no mapa do relevo tecnogênico.

Fonte: A autora (2025).

A representação do mapa geomorfológico tecnogênico procurou apresentar, de forma integrada, morfologia (morfometria e morfografia), morfogênese, morfocronologia e morfodinâmica (Silveira; Silveira, 2021).

O mapa inicial com as feições geomorfológicas antrópicas foi realizado em gabinete, por meio de fotointerpretação. Após a elaboração do MDT de diferença

comparando os períodos de 1962 e 2019, identificou-se a necessidade de adaptar esse primeiro esboço.

Dessa forma, para a representação do mapa final, foi utilizada como base a cobertura e uso da terra, as áreas foram reclassificadas em impermeabilizadas, com cobertura vegetal e áreas permeáveis sem cobertura vegetal. Elas foram representadas no mapa final utilizando a variável visual cor, com modo de implantação zonal. Sobrepondo-o, optou-se por inserir a morfogênese das formas (acumulação e escavação), e foram representadas pela variável visual forma por meio de hachuras, de forma zonal. As formas do relevo antrópico foram representadas em forma areolar e linear, seguindo o proposto na nota técnica “Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR)”. Para identificação dessas formas utilizou-se a análise e sobreposição da imagem de RPA, declividade, hipsometria e a morfogênese tecnogênica, em seguida foram representadas pelo tempo cronológico, elaborado com base na análise do processo histórico de cobertura e uso da terra da área de estudo.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

Neste item, serão apresentados os dados referentes à geologia e à geomorfologia original da área de estudo, com o objetivo de embasar a compreensão sobre a estrutura e as formas naturais do relevo. Essa contextualização permitirá, ao final do capítulo, identificar e compreender as formas tectogênicas resultantes das atividades antrópicas na área, bem como suas características morfométricas, morfodinâmicas e morfogenéticas.

A geologia da área de estudo é composta pela Formação Guabirotuba, formada no período Quaternário (Holoceno). Os sedimentos característicos dessa formação foram depositados, em um abatimento de rocha gerado por falhas na forma de uma bacia, tendo início no Cretáceo, e foram encontrados e descritos primeiramente, no bairro denominado Guabirotuba, na porção leste de Curitiba (MINEROPAR, 2011).

Os sedimentos da Formação Guabirotuba (Figura 17) atingem espessuras de 60-80 metros e compreendem sequências litológicas nas quais predominam as argilas e areias arcóianas com composição de 20 - 40% de feldspato. A parte basal é composta, por vezes, de cascalhos e arcósios de granulometria grosseira. Este pacote de sedimentos está depositado sobre as rochas do Complexo Atuba, embasamento gnáissico-migmatítico e rochas metassedimentares do Grupo Açungui. Grande parte desses sedimentos foram originados da decomposição das rochas Pré-Cambrianas. (MINEROPAR 2011).

Encontra-se também na área de estudo aluviões atuais e terraços aluvionares (Figura 17), ambos formados no período Quaternário (Holoceno), e são compostos por sedimentos areno-siltico-argilosos depositados em ambiente fluvial, intercalados com camadas de areia fina a grossa e cascalhos. Os terraços aluvionares se encontram posicionados acima do nível atual da planície de inundação (MINEROPAR, 2011; SUDERHSA, 2000). Convém destacar que as áreas planas correspondem aos aluviões atuais e os terraços aluvionares, caracterizando um ambiente deposicional da planície de inundação do rio Belém.

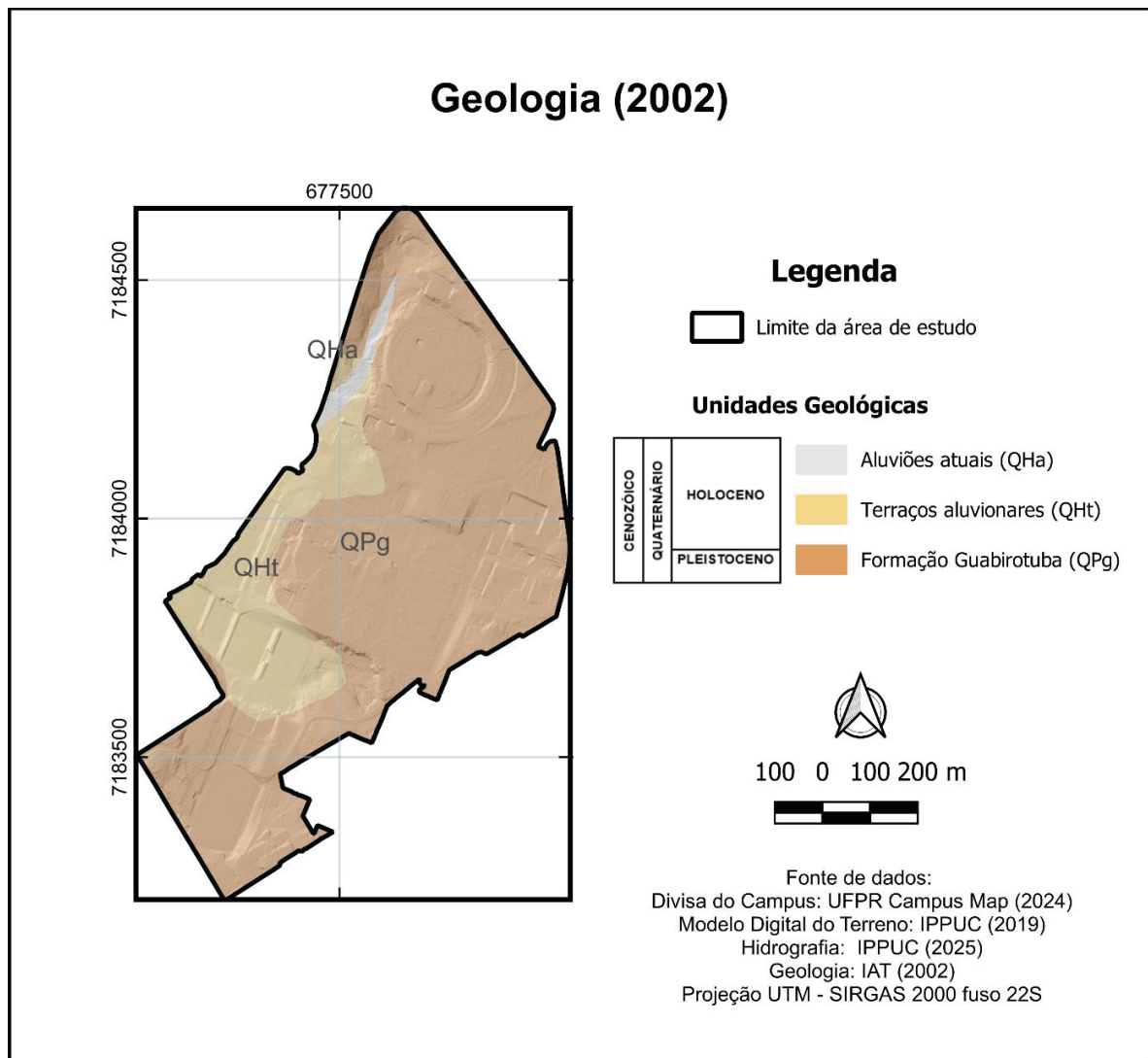


Figura 7 - Geologia da área de estudo. Fonte: A autora (2025).

O relevo do Campus Centro Politécnico segundo Santos et al (2006) compreende a morfoestrutura Cinturão Orogênico do Atlântico (primeiro táxon), unidade morfoescultural Primeiro Planalto Paranaense (segundo táxon), e Planalto de Curitiba (terceiro táxon). Segundo Bigarella et al. (1965), a geomorfologia da Bacia Sedimentar de Curitiba é resultado da atuação conjunta de processos morfoclimáticos, marcados pela alternância entre períodos úmidos e secos, e de eventos tectônicos suficientemente

intensos para influenciar os principais traços morfoestruturais da região, condicionando, assim, sua evolução geomorfológica.

O relevo local natural apresenta altitudes que variam entre 895 a 925 metros. De acordo com Ab'Saber (1966), estende-se pela região de Curitiba colinas, terraços e amplas planícies de inundação, que formam um conjunto de relevo com formas muito suaves, em uma paisagem que comportava a vegetação de campos, com pequenos bosques de araucárias, características evidenciadas na imagem histórica de 1952. Os interflúvios mais elevados das colinas da região de Curitiba situam-se entre 915 e 930 metros, e podem ser identificadas na área de estudo. Esses interflúvios são espigões divisores de topos alongados que se situam entre os vales dos afluentes de ambas as margens do Alto Iguaçu (Ab'Saber, 1966).

Salamuni et al. (2013), destacam que o sistema de planície ou terrenos aluvionais que também são encontrados na área de estudo, correspondem às planícies de inundação ou várzeas, caracterizadas por depósitos sedimentares pouco dissecados e pela ocorrência frequente de terrenos alagadiços.

O Centro Politécnico situa-se na bacia do córrego Aviário, cujas nascentes estão localizadas no interior do Campus. Este curso d'água é afluente da margem esquerda do rio Belém, que por sua vez integra uma das principais bacias hidrográficas de Curitiba e desemboca como afluente da margem esquerda do rio Iguaçu.

## 5.2. ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DA COBERTURA E USO DA TERRA DO CENTRO POLITÉCNICO

A área onde foi posteriormente implantada o Campus Centro Politécnico da UFPR, em 1952, possuía cobertura predominante de vegetação estepe-gramíneo-lenhosa, também conhecida como campos naturais, com fragmentos de floresta ombrófila mista na porção ao norte do campus, com aspecto de alteração antrópica, evidenciada pelas formas uniformes sem vegetação (Figura 7). Neste mesmo período, verifica-se a existência de rios dentro do limite do campus, que pertencem a microbacia do córrego do Aviário, afluente da margem esquerda do rio Belém. Existe também a presença de

vegetação ripária, em uma área de nascente localizada na porção sudeste dos limites do campus, visíveis na Figura 7, que representa a cobertura da terra no ano de 1952.

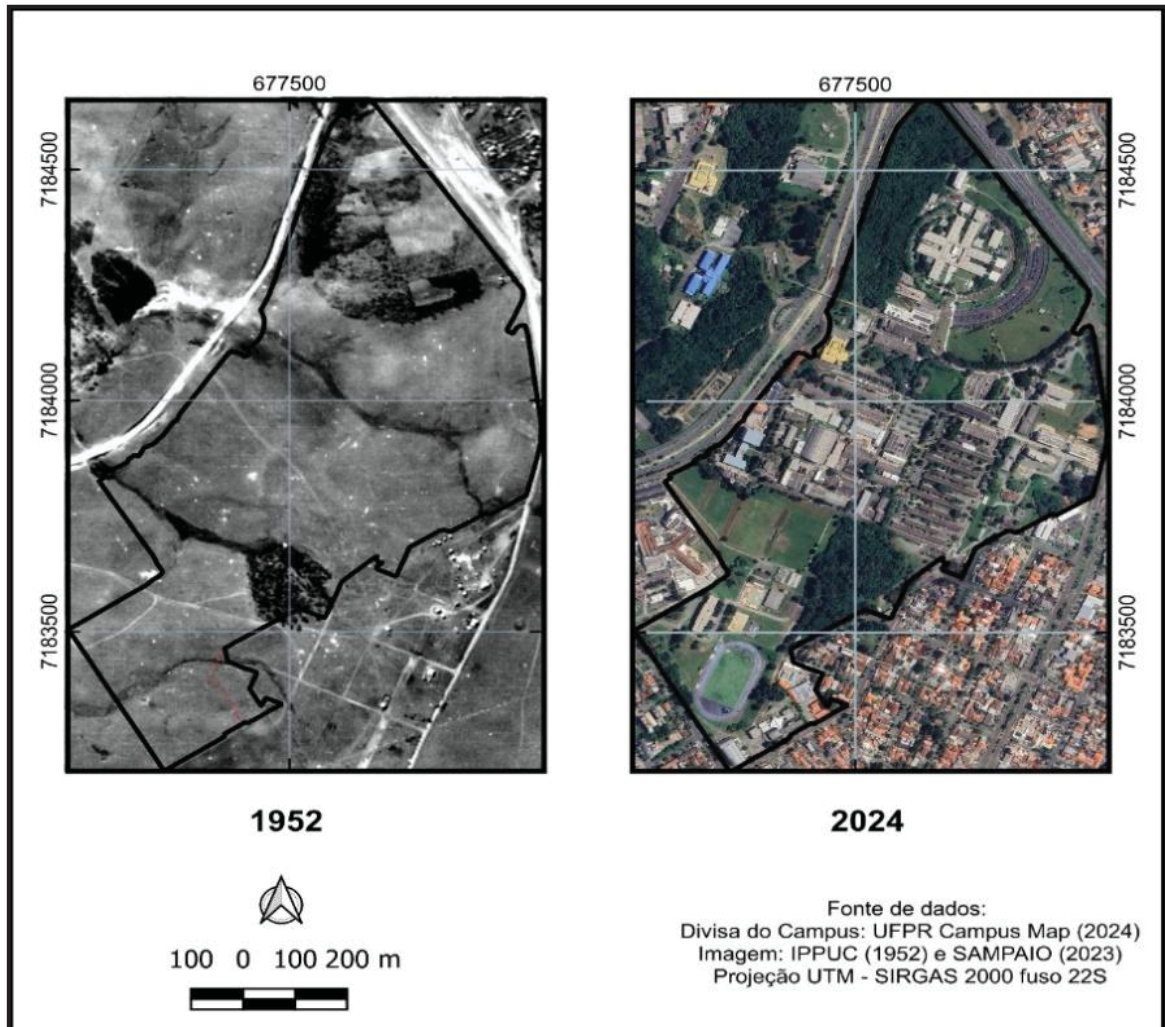


Figura 8 - Cobertura da terra em 1952 e 2024

Fonte: A autora (2025).

Com isso, é possível identificar que a cobertura da terra apresentava características naturais na maior parte da área de estudo em 1952, e não é possível identificar um uso. Portanto nenhuma modificação topográfica foi identificada na área neste momento. Em 1957 iniciaram as obras de drenagem e terraplanagem para nivelamento do terreno, para viabilizar a construção das primeiras edificações do Campus, que foi inaugurado em 1961 (Imaguire; Castro, 2002).

A construção do Complexo Rubens Meister, se caracteriza como as edificações que deram início ao Campus, e por meio do mosaico de fotos históricas (Figuras 8 e 9) é possível evidenciar partes do relevo e vegetação natural que existiam na área, aporte de materiais tecnogênicos e áreas de intervenções antrópicas realizadas, como cortes, aterros e a implantação das construções.



Figura 9 - Fotografias históricas do período de obras do Campus. Fonte: Projeto de Extensão – Resgate arquitetônico e estrutural do complexo Rubens Meister – Grupo Estruturas UFPR



Figura 10- Mosaico de fotografias históricas do período de obras do Campus (continuação). Fonte: Projeto de Extensão – Resgate arquitetônico e estrutural do complexo Rubens Meister – Grupo Estruturas UFPR.

Em 1961, quando ocorreu a inauguração das obras iniciais do Campus, verifica-se um predomínio das construções na porção central da área (Complexo Rubens Meister, Administração, Blocos 1 e 2 da Química, Centro de Hidráulica e Hidrologia, Edifício da Engenharia Mecânica, Laboratório de Materiais e Estruturas, Laboratório de Máquinas Térmicas, Centro de Capacitação Técnica, Biblioteca do Setor de Tecnologia e Informática). Nesse período, as alterações de corte e aterro se concentram nessas áreas, tendo em vista que ainda são visíveis as hidrografias que se concentram nas

extremidades da imagem representada na Figura 10. Entretanto a hidrografia que corta a área de estudo já se apresenta alterada, canalizada e soterrada.

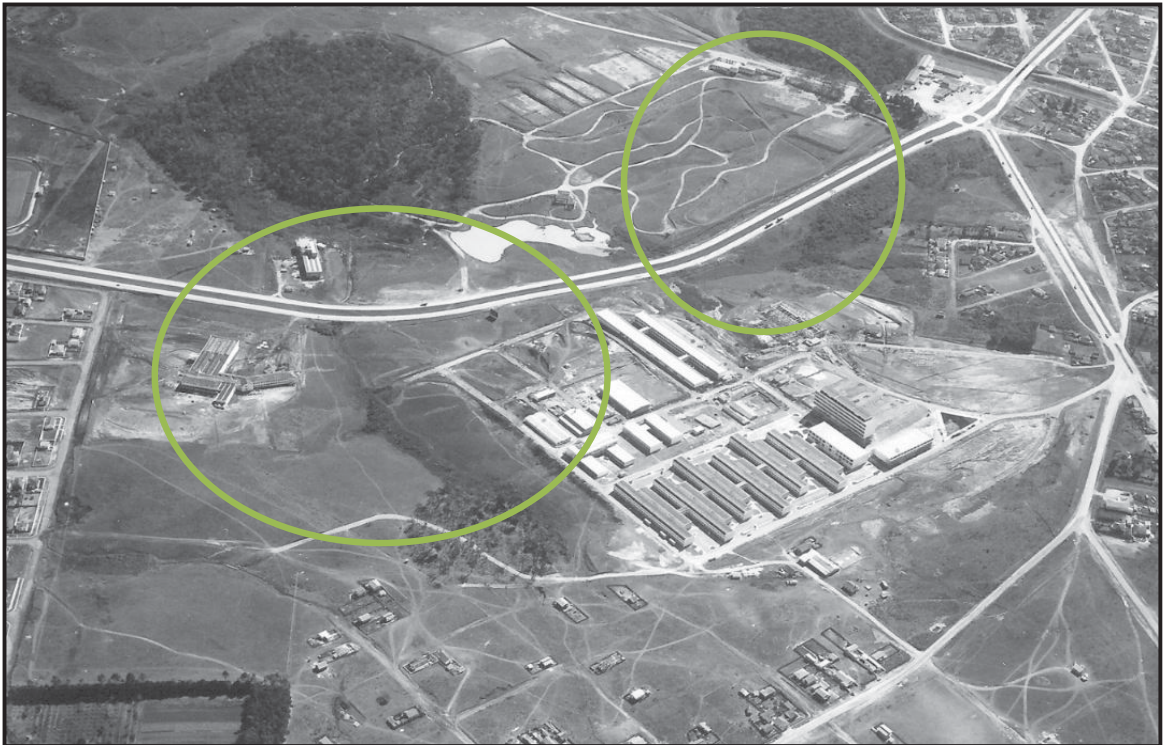


Figura 11 - Campus Centro Politécnico em 1961, com círculos verdes destacando as hidrografias. Fonte: Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná *apud* Memória Urbana, 2015.

Em 1970 ocorre a inauguração do Edifício do Setor de Ciências Biológicas, que se localiza na porção leste do Campus. Com isso, percebe-se uma intensa alteração antrópica de nivelamento, tendo em vista que essa área concentra as porções com maiores altitudes na área de estudo. Quando comparamos a Figura 10, que representa o período anterior a construção do bloco, e a Figura 11, após a inauguração, tais intervenções ficam nítidas. A impermeabilização do solo ocorre com a construção das edificações, estacionamentos e arruamentos.



Figura 12 - Edifício do setor de Ciências Biológicas em 1970. Fonte: Burmester (2002).

O processo de expansão do Campus até atingir as configurações atuais, se deu em diversos momentos distintos (Figura 12). É possível identificar, além da remobilização inicial de materiais para o nivelamento e a construção das primeiras edificações, outras intervenções de corte e aterro realizadas posteriormente sobre essa terraplanagem, associadas à implantação das edificações construídas ao longo dos 64 anos analisados nesta pesquisa.

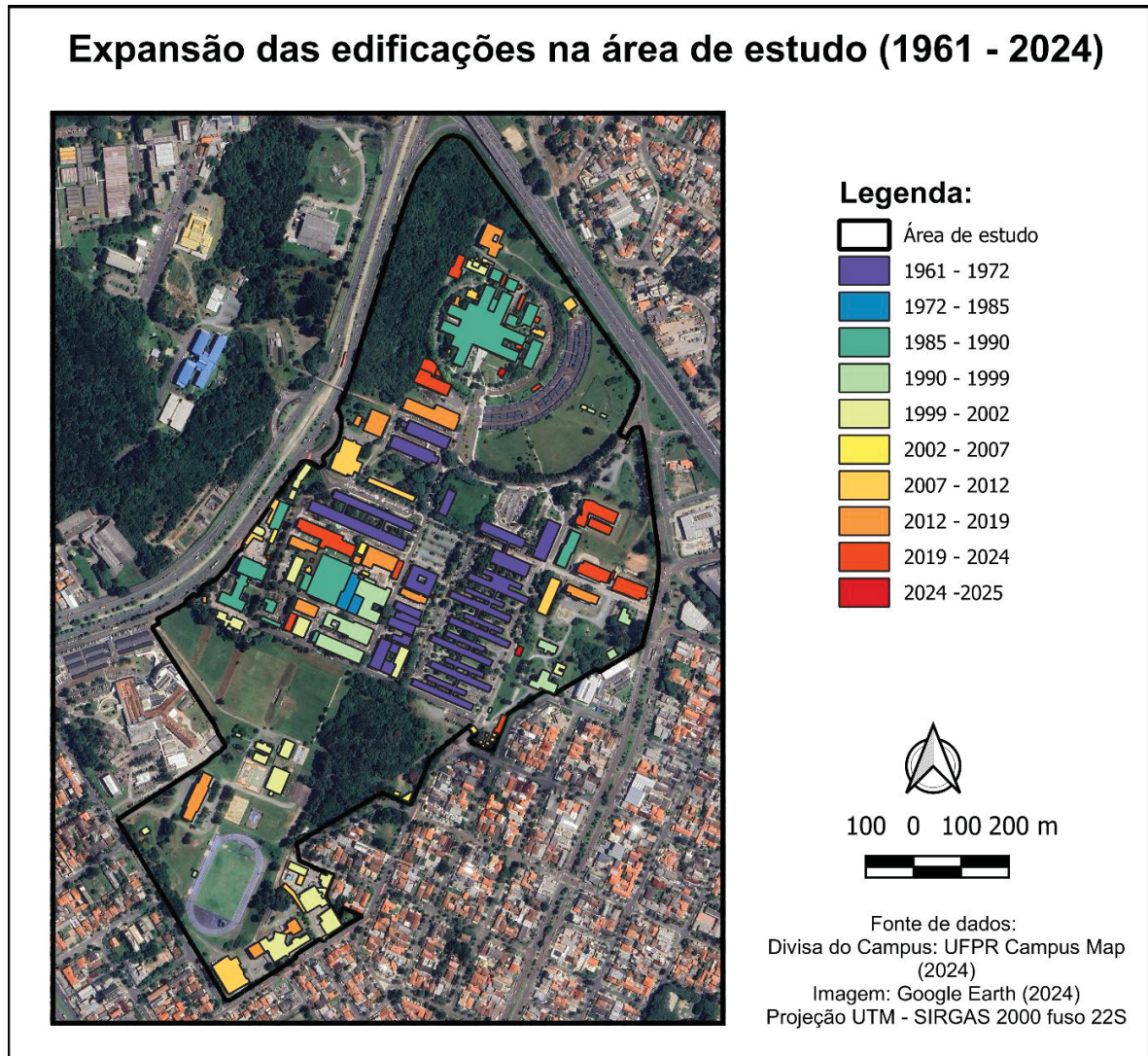


Figura 13 - Expansão das edificações no Campus Centro Politécnico. Fonte: A autora (2025)

Quanto ao mapa de cobertura da terra realizado para o ano de 1952, utilizou-se a chave de interpretação presente na Figura 13, com intuito de representar as principais coberturas e hidrografias identificadas por fotointerpretação e com o auxílio de carta topográfica. Após a fotointerpretação e finalização do mapa, foram contabilizadas as áreas de cada classe, e evidenciou-se que a predominância em 80% da área de estudo (Tabela 2) era de vegetação estepe-gramíneo-lenhosa (Campos Naturais). Os outros 20% correspondiam as áreas com floresta ombrófila mista.

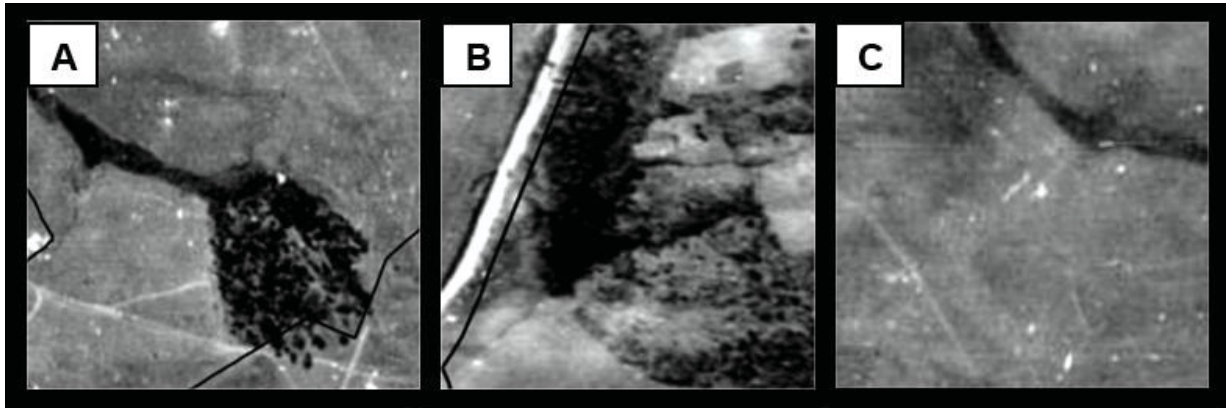


Figura 14 - Classes de Cobertura e uso do Solo de 1952: A e B – Floresta ombrófila mista; C – Estepe-gramíneo lenhosa (Campos naturais) e hidrografia. Fonte: A autora (2025).

Tabela 2 - Área das classes de cobertura da terra de 1952.

Classe de cobertura e uso da terra (1952)	Área (ha)	Área (%)
Floresta ombrófila mista	12,11	20%
Estepe Gramíneo-Lenhosa (Campos Naturais)	49,42	80%
<b>Total</b>	<b>61,53</b>	<b>100%</b>

Fonte: A autora (2025).

Já em 2024, utilizou-se as classes de uso e cobertura da terra, conforme destacadas na chave de interpretação presente na Figura 14, e evidenciou-se que 55% da área possui vegetação, sendo do tipo gramínea - exótica (40%), e fragmentos de floresta ombrófila mista (15%). As edificações correspondem a 19%, áreas pavimentadas 23%, e áreas não pavimentadas 3% (tabela 3).

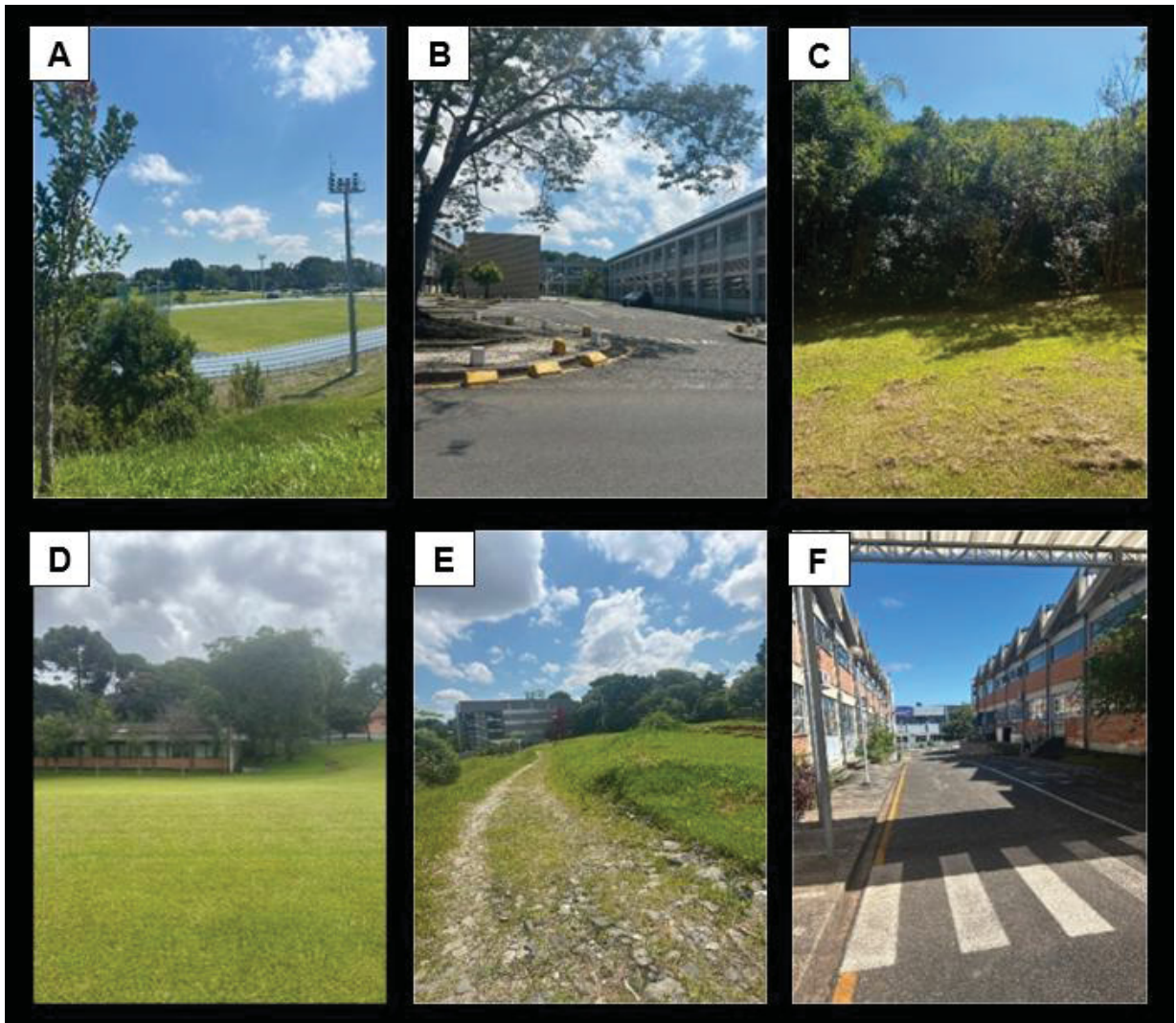


Figura 15 - Classes de Cobertura e uso da terra de 2024: A – Área pavimentada (infraestrutura para esportes); B – Área pavimentada (arruamento e estacionamento) C – Fragmentos de Floresta ombrófila mista; D - Vegetação gramínea (exótica); E - Áreas não pavimentadas; F - Edificações  
Fonte: A autora (2025).

Tabela 3- Área das classes de Cobertura e uso da terra em 2024.

<b>Classe de cobertura e uso da terra (2024)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Edificações	11,40	18,53%
Área pavimentadas com entulho	0,25	0,41%
Áreas pavimentadas (arruamento, acesso, calçadas, estacionamento e infraestrutura para esportes)	14,04	22,82
Área com sedimentos	0,02	0,03%
Vegetação gramínea (exótica)	24,51	39,83%
Áreas não pavimentadas (Acessos e estacionamentos)	2,00	3,26%
Fragmentos de Floresta ombrófila mista	9,31	15,13%
<b>Total</b>	<b>61,53</b>	<b>100%</b>

Fonte: A autora, (2025).

Apesar de o campus contar, no ano de 2024, com cerca de 55% de sua área coberta por vegetação, é importante destacar que os campos naturais foram substituídos por gramíneas exóticas, com a presença esparsa de árvores e arbustos. Essa vegetação compõe a classe mais alterada, uma vez que, em geral, essas áreas foram utilizadas para a construção da maior parte das infraestruturas do Centro Politécnico. Há uma concentração maior de árvores e arbustos onde se encontram os fragmentos de floresta ombrófila mista, que em 1952 totalizavam 20% da área e em 2024 foi reduzida a 15%. Dessa forma, o Campus possui 42% da área impermeabilizada, e 58% permeável (área com vegetação gramínea (exótica); áreas não pavimentadas (acessos e estacionamentos); fragmentos de floresta ombrófila mista).

A hidrografia da área de estudo apresenta alterações antrópicas significativas. Excetuando-se o trecho entre a nascente do córrego do Aviário e os limites do campus, que pode ser considerado natural, os demais cursos d'água encontram-se canalizados e subterrâneos, conforme indicado no Mapa de Uso e Cobertura da Terra de 2024 (Figura 16).

Apesar da maior parte da área de estudo ser permeável, ocorreram alguns episódios de inundação associado a alagamento, ocasionadas por problemas de drenagem e pelo extravasamento do Córrego Aviário, cuja nascente se localiza na porção ao norte do Campus na área de floresta ombrófila mista. De acordo com Carvalho; Marangon; Santos (2020), um dos eventos pluviométricos recentes de maior impacto foi registrado em 21 de fevereiro de 2019, quando ocorreu uma precipitação de 119,6 mm em 24 horas (Figura 15).

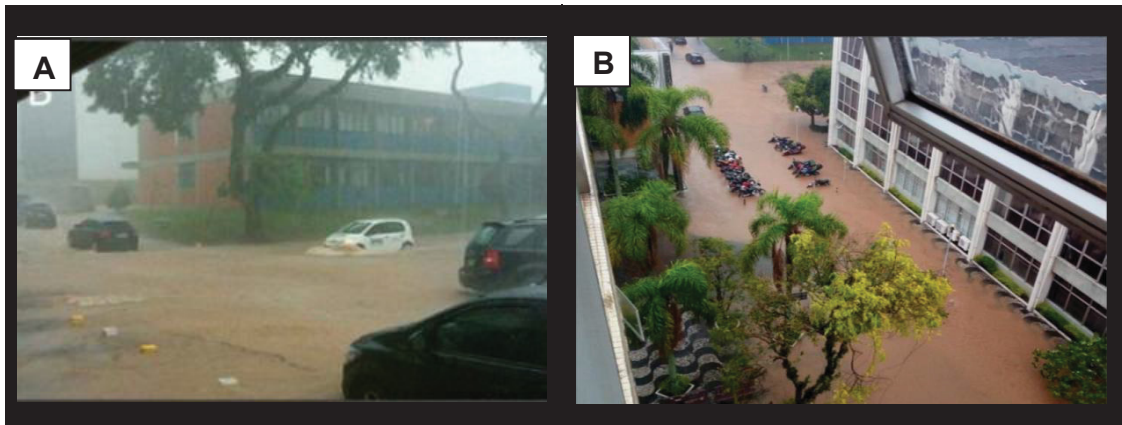


Figura 16 – Inundação associada a alagamento de 21/02/2019 na área de estudo (A – Perspectiva do bloco do Setor de Ciências da Terra; B – Perspectiva da rua em frente a Biblioteca de Ciência e Tecnologia).

Fonte: Carvalho; Marangon; Santos (2020, p. 167).

A transformação inicial da cobertura vegetal atua como fator desencadeante de uma série de alterações que incidem diretamente sobre as formas do relevo e a hidrografia, modificando, por consequência, a morfodinâmica e a dinâmica fluvial (Nir, 1983). A ação antrópica confere características artificiais aos sistemas geomorfológicos e hidrográficos, interferindo em sua dinâmica natural e exigindo uma análise aprofundada das repercussões que as atividades humanas provocam nos processos geomorfológicos (Paschoal; Simon; Da Cunha, 2015).

Tendo em vista o contexto apresentado, observa-se elevado grau de desenvolvimento urbano na área de estudo, o que provocou a desnaturalização dos processos hidrológicos e geomorfológicos e a intensificação de problemas associados à dinâmica hídrica em ambiente urbano. A impermeabilização da área de estudo resulta em alterações no regime natural de escoamento, reduzindo a infiltração da água no solo, elevando os picos de vazão e, conseqüentemente, aumentando o risco, a frequência e a magnitude das inundações (Carvalho; Marangon; Santos, 2020).

O desenvolvimento urbano e as conseqüentes alterações na cobertura e uso da terra, podem ser observados no Mapa comparativo de cobertura e uso da terra de 1952 e 2024 (Figura 16).

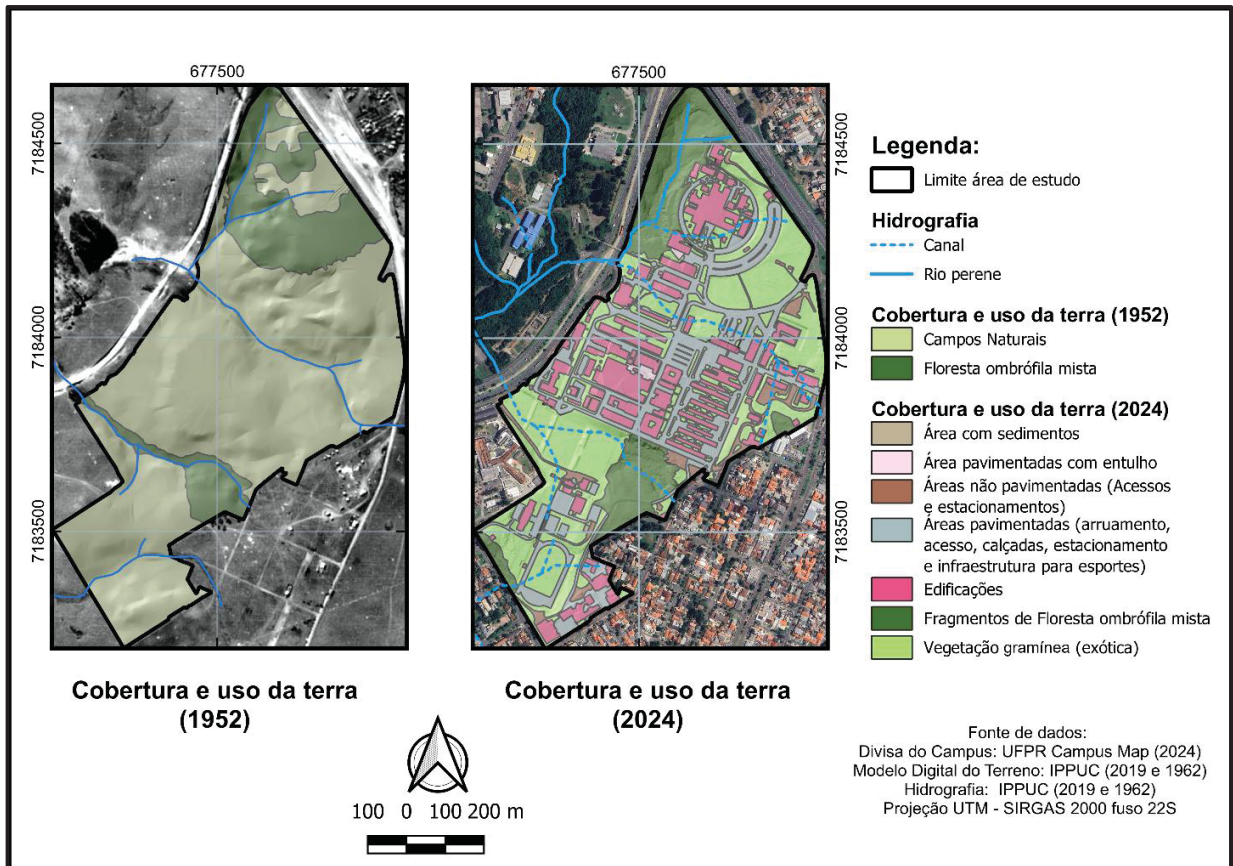


Figura 17 - Cobertura e Uso da Terra de 1952 e 2024.

Fonte: A autora, (2025).

### 5.3. HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE

Neste item, apresentam-se e discutem-se os resultados referentes à análise da hipsometria e da declividade na área de estudo do Centro Politécnico da UFPR, com o objetivo de identificar alterações no relevo decorrentes de processos antrópicos. A partir da comparação entre MDTs de diferentes períodos (1962 e 2019), foi possível evidenciar mudanças nas cotas altimétricas e nas inclinações do relevo que indicam a ocorrência de feições tecnogênicas, como cortes, aterros, nivelamentos e reconfigurações topográficas associadas ao processo de urbanização.

### 5.3.1. Análise da hipsometria

A hipsometria foi calculada a partir dos MDTs referentes ao ano de 1962 e 2019, com resolução espacial de 0,5 metros. Foram definidas cinco classes altimétricas sendo elas: inferior a 901m; 901 a 907m; 907 a 913 a 919m e superior a 919m. A análise foi realizada para os anos de 1962 e 2023, permitindo a comparação diacrônica da distribuição altimétrica da área.

Os mapas hipsométricos (Figura 18) mostram uma modificação significativa na distribuição das altitudes ao longo do tempo. Em 1962, a área apresentava um relevo com variação altimétrica mais homogênea e suave. Já em 2023, observa-se uma elevação artificial das planícies fluviais identificadas nas cotas inferiores a 907m, associada a realização de acumulação (aterros), bem como o rebaixamento das áreas de colinas de topos alongados decorrente de escavação (cortes), todas essas alterações visam o aplainamento tecnogênico da área de estudo para a implantação de infraestrutura urbana-educacional. Essa intensa movimentação de materiais ocasionou uma nova configuração topográfica e hidrográfica, visíveis na Figura 18.

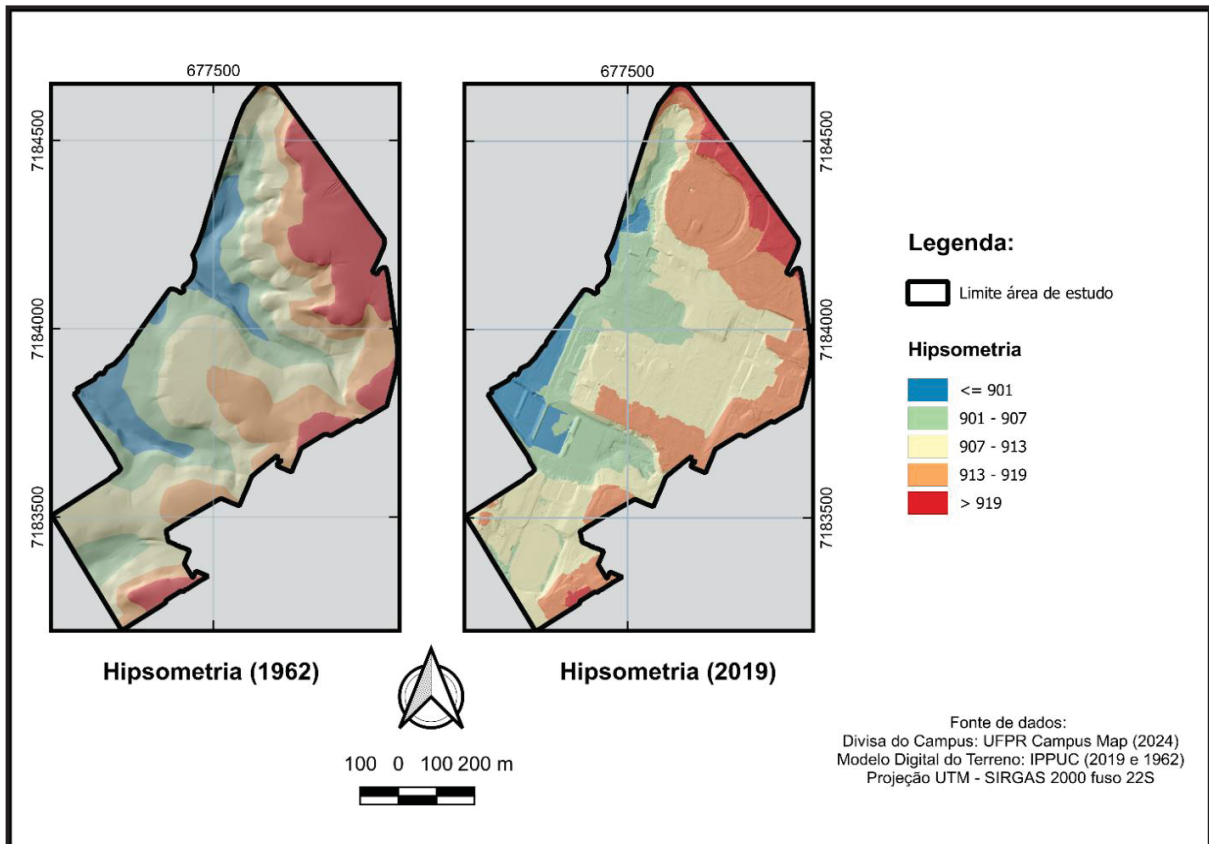


Figura 18 - Evolução da Hipsometria de 1962 e 2019.

Fonte: A autora (2025).

Os gráficos hipsométricos, representando os perfis topográficos da área de estudo com relevo original (1962), reforçam a descrição geomorfológica da área de estudo, uma vez que mostram o relevo colinoso, com topos alongados, e o interflúvio entre os vales (Figura 19, perfis A e B), e as características das vertentes côncavas.

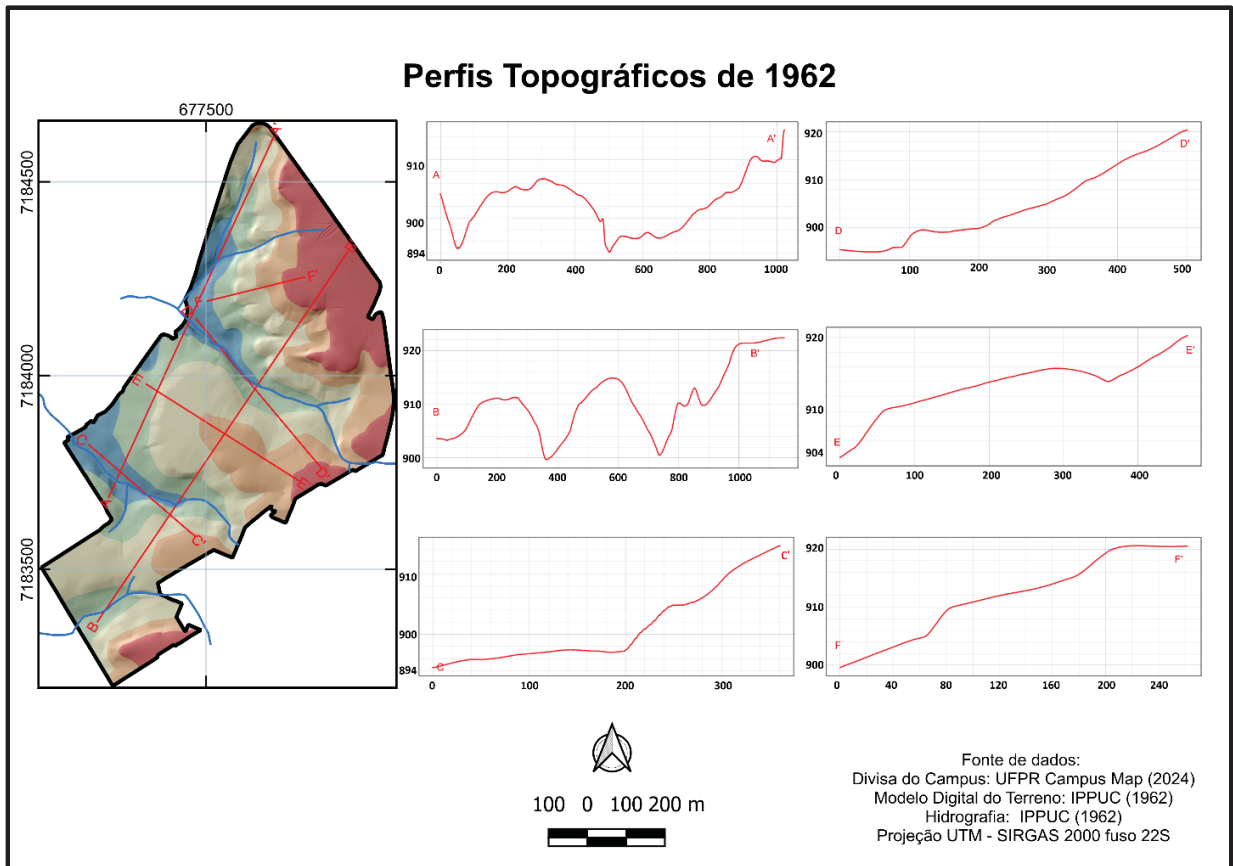


Figura 19 - Perfis topográficos de 1962.

Fonte: A autora (2025).

O mapa dos perfis topográficos de 2019 (Figura 20) caracterizam a intensa transformação topográfica e hidrográfica ocorrida na área de estudo pela intervenção antrópica. As características do relevo tecnogênico ficam evidentes, apresentando patamar e taludes com ruptura de declive, criados por meio de escavação ou acumulação mecânica, com intuito de viabilizar a implantação do campus.

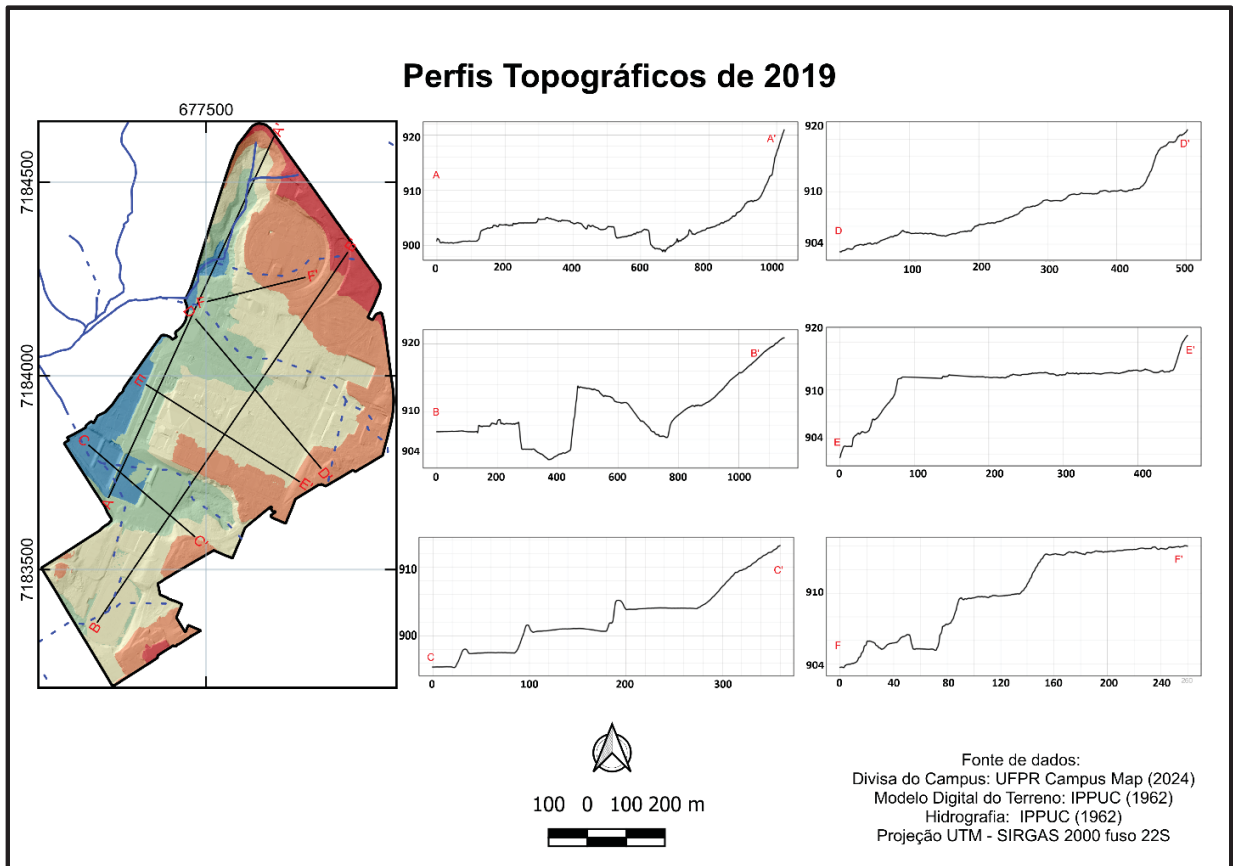


Figura 20 - Perfis topográficos de 2019.

Fonte: A autora (2025).

Quando comparado os dois períodos ficam evidentes as alterações que foram realizadas na geomorfologia local. É possível verificar o processo de acumulação mecânica, realizado nas planícies fluviais, principalmente nos perfis A, B e C da Figura 21, com formação de patamares e taludes com ruptura de declive, mais especificamente no perfil C. O perfil B mostra a existência de taludes com declividades acentuadas. O processo de acumulação na vertente para planificação está sendo demonstrado no perfil D. O perfil E representa um patamar originado por escavação; e por fim, no Perfil F é possível evidenciar o processo de escavação para formação de degraus de corte.

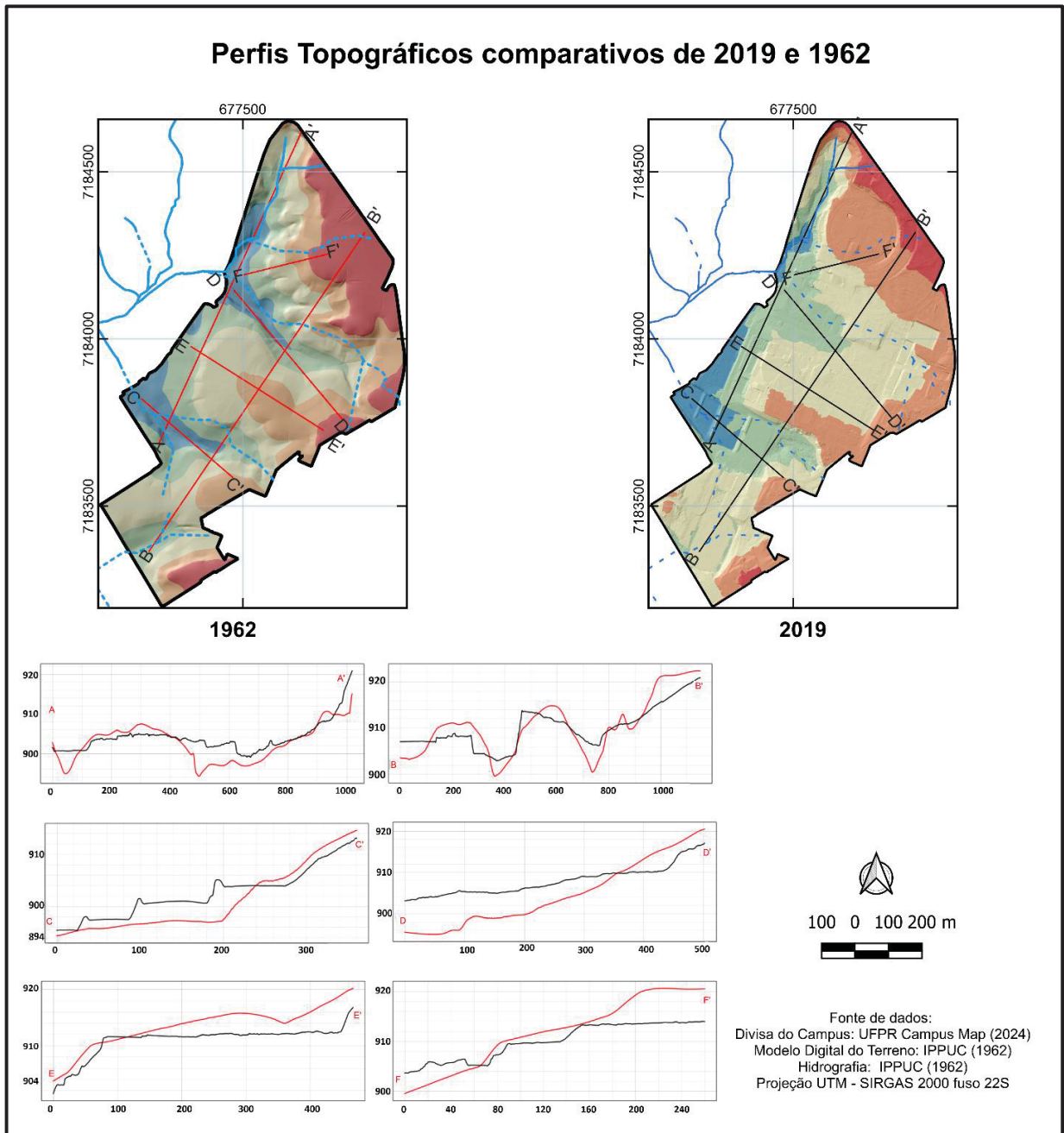


Figura 21 - Perfis topográficos comparativos de 2019 e 1962.

Fonte: A autora (2025).

### 5.3.2. Análise da Declividade

A declividade foi derivada dos MDTs por meio do algoritmo Horn (1981), e foram representadas nos mapas em percentual. As classes de declividade adotadas foram adaptadas para a área de estudo, e ambos os períodos analisados foram representados com a mesma classe percentual (0 a 3%; 3 a 10%; 10 a 30% e superior a 30%), porém a classificação do relevo dada para cada classe foi distinta, levando em consideração a geomorfologia tecnogênica da área de estudo em 2019. Dessa forma a declividade do relevo de 1962 foi classificado da seguinte forma: 0 a 3% (Relevo plano); 3 a 10% (Relevo Suavemente ondulado); 10 a 30% (Relevo ondulado) e acima de 30% (Relevo fortemente ondulado). No ano de 2019 foram classificadas da seguinte forma: 0 a 3% (Relevo plano); 3 a 10% (Relevo Suave ondulado); 10 a 30% (relevo ondulado que devido as alterações nas vertentes passam a configurar taludes de escavação/ acumulação) e acima de 30% (relevo ondulado que devido as alterações nas vertentes passam a representar áreas com ruptura de declive por escavação/ acumulação - risco).

Os intervalos percentuais foram definidos após testes para identificação da melhor representação das características descritas anteriormente. A identificação de áreas de risco com declividade superior a 30% se faz importante para análise das áreas de risco geomorfológico no ambiente urbano, e requerem parâmetros técnicos que considerem a morfodinâmica do relevo, o uso e ocupação do solo e o potencial de instabilidade de encostas. Neste trabalho, adotou-se o limiar de declividade superior a 30% como critério para indicar áreas de atenção geomorfológica, com base na Lei nº 6766 de 19 de dezembro de 1979 que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e diretrizes técnicas amplamente aceitas para áreas urbanas. Especificamente na área de estudo, foi indicada com intuito de apresentar as áreas que apresentam maior suscetibilidade a processos erosivos, e dificuldades de drenagem natural, necessitando da implantação de valas de drenagem concretadas ou valas de infiltração. Esta última constitui de depressões lineares em terrenos permeáveis, com uma cobertura gramada (Agostinho; Poletto, 2012).

A definição das classes e limiar de risco serviu também como apoio ao mapeamento das feições tecnogênicas, e de uma forma geral, pode ser utilizada como subsídio ao planejamento territorial urbano.

Quanto à declividade, os dados de 1962 (Tabela 4) indicavam a predominância de relevo muito plano a suavemente ondulado, com 52% da área concentrada em declividades inferiores a 10%; 40 % da área apresentava declividades de 10 a 30% e somente 2% se caracterizavam como áreas de risco (acima de 30% de declividade). Em 2019 (Tabela 5), observa-se um aumento nas áreas com declividade inferior a 10%, representando 72% da área total, indicando o processo de aplainamento por ação antrópica para desenvolvimento de urbanização. Há uma redução na área de relevo ondulado, quando comparado a 1962, e um incremento nas áreas de ruptura de declividade por acumulação ou escavação, áreas estas que apresentam potencial de risco.

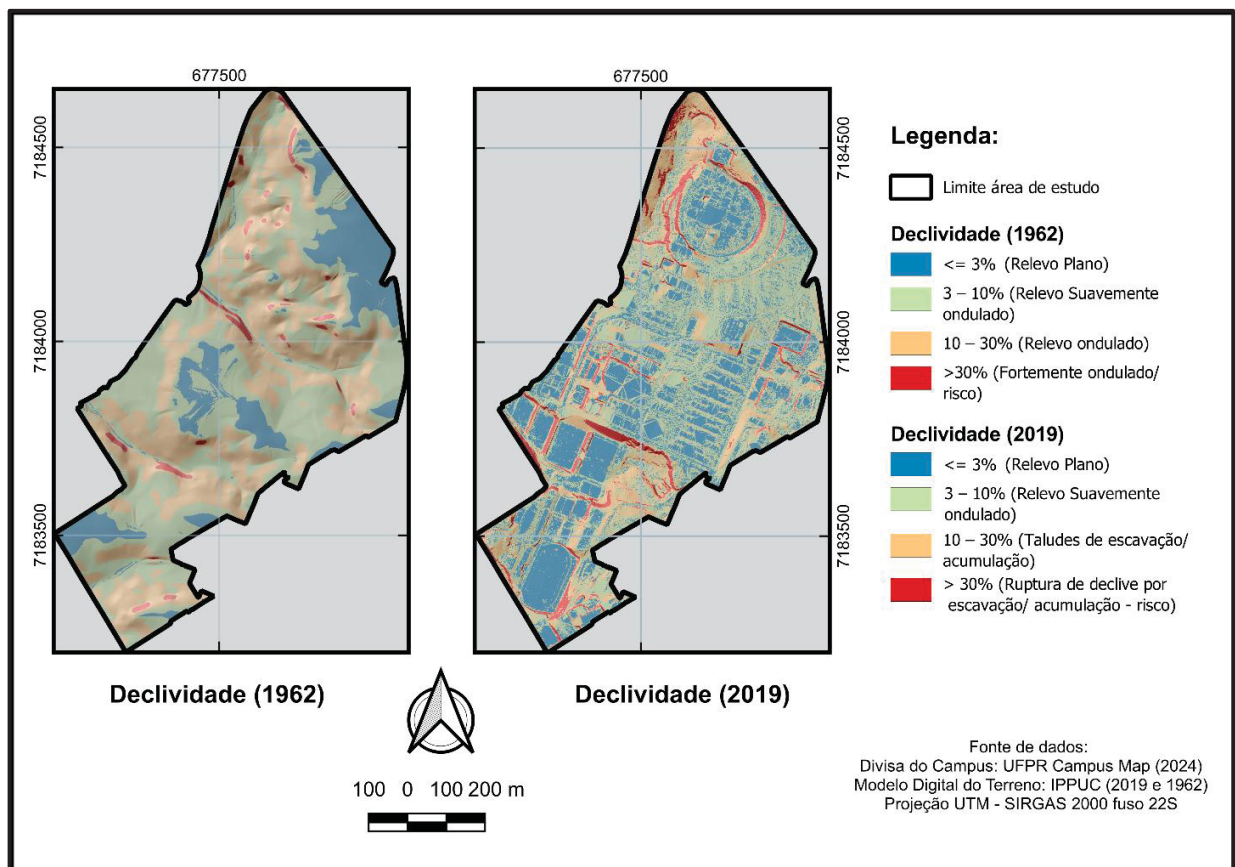


Figura 22 - Evolução da Declividade de 1962 e 2019.

Fonte: A autora (2025).

Tabela 4 - Área por classe de declividade em 1962.

<b>Declividade (1962)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<= 3% (Relevo plano)	5,70	9%
3 – 10% (Relevo Suavemente ondulado)	26,32	43%
10 - 30% (Relevo ondulado)	24,57	40%
>30% (Fortemente ondulado/ risco)	1,27	2%
<b>Total</b>	<b>61,53</b>	<b>100%</b>

Fonte: A autora, (2025).

Tabela 5 - Área por classe de declividade em 2019.

<b>Declividade (2019)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<= 3% (Relevo plano)	19,24	31%
3 – 10% (Relevo Suavemente ondulado)	25,15	41%
10 - 30% (taludes de escavação/ acumulação)	13,02	21%
>30% - (ruptura de declive por escavação/ acumulação - risco)	4,12	7%
<b>Total</b>	<b>61,53</b>	<b>100%</b>

Fonte: A autora (2025).

O gráfico comparativo (Figura 23) permite identificar que o relevo representado pela classe de declividade 10 a 30% (ondulado) de 1962, foi a que mais sofreu intervenção antrópica de acumulação e escavação para fins de planificação. Essas áreas foram alteradas para compor as classes muito plano e suavemente ondulado em 2019.

A comparação dos mapas de declividade (Figura 22) corroboram a indicação do Gráfico presente na figura 23, e evidenciam o processo de planificação, mas com um aumento nas classes de declividade superiores a 30% indicando áreas suscetíveis a riscos geomorfológicos.

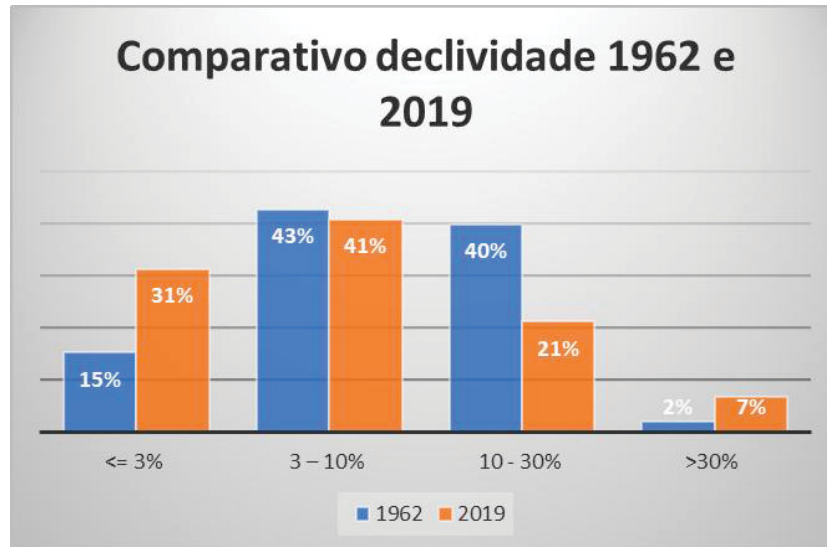


Figura 23 - Percentual de declividade por classe em 1962 e 2019.

Fonte: A autora (2025)

A análise dos dados hipsométricos e de declividade evidenciam a magnitude das transformações impostas ao relevo natural do Centro Politécnico da UFPR ao longo das últimas décadas. As alterações nas cotas altimétricas e nos padrões de declividade indicam processos intensos de modelagem antrópica do terreno, diretamente relacionados à expansão urbana e à consolidação da infraestrutura do Campus.

#### 5.4. ANÁLISE DA GEOMORFOLOGIA TECNOGÊNICA DA ÁREA DE ESTUDO

Este item apresenta os resultados da análise comparativa entre os modelos digitais do terreno de 1962 e 2023, com o objetivo de identificar e interpretar as alterações topográficas promovidas por processos antrópicos na área do Centro Politécnico da UFPR. A investigação contempla a identificação de áreas de acumulação e escavação, a estimativa do volume de material remobilizado por classe de uso do solo, a integração dos produtos obtidos nessa pesquisa para compor o mapa de Geomorfologia tecnogênica da área de estudo, e análise dos resultados obtidos. Também são discutidas as implicações nas formas, materiais e processos da área de estudo.

#### 5.4.1. Volume de material remobilizado por classe de cobertura e uso da terra

A utilização da ferramenta *surface difference* do ArcGIS, com os dados do MDT de 1962 e 2019 possibilitou estimar um volume total de material remobilizado na nova configuração geomorfológica impressa pelas atividades antrópicas (Tabela 6), de aproximadamente 1.458.467,4 m<sup>3</sup>, sendo 868.380,4 m<sup>3</sup> correspondentes a escavações (corte) e 590.087,0 m<sup>3</sup> a acumulação (aterros).

Tabela 6 - Volume de material remobilizado por tipo de alteração tecnogênica

<b>Volume (m<sup>3</sup>) de material mobilizado de 1962 a 2019</b>		
Corte / escavação	868.380,4	59,5%
Aterro / acumulação	590.087,0	40,5%
<b>Total</b>	<b>1.458.467,4</b>	<b>100%</b>

Fonte: A autora (2025).

Os resultados, apresentados na Tabela 7 e nos Gráficos representados nas figuras 24 e 25, revelam que a classe de uso do solo que mais sofreu processos de escavação e acumulação é a de vegetação gramínea (exótica). Algo que se justifica, principalmente por representar 40% da área territorial do Centro Politécnico. As classes de Área pavimentada, não pavimentada e edificações apresentam maior volume de material remobilizado por corte.

Isso corrobora com as características geomorfológicas do relevo natural, que apresentava colinas alongadas, sendo necessário o corte dessas áreas para viabilizar a construção da infraestrutura do Campus.

Um aspecto que se destaca, é a classe fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, que é a única que teve a predominância de aterro, tendo em vista que todas as demais apresentaram predomínio de corte. Apesar do volume de corte ser superior ao de aterro, indicando a remoção de material excedente para outro local, fora do Campus. Este fato pode estar relacionado a um possível descarte dos materiais remobilizados por aterro nas áreas de fragmentos florestais, tendo em vista que futuramente não seriam ocupadas com a implantação de infraestrutura, por precisarem ser protegidas.

Tabela 7 – Volume de material remobilizado por cobertura e uso da terra 2024.

<b>Cobertura e uso / volume de material mobilizado (m³)</b>	<b>Corte (escavação)</b>	<b>Aterro (acumulação)</b>	<b>TOTAL</b>
Área com sedimentos	524,8	0,0	<b>524,8</b>
Área pavimentadas com entulho	6.181,9	0,0	<b>6.181,9</b>
Áreas não pavimentadas (Acessos e estacionamentos)	35.432,0	14.190,6	<b>49.622,7</b>
Áreas pavimentadas (arruamento, acesso, calçadas, estacionamento e infraestrutura para esportes)	226.302,1	115.191,8	<b>341.494,0</b>
Edificações	185.688,3	88.020,3	<b>273.708,6</b>
Fragmentos de Floresta Ombrófila Mista	74.019,2	141.161,7	<b>215.180,8</b>
Vegetação gramínea (exótica)	340.232,0	231.522,6	<b>571.754,6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>868.380,4</b>	<b>590.087,0</b>	<b>1.458.467,4</b>

Fonte: A autora, (2025).

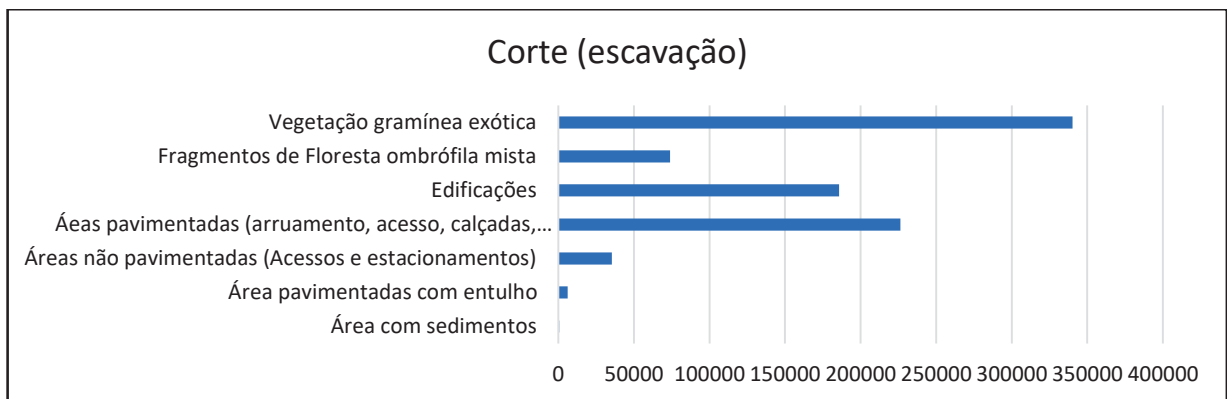


Figura 24 - Quantitativo de material remobilizado (escavação), por classe de cobertura e uso da terra.

Fonte: A autora (2025).

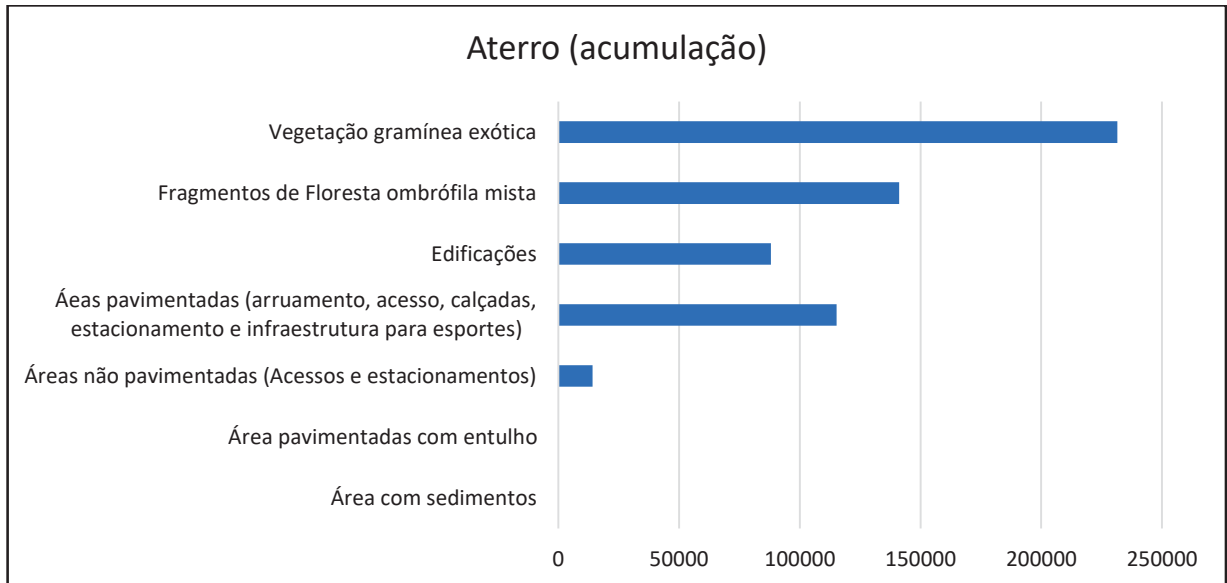


Figura 25- Quantitativo de material remobilizado (acumulação), por classe de cobertura e uso da terra.

*Fonte: A autora (2025).*

Dessa forma, o padrão apresentado, evidencia a intensa reconfiguração do relevo promovida pela urbanização do Campus, onde o volume de corte é superior ao de aterro, indicando a predominância de escavações em relação à deposição de material. A diferenciação volumétrica entre as classes de uso também revela que as edificações foram implantadas prioritariamente sobre plataformas escavadas, enquanto os aterros serviram para nivelar e estabilizar áreas de acesso, circulação e infraestrutura educacional.

#### 5.4.2. Mapa da Geomorfologia Tecnogênica

Para a representação cartográfica do Relevo Tecnogênico do Centro Politécnico, com base no proposto por Moura et al. (2023), foram identificadas e representadas as Tecnoformas de acumulação e de escavação à partir dos resultados qualitativos obtidos da Diferenciação de MDTs.

A representação das formas de relevo tecnogênica está condizendo com estudos brasileiros, publicados recentemente sobre o relevo tecnogênico, como (Morari, 2023;

Casanova, 2025; Furlan et al., 2025). A representação das Tecnoformas de acumulação e de escavação também ocorreu no mapa Geomorfológico com ênfase no relevo tecnogênico do Arroio Moinho de Casanova (2025), assim como nesse estudo.

As áreas sem alterações topográficas significativas foram representadas conforme o Erro Quadrático Médio (RMSE) obtido (0,86 m) e foram classificadas como área sem corte/ aterro detectável. Ressalta-se que os resultados obtidos pela álgebra de mapas citada foram validados em campo, conforme evidenciado na Figura 26. Essa escolha metodológica não foi identificada em nenhum dos estudos brasileiros mencionados.

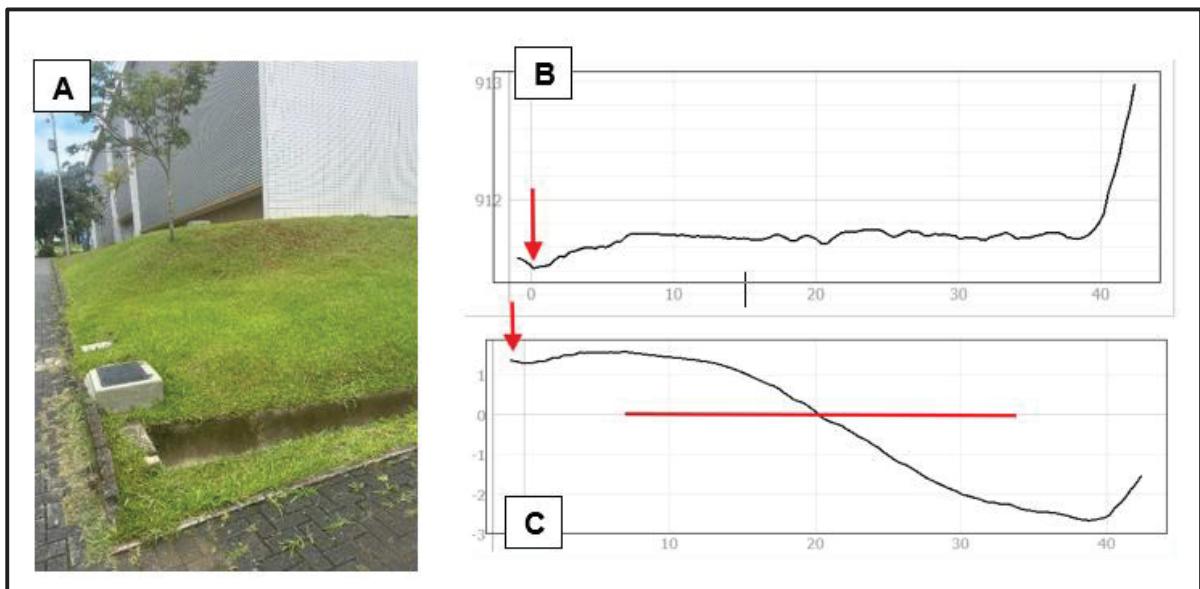


Figura 26 – (A) Tecnoforma de acumulação, formando uma rampa de aterro e posterior corte para planificação na área de patamar, evidenciada em campo; (B) Perfil do relevo indicando a perspectiva de visualização da foto à partir da seta vermelha; (C) Produto obtido à partir da Diferenciação de MDT, validado à partir da imagem e perfil (seta vermelha – indicação da perspectiva da foto e perfil, traço vermelho indicando relevo natural – acima dela aterro/ abaixo corte). Localização: 25.4512194 S, 49.231486 O.

Fonte: A autora (2025).

Convém destacar que as formas do tipo Geotecnoformas (acumulação e denudação), Tecnoformas de turbação e Equiformas Tecnogênicas (modificação em superfície e de modificação em profundidade) apresentadas por Moura et al. (2023) não foram representadas no mapa do Relevo Tecnogênico, diferentemente de Furlan et al.

(2025) que mapeou predominantemente as Tecnoformas de Acumulação e Equiformas Tecnogênicas de modificação em superfície na bacia do Rio Tigre, Erechim- RS.

Neste estudo, tal fato se justifica pelas seguintes características:

- as Geotecnoformas possuem morfogênese relacionada a acréscimo induzido de material e movimentação ou erosão induzida por material, e por se tratarem de feições induzidas, não foram identificadas no Campus, uma vez que as formas antrópicas identificadas se caracterizam por serem diretas e na maior parte intencionais;
- as Tecnoformas de Turbação, possuem morfogênese de movimentação direta de material dentro do próprio sítio, como estimou-se pelos cálculos de volume de material remobilizado que tenha ocorrido uma movimentação desse material na própria área de estudo, não sendo possível identificar e nem inferir especificamente esses. E se fosse considerado a premissa de que todas as áreas identificadas na álgebra de mapas tivessem o terreno revolvido, não traria detalhes para a representação das formas Tecnogênicas, uma vez que toda a área seria classificada desse tipo;
- as Equiformas Tecnogênicas de modificação em superfície são as formas associadas a solos tecnogênicos, de morfogênese relacionada a modificação na composição ou estrutura física do terreno em superfície, com a topografia e configuração originais preservadas. Como a presente pesquisa não visava a análise física dos solos da área de estudo, e pelos dados obtidos por meio das análises realizadas, percebeu-se que a maior parte da área de estudo foi alterada por intervenção antrópica, e que a maior parte do território não possui relevo com topografia original preservada, essa tipologia não foi representada no mapa, e para tal carece de um novo estudo para identificá-la;
- as Equiformas Tecnogênicas de modificação em profundidade constituem-se em modificação na composição ou estrutura do terreno em profundidade, com topografias originais preservadas. Da mesma forma que a anterior não foi identificada na área de estudo.

A Figura 27 apresenta a espacialização das Tecnoformas de Escavação e acumulação, essas alterações consideradas elementos do Quarto Táxon foram representadas com distintas hachuras no mapa do Relevo Tecnogênico (Figura 28).

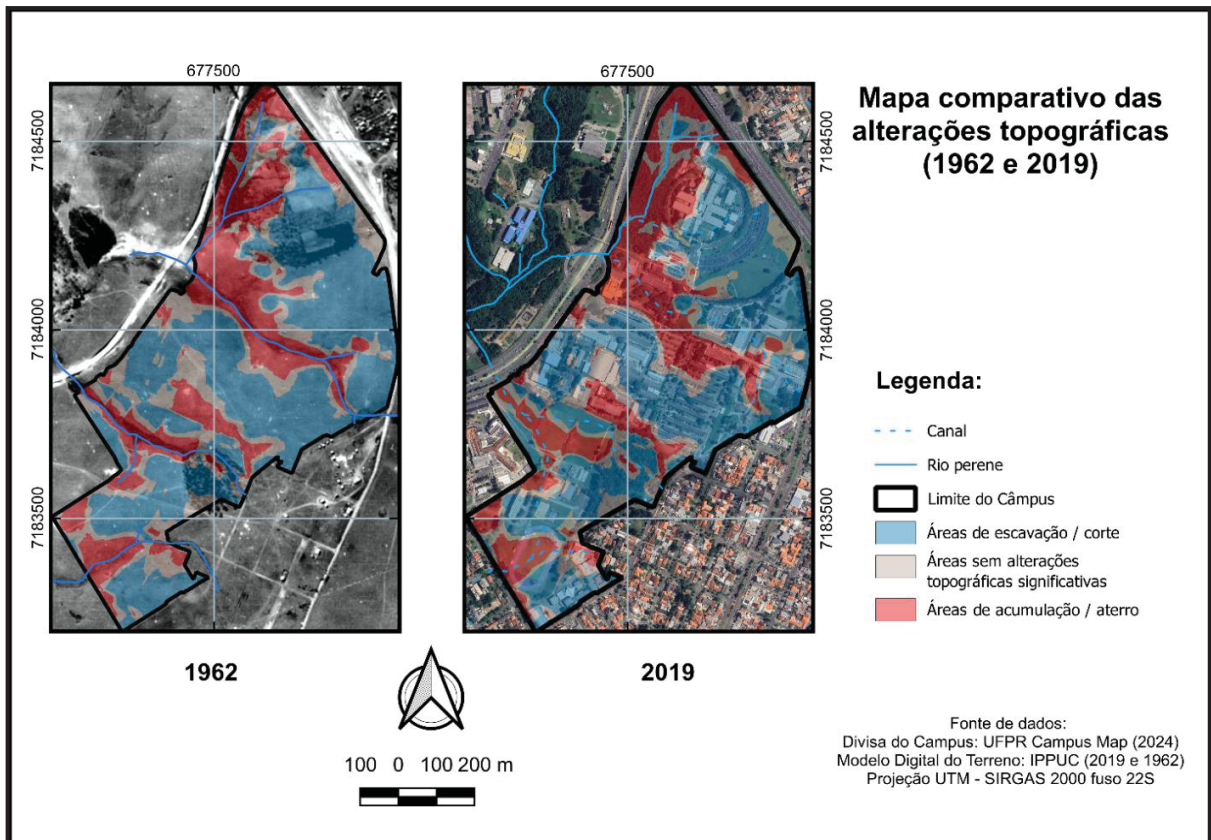


Figura 27 - Comparativo das alterações topográficas de acumulação e escavação

Fonte: A autora (2025).

As principais formas areolares presentes na área de estudo, conforme abordagem de Moura, et al. (2023) foram representadas como patamares de escavação ou acumulação, que se caracterizam por superfícies planas criadas por transferência de materiais superficiais, podendo ser limitadas ou não por degraus de cortes e rampas de aterros.

As pilhas e montículos tecnogênicos por acumulação de material com deposição de resíduos urbanos tais como calça, concreto e cascalho na área de estudo. Os degraus de corte, como superfícies com declividades acentuadas, formada por cortes, com

ruptura de declive. As rampas de aterro, cuja declividade é variável, sendo formada por acumulação de materiais.

E as planícies fluviais tecnogênicas, que na área de estudo se configuram com áreas de acumulação direta de materiais tecnogênicos. Também integram esse Taxon feições lineares como ruptura de declive por corte e por aterro, ruptura de declive por corte e por aterro estabilizada; talude suave de aterro e de corte - estas últimas se constituem em adaptações da autora para a área de estudo, afim de representar as rupturas de declive que possuem muretas de contenção, e os taludes com declividades mais suaves identificadas na área de estudo.

Os processos atuantes também foram representados, sendo eles erosão, impermeabilização e infiltração. Esses dois últimos foram representados com base na cobertura e uso da terra. Os polígonos foram agrupados em área impermeabilizada e área permeável e representados como fundo do mapa do Relevo Tecnogênico. Porém convém destacar que as áreas de acesso e estacionamento não pavimentados foram representadas com as áreas permeáveis, porém a falta de cobertura vegetal e a dinâmica existente nessas áreas acarretam na compactação do solo, e com isso em alterações físicas dele, ocasionando dessa forma um maior escoamento superficial, e menor infiltração, quando comparado a áreas com cobertura vegetal.

As valas de drenagem, área úmida e a hidrografia representando os rios canalizados e os rios perenes foram identificadas por feições lineares. Optou-se por representar a legenda do mapeamento da Geomorfologia antropogênica, incluindo a morfogênese, morfologia, morfocronologia e morfodinâmica tecnogênica.

Essa escolha de representação também foi realizada por Casanova (2025) no mapa do relevo tecnogênico da Bacia do Arroio Moinho. Morari (2023), aborda em seu estudo somente a representação da morfologia e morfodinâmica de uma parte da área urbana de Diadema – SP. Diferentemente de Furlan et al., (2025) que discute em quadros os elementos do relevo de acordo com a morfografia, morfometria, materiais, morfogênese e morfodinâmica, mas não as distingue na legenda do mapa.

Destaca-se que a morfocronologia das feições desse estudo foi obtida por meio da análise de ortofotos históricas de diferentes períodos, disponibilizadas pelo IPPUC, à partir da identificação das edificações construídas nos distintos períodos de expansão do

Campus, e literatura científica que abordam sobre a implantação do Centro Politécnico. Com isso, se considerou que a forma atrelada a edificação assumiria a mesma cronologia.

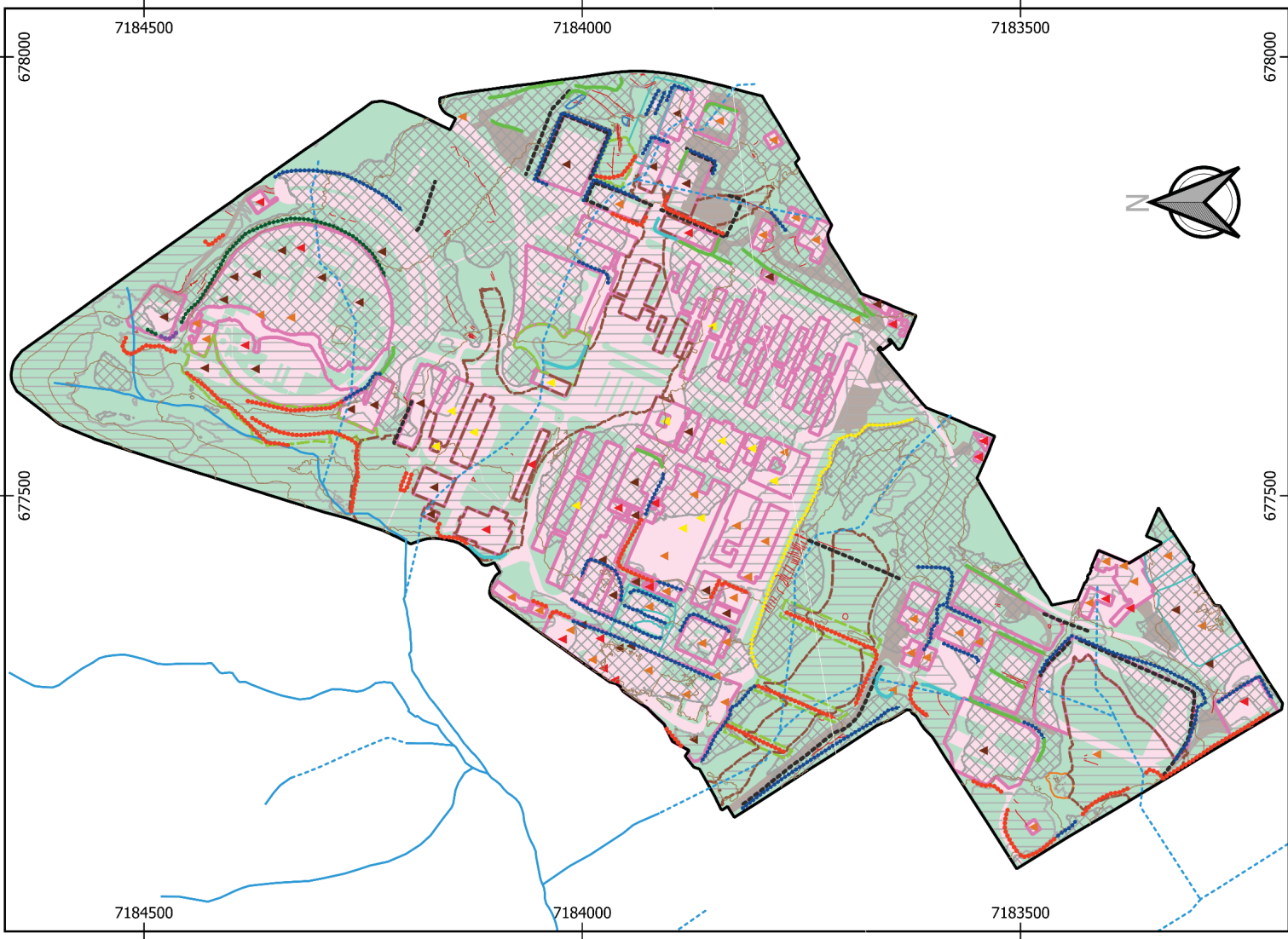
Apesar de algumas similaridades entre as legendas mencionadas anteriormente, é notório a inexistência de uma padronização, o que dificulta a comparação dos mapas, compreensão das representações e utilização desses produtos no planejamento e gestão das áreas urbanas. Esse estudo procurou aplicar as recomendações teóricas e científicas para elaboração de mapeamentos geomorfológicos, tais como a representação da morfogênese, morfologia, morfocronologia e morfodinâmica.

O mapa de síntese do Relevo Tecnogênico em escala de detalhe (1:5.000) está representado na Figura 28. Essa escolha de escala de detalhe é algo consolidado em estudos da geomorfologia antropogênica, uma vez que todos os mapas publicados possuem escala de detalhe (1:5.000 e 1:10.000).

Nesta pesquisa, devido as escolhas metodológicas, foram representadas somente o mapa do relevo tecnogênico, diferentemente dos demais mapas publicados que apresentam a sobreposição da geomorfologia original ou semi-preservada.

Outro aspecto que se destaca, é a escolha da área de estudo, com exceção de Morari (2023) que estudou uma parte da área urbana de Diadema, os demais realizaram o recorte por bacia hidrográfica. Essa pesquisa utilizou como área de estudo os limites do Campus Centro Politécnico da UFPR, como área urbana representativa, mas que apresenta limitações, conforme já abordado anteriormente.

# MAPA DO RELEVO TECNOGÊNICO DO CÂMPUS CENTRO POLITÉCNICO - UFPR



## Legenda

□ Área de estudo — Curva de nível

### Morfogênese Tecnogênica

- Tecnoformas de Acumulação
  - Pilhas e montículos tecnogênicos
  - Rampa de aterro
  - Planície fluvial tecnogênica
  - Patamar
  - Ruptura de declive por aterro
  - Ruptura de declive por aterro estabilizada
  - Talude suave de aterro
  - Ruptura de declive por corte e aterro

### Morfologia Tecnogênica

- Tecnoformas de Escavação
  - Degrau de corte
  - Patamar
  - Ruptura de declive por corte
  - Ruptura de declive por corte estabilizada
  - Talude suave de corte
  - Ruptura de declive por corte e aterro

□ Área sem corte/aterro detectável (RMSE)

### Morfocronologia Tecnogênica

- ▲ Fase inicial de urbanização
- ▲ Expansão da urbanização
- ▲ Consolidação da urbanização
- ▲ Pós urbanização

### Morfodinâmica Tecnogênica

- Área úmida
- Feições erosivas
- Vala de drenagem
- Rio canalizado
- Rio perene
- Impermeabilização
- Compactação
- Infiltração

75 0 75 150 m



1:5.000

Tamanho do papel: A3

Figura 28 - Mapa do Relevo Tecnogênico da área de estudo. Fonte: A autora (2025)

### 5.4.3. Análise da morfologia, morfografia, morfometria, morfogênese, morfodinâmica e morfocronologia das formas identificadas na área de estudo.

As formas classificadas nas figuras que seguem, foram identificadas por meio de fotointerpretação, hipsometria e declividade e DEM de Diferenças (DoD), e posteriormente foram validadas em campo, e analisadas conforme a morfologia, morfometria, materiais, morfogênese, morfodinâmica e morfocronologia.


	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Pilhas e montículos tecnogênicos – depósitos de materiais tecnogênicos, com altitude inferior a 1 metro. Apresentando em área com relevo suavemente ondulado e ondulado com declividade de 3 a 30%.
<b>Materiais</b>	Observa-se o predomínio de materiais mais grosseiros, geralmente associados ou provenientes de atividade antrópica, tais como cascalho e seixos.
<b>Morfogênese</b>	Acumulação de material terroso e tecnogênico.
<b>Morfodinâmica</b>	Terraplanagem associada a implantação das estruturas do Campus, com criação de áreas planas e aterramento de áreas adjacentes.
<b>Morfocronologia</b>	Processo iniciado em 1990, para expansão da urbanização e infraestruturas da área de estudo.
<b>Localização</b>	25.4555305 S, 49.237814 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD; Ortomosaico de 2023, MDT de 2019 e validação em campo.

Figura 29 - Tecnoforma de acumulação: Pilhas e montículos tecnogênicos. Foto: A autora (2025).

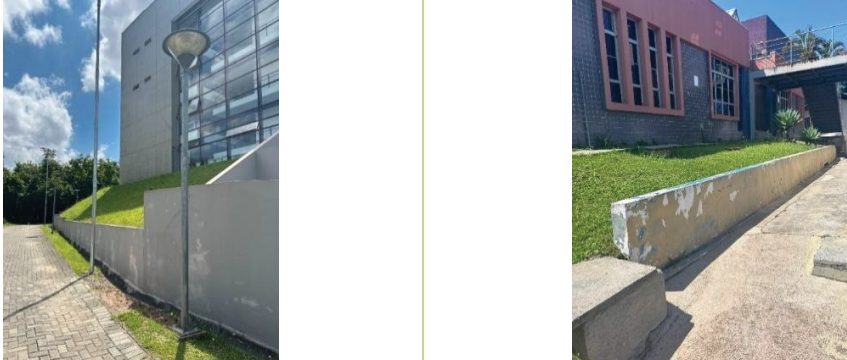
	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Ruptura de declive por corte estabilizada – talude com até 10 metros de altitude com estabilização por meio de muros de contenção. Contém nessas áreas formas planas e cortes nas encostas com declividade superior a 30%
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos, com inclusão de materiais tecnogênicos provenientes da atividade antrópica, tais como concreto e tijolos.
<b>Morfogênese</b>	Escavação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Terraplanagem associada a implantação da infraestrutura do Campus, com criação de área plana e cortes de encostas com declividade superior a 30%.
<b>Morfocronologia</b>	Concluído em meados de 2012, processo considerado pós-urbanização e apresenta processos erosivos.
<b>Localização:</b>	25.446336 S, 49.232717 O / 25.456769 S, 49.23651 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Declividade de 2019, Ortomosaico de 2023 e validação em campo.

Figura 30 – Tecnoforma de escavação: Ruptura de declive por corte estabilizada. . Foto: A autora (2025).

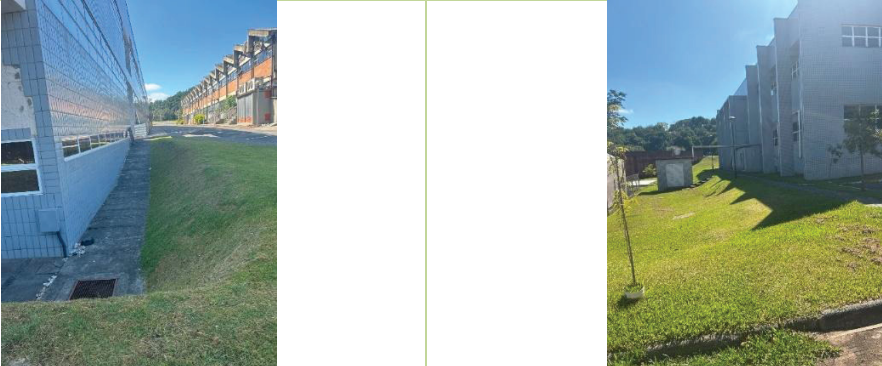
	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Patamar – áreas planas com altitude inferior a 5 metros, formada pela escavação ou aterro em terreno com relevo predominante plano e suavemente ondulado, com declividade inferior a 10%.
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos, provenientes provavelmente da remobilização <i>in situ</i> .
<b>Morfogênese</b>	Escavação e/ou acumulação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Terraplanagem para implantação do Campus, com criação de áreas planas por meio de corte e aterro em relevo suavemente ondulado, ondulado e fortemente ondulado.
<b>Morfocronologia</b>	Início em 1957 (fase inicial de urbanização do Campus) à partir das primeiras obras de terraplanagem, até o período de pós-urbanização (2024).
<b>Localização</b>	25.44875 S, -49.234594 O / 25.449102 S, 49.234917 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Declividade de 2019, Ortomosaico de 2023, MDT de 2019 e validação em campo.

Figura 31 - Tecnoforma de escavação e/ ou acumulação: Patamar... Foto: A autora (2025)

	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Planície fluvial tecnogênica – áreas aterradas com acúmulo de materiais inferiores a 10 metros de altura. Áreas com declividades variáveis.
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos com presença de materiais tecnogênicos provenientes de atividades antrópicas.
<b>Morfogênese</b>	Acumulação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Canalização e soterramento de canal fluvial para planificação do terreno e implantação de infraestrutura educacional.
<b>Morfocronologia</b>	Conclusão na fase de expansão da urbanização (meados de 1990).
<b>Localização</b>	25.452636 S, 49.235 O.
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Ortofoto 1952, Ortomosaico de 2023 e validação em campo.

Figura 32 - Tecnoforma de acumulação: Planície fluvial tecnogênica. Foto: A autora (2025)


	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Ruptura de declive por aterro estabilizada - talude com até 4 metros de altitude com estabilização por meio de muros de contenção. Áreas com declividade superior a 30%
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos, com inclusão de materiais tecnogênicos provenientes da atividade antrópica, tais como concreto e tijolos.
<b>Morfogênese</b>	Acumulação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Terraplanagem associada a implantação da infraestrutura do Campus, com aterros para a criação de área plana e patamar para as edificações
<b>Morfocronologia</b>	Concluído em meados de 2012, processo considerado pós-urbanização.
<b>Localização</b>	25.446239 S, 49.2329 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Declividade de 2019, Ortomosaico de 2023, MDT de 2019 e validação em campo.

Figura 33 – Tecnoforma de acumulação: Ruptura de declive por aterro estabilizada. Foto: A autora (2025)



					
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Ruptura de declive por corte – talude inferior a 5 metros de altura que apresenta declividade superior a 20% e valas de drenagem na parte concava, concentrando o escoamento superficial.				
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos				
<b>Morfogênese</b>	Escavação mecânica				
<b>Morfodinâmica</b>	Terraplanagem para implantação do Campus, com criação de áreas planas por meio de corte em relevo suavemente ondulado, ondulado e fortemente ondulado, para implantação de patamar.				
<b>Morfocronologia</b>	Conclusão em meados de 1985 e 2019 (expansão e consolidação da urbanização).				
<b>Localização</b>	25.4503805 S, 49.2313416 O / -25.449861 S, -49.23115 O				
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Declividade de 2019, Ortomosaico de 2023, MDT de 2019 e validação em campo.				

Figura 34 – Tecnoforma de escavação: Ruptura de declive por corte. Foto: A autora (2025)


	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Ruptura de declive por corte e aterro – talude inferior a 10 metros de altura que apresenta declividade superior a 20% e erosão.
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos
<b>Morfogênese</b>	Escavação e acumulação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Acumulação de materiais tecnogênicos do período da fase inicial de urbanização, e corte de talude para aterro da hidrografia, com objetivo de planificar a área para implantação de quadras esportivas.
<b>Morfocronologia</b>	Início em 1957 (fase inicial de urbanização e conclusão em meados de 1990 (expansão da urbanização).
<b>Localização</b>	25.45282 S, 49.23519 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Declividade de 2019, Ortomosaico de 2023, MDT de 2019 e validação em campo.

Figura 35 – Tecnoforma de acumulação e escavação: Ruptura de declive por corte e aterro. Foto: A autora (2025)

	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Ruptura de declive por aterro - talude inferior a 5 metros de altura que apresenta declividade superior a 20% e valas de drenagem na parte concava, concentrando o escoamento superficial.
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos
<b>Morfogênese</b>	Acumulação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Terraplanagem para criação de áreas planas por meio de aterro, para implantação de patamar.
<b>Morfocronologia</b>	Concluída em meados de 1985 (expansão da urbanização)
<b>Localização</b>	25.45083 S, 49.231261 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Declividade de 2019, Ortomosaico de 2023, MDT de 2019 e validação em campo.

Figura 36 -Tecnofoma de acumulação: Ruptura de declive por aterro. Foto: A autora (2025)


	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Talude suave de corte – talude inferior a 5 metros de altura com declividade até 30%.
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos
<b>Morfogênese</b>	Escavação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Terraplanagem para criação de áreas planas por meio de escavação, para implantação de arruamento.
<b>Morfocronologia</b>	Início em 1957 – fase inicial de urbanização.
<b>Localização</b>	25.45265 S, 49.2324416 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Declividade de 2019, Ortomosaico de 2023, MDT de 2019 e validação em campo.

Figura 37 - Tecnofoma de escavação: Talude suave de corte. Foto: A autora (2025)


	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Área úmida na cota de 904 m de altitude, próxima a área de floresta ombrófila mista e córrego canalizado.
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos saturados.
<b>Morfogênese</b>	Escavação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Escavação para alteração do curso do rio, soterramento e terraplanagem para planificação e criação de quadras esportivas
<b>Morfocronologia</b>	Início em 1957 (fase inicial de urbanização e conclusão em meados de 1990 (expansão da urbanização).
<b>Localização</b>	25.452839 S, 49.235139 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Ortomosaico de 2023 e validação em campo.

Figura 38 – Tecnoforma de Escavação: Área úmida. Foto: A autora (2025)

	
<b>Morfologia (Morfografia e Morfometria)</b>	Erosão – sulcos e ravinas em taludes inferiores a 10 metros de altitude, provenientes de corte e/ou aterro com declividade superior a 20%
<b>Materiais</b>	Materiais terrosos
<b>Morfogênese</b>	Escavação e/ ou acumulação mecânica
<b>Morfodinâmica</b>	Concentração do escoamento superficial, e desagregação dos materiais terrosos
<b>Morfocronologia</b>	Não foi possível a identificação em ortofotos antigas.
<b>Localização</b>	25.453661 S, 49.23542 O / 25.452819 S, 49.2351305 O / 25.456961 S, 49.2369139 O
<b>Metodologia de classificação</b>	MDT obtido com a DoD, Ortomosaico de 2023 e validação em campo.

Figura 39 – Tecnoforma de Escavação e/ ou acumulação: Erosão.:. Foto: A autora (2025)



Figura 40 - Tecnoforma de Escavação e/ ou acumulação: valas de drenagem antrópica. Foto: A autora (2025)

## 5.5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos na área de estudo corroboram a afirmação de Goudie (2004), ao demonstrar que as cidades, ao se sobrepor ao relevo, representam uma das mais expressivas modificações antrópicas na natureza, criando novas condições aos fluxos de matéria e energia, que nem sempre são adequadas às características naturais existentes, refletindo em diversas outras áreas, além das urbanizadas. Isso ocorre muitas vezes pela falta de compreensão do sistema geomorfológico natural, que sofre ações antrópicas de alteração de formas e processos, que podem acarretar em eventos indesejáveis e que não foram previstos, como os eventuais casos de inundação na área de estudo e erosão.

Os processos geomorfológicos modificados são: intemperismo, erosão, transporte e deposição (Goudie, 2004; Rodrigues, 2005; Franzin, 2019). Ademais, processos como

pedogênese, infiltração, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo também foram profundamente impactados, comprometendo o equilíbrio do sistema natural.

Neste sentido, a análise integrada dos dados geoespaciais multitemporais, MDTs, uso e cobertura da terra, imagens aéreas e observações de campo demonstrou que as formas atuais do relevo do Centro Politécnico da UFPR resultam de processos intensivos de escavação, aterro, canalização da rede hidrográfica e reconfiguração superficial, desenvolvidos sobretudo a partir da década de 1960.

A comparação entre os modelos de 1962 e 2019, permitiu quantificar um volume significativo de material remobilizado, sendo 60% em cortes e 40% em aterros, revelando um padrão espacial bem definido: as áreas de corte concentram-se nos setores centrais e sudeste do campus, onde foram instaladas as principais edificações. Já os aterros estão associados à regularização topográfica para implantação da infraestrutura de uma forma geral, e, em muitos casos, ao preenchimento dos leitos dos rios, evidenciando um processo sistemático de reconfiguração do relevo com fins funcionais.

Embora exista uma limitação em relação ao método utilizado, que suaviza as feições do MDT de 1962, a análise morfométrica mostrou um aumento considerável da declividade em setores específicos, com a ampliação das áreas com mais de 30% de declividade entre 1962 e 2019. Essa transformação está diretamente relacionada à criação de taludes artificiais e rupturas de declive ocasionadas por cortes realizados em vertentes originalmente suaves. Tais intervenções alteraram profundamente a morfodinâmica local, aumentando substancialmente os riscos de instabilidade, fato corroborado pela ocorrência de cicatrizes erosivas mapeadas.

Essas alterações não se restringem à geometria do relevo, afetando também os fluxos hidrológicos. A impermeabilização do solo reduziu drasticamente a capacidade de infiltração, ao mesmo tempo em que ampliou a frequência e a magnitude do escoamento superficial. Como consequência, surgiram novas feições lineares, como valas artificiais, frequentemente associadas às áreas de ruptura de declive. Ademais, a canalização e o soterramento de cursos d'água na área de estudo confirmam a atuação do ser humano como agente geomorfológico também sobre os sistemas hidrogeomorfológicos urbanos.

Esses resultados permitem identificar que conforme abordado por Moroz-Caccia Gouveia; Rodrigues (2017), as mudanças antropogênicas decorrentes da ocupação

urbana, tanto pela modificação das formas, quanto pela substituição de materiais superficiais, interferem no ciclo hidrológico e nos processos hidromorfodinâmicos, principalmente em bacias hidrográficas localizadas em meio tropical úmido cuja dinâmica de circulação da água na superfície, subsuperfície e atmosfera apresentam função potencializadora, como a bacia onde se encontra o Campus.

O processo de alteração da cobertura e uso do solo, que se inicia pela supressão da cobertura vegetal em 1957, remobilização dos horizontes pedológicos e posterior impermeabilização. Atrelado a intensa alteração nas vertentes naturais, que no relevo tecnogênico da área de estudo são convertidas em patamares, taludes de declividades diversas, muitas vezes apresentando rupturas de declive, comprometem a dinâmica do ciclo hidrológico reduzindo ou eliminando a atuação da evapotranspiração, capacidade de infiltração da água no solo, restringindo a recarga do nível freático e reduzindo a circulação subsuperficial da água, acentuando as variações sazonais do regime hídrico.

Como consequência, em períodos de estiagem, observa-se uma queda expressiva nas vazões (Moroz-Caccia Gouveia; Rodrigues, 2017). À medida que a urbanização se intensifica, como observado na área de estudo, o escoamento superficial se consolida e passa a desempenhar papel predominante na hidrodinâmica local. A impermeabilização das superfícies, resultante da pavimentação de vias, e da implantação de edificações, acarreta uma drástica redução na infiltração e, simultaneamente, aumenta a velocidade do escoamento superficial. Isso reduz o tempo de concentração e antecipa a ocorrência das vazões de pico, ampliando os riscos de instabilidades e eventos extremos (Moroz-Caccia Gouveia; Rodrigues, 2017; Tucci, 2000), na área de estudo, e principalmente nas áreas adjacentes a confluência com o rio Belém.

Para que seja possível identificar e dimensionar a intensidade do impacto na morfodinâmica hidrogeomorfológica, Tucci (2000), ao analisar pequenas bacias hidrográficas, identificou indicadores relevantes sobre os impactos da urbanização:

- cada habitante é responsável pela geração de aproximadamente 49 m<sup>2</sup> de área impermeável;
- a implantação de arruamentos pode aumentar o volume e o coeficiente de escoamento em até 260%;

- um incremento de apenas 13% de área impermeável nos lotes pode provocar um aumento de 115% no coeficiente de escoamento.

Embora esses valores representem médias, o autor ressalta que eles são úteis para compreender a magnitude das transformações hidrogeomorfológicas provocadas pelo avanço urbano, e podem ser analisadas aplicadas a área de estudo.

No que se refere à morfodinâmica superficial, a remoção da cobertura vegetal e a exposição do solo, principalmente nas fases inicial e de expansão da urbanização, tornam a superfície extremamente vulnerável à ação das chuvas, favorecendo a deflagração de processos erosivos. O material erodido é facilmente transportado pelos fluxos de escoamento superficial e se deposita nos canais fluviais, promovendo o assoreamento e a conseqüente redução da capacidade de vazão. Essa condição favorece o aumento da frequência e da severidade de inundações, mesmo sob eventos pluviométricos de menor intensidade e curta duração, uma vez que os processos naturais de infiltração e regulação hídrica já se encontram comprometidos (Moroz-Caccia Gouveia; Rodrigues, 2017).

Adicionalmente, Tucci e Collischonn (2000) destacam que as taxas de erosão variam conforme a fase da urbanização: nas fases iniciais, ocorre um aumento expressivo na produção de sedimentos, com pico durante o período de maior perturbação da superfície. À medida que a ocupação urbana se consolida, a produção tende a diminuir. Esse padrão também é descrito por Moroz-Caccia Gouveia e Rodrigues (2017).

Além das alterações já mencionadas, é possível observar a remobilização dos horizontes do solo natural, e deposição de materiais tecnogênicos, formando os chamados antropossolos e Tecnossolos, com distintas características dos solos naturais.

Os resultados obtidos também evidenciam a relevância do uso de metodologias integradas e retrospectivas, como a cartografia geomorfológica evolutiva proposta por Rodrigues (1997 e 2005), e o DEM de Diferenças (DoD) (Del Monte et al., 2016; Morari, 2023; Pica et al., 2024; James et al., 2012). Este último se mostrou particularmente eficaz na identificação e espacialização das formas impressas no relevo pela ação antrópica. A integração de imagens aéreas históricas, MDTs e observações de campo permitiu a reconstrução das etapas de perturbação, estabilização e reconfiguração da morfologia original, conforme também apontado por Nir (1983).

O desenvolvimento metodológico apresentado nesta pesquisa assume caráter estratégico e inovador no contexto dos estudos geomorfológicos antropogênicos, especialmente em ambientes urbanos. A aplicação integrada de análise multitemporal, álgebra de mapas, Modelos Digitais de Terreno diferencial e cartografia geomorfológica retrospectiva possibilitou não apenas compreender as dinâmicas de transformação do relevo na área de estudo, como também estabeleceu uma proposta metodológica passível de replicação em diferentes contextos urbanos. Tal abordagem contribui, de maneira significativa, para o avanço das práticas de mapeamento geomorfológico urbano, oferecendo subsídios técnicos e científicos para a identificação, classificação e espacialização de feições tecnogênicas.

Apesar dos avanços alcançados, algumas limitações foram observadas durante o desenvolvimento desta pesquisa. A principal delas ocorreu já no período inicial, e se relaciona a utilização da cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva proposta por Rodrigues (1997 e 2005), que se mostrou insuficiente para a identificação precisa das feições tecnogênicas, em razão do elevado grau de subjetividade inerente a esse método.

Essa limitação demandou a busca e adoção de metodologias complementares, capazes de reduzir a subjetividade e aumentar a precisão no mapeamento das feições antrópicas. Outra restrição relevante diz respeito à qualidade e à resolução dos dados históricos, que, embora fundamentais para a análise multitemporal, apresentam limitações quanto à precisão altimétrica e à acurácia espacial, especialmente para os períodos mais antigos, assim como a disponibilidade desses dados em diferentes contextos, cuja inexistência acaba inviabilizando o estudo.

Mas por outro lado, também se mostra como uma metodologia aplicável em diversos contextos, futuramente, possibilitando a comparação em diferentes períodos, uma vez que com a crescente disponibilidade de técnicas de mapeamento, as aeronaves remotamente pilotadas, tem se mostrado muito importantes na disponibilidade de dados, em diferentes locais. Isso promove a criação de um banco de dados em escala de detalhe que possibilitará esse tipo de estudo futuramente.

Neste sentido, o mapa da geomorfologia tecnogênica produzido, revelou um mosaico de formas de relevo artificiais, que incluem desde formas areolares até formas

lineares associadas à drenagem artificial e à erosão incipiente. A distribuição espacial dessas feições, e sua classificação seguindo o proposto por Moura (2023), como proposição para compor a classificação do Subsistema do Relevo Tecnogênico no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (em discussão), reforça a necessidade de abordagens cartográficas específicas para ambientes urbanos, onde a relação entre forma, processo e material assume novos significados.

Dessa forma, Cunha e Queiroz (2012), destacam que representar, em um único documento cartográfico, todas as informações necessárias à compreensão do relevo constitui uma tarefa complexa, que exige a adoção de diferentes procedimentos técnicos. Esses procedimentos variam conforme as características da área estudada, a escala de trabalho empregada e os objetivos específicos da pesquisa. Esse aspecto esteve presente durante a elaboração da representação cartográfica do relevo tecnogênico deste estudo, que aliada a falta de padrão definido a legenda de representação, se tornou um grande desafio.

Além disso, a falta de trabalhos que aplicassem as diretrizes para mapeamento do relevo tecnogênico no SBCR também foi uma limitação encontrada inicialmente. Já que durante o período de elaboração dessa dissertação não havia trabalhos publicados, isso só se modificou em meados de 2025, em que surgiram estudos envolvendo essas diretrizes, e permitiram uma comparação e validação do mapeamento realizado neste trabalho.

Adicionalmente, destaca-se que algumas etapas inicialmente previstas não puderam ser plenamente executadas, como a modelagem detalhada dos processos morfodinâmicos atuais associados às feições tecnogênicas e a análise mais aprofundada de riscos geomorfológicos. A realização dessas atividades exigiria séries temporais mais robustas, dados geotécnicos e monitoramento contínuo, insumos que não estavam disponíveis no escopo da presente pesquisa.

Apesar dessas limitações, os resultados obtidos reforçam a importância de avançar na construção de métodos específicos para a análise do relevo tecnogênico, contribuindo para suprir uma lacuna existente na Geomorfologia aplicada às áreas urbanas e de uma forma geral as antropizadas. Nesse sentido, recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a análise da morfodinâmica tecnogênica, incluindo

análises integradas com dados geotécnicos e de solos tecnogênicos a fim de identificar as “Corrugações Tecnogênicas” e “Equiformas Tecnogênicas” (Moura et al., 2023), além da ampliação da aplicação desta metodologia em outras áreas tanto urbanas como rurais com características geomorfológicas e históricas distintas.

Dessa forma, o estudo evidencia a importância da Geomorfologia Antropogênica enquanto campo de pesquisa aplicada, contribuindo não apenas para o conhecimento científico, mas também para o planejamento urbano, a gestão ambiental e a mitigação de riscos em áreas tecnogenicamente transformadas. A proposta metodológica adotada, aliada ao uso da legenda tecnogênica adaptada à escala 1:5.000, reforça a aplicabilidade de sistemas classificatórios voltados às especificidades do relevo urbano e à necessidade de políticas públicas sensíveis às condições geomorfológicas dos territórios.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa reafirma que a urbanização constitui um dos processos mais transformadores da paisagem, capaz de impor novas condições aos fluxos naturais e gerar formas tecnogênicas que alteram profundamente a dinâmica geomorfológica. O estudo realizado no Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná demonstrou que as transformações no relevo urbano não se restringem às modificações superficiais, mas envolvem um conjunto complexo de processos morfogenéticos e morfodinâmicos resultantes da ação humana direta ou indireta.

Em relação ao primeiro objetivo específico, a análise multitemporal da cobertura e uso da terra, entre 1952 e 2023, permitiu compreender a transição do Campus Centro Politécnico de uma paisagem semi preservada, em 1952, para uma profundamente alterada pela ação antrópica ao longo de mais de seis décadas. Inicialmente marcado pela predominância de campos naturais (80%) e fragmentos de floresta ombrófila mista (20%), o espaço apresentava hidrografia preservada e ausência de modificações topográficas relevantes. A partir de 1957, com as obras de drenagem, cortes e aterros para a implantação das primeiras edificações, resultou em sucessivas remobilizações de materiais e na substituição progressiva da cobertura vegetal original, sobretudo dos campos naturais, por vegetação gramínea exótica, edificações e áreas impermeabilizadas. Em 2024, constatou-se que 42% da área estava impermeabilizada, os fragmentos de floresta ombrófila mista foram reduzidos de 20% para 15%, e a rede de drenagem natural encontra-se em grande parte subterrânea ou soterrada, com exceção da nascente do Córrego do Aviário. Tais modificações revelam a passagem de um relevo semi preservado para um relevo antropogênico.

A quantificação e espacialização do material remobilizado no processo de implantação e expansão do Campus, por meio da comparação entre os Modelos Digitais do Terreno (MDTs) de 1962 e 2019, evidenciou a magnitude das modificações geomorfológicas. O cálculo do Erro Quadrático Médio ( $RMSE = 0,86$  m) conferiu confiabilidade ao modelo e enquadrou os resultados dentro do Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Digitais (PEC-PCD, Classe A). Estimou-se o deslocamento de aproximadamente 1,46 milhão de metros cúbicos de material, com predominância dos

processos de escavação sobre os de deposição. Os resultados demonstraram que as edificações e áreas pavimentadas concentraram os maiores volumes de corte, enquanto os aterros atuaram de forma complementar, servindo ao nivelamento do terreno e à estabilização de áreas construídas. Observou-se ainda a deposição de material excedente nos fragmentos remanescentes de floresta, e a substituição dos antigos campos naturais por vegetação gramínea exótica, que representou a classe mais transformada ao longo do tempo.

A identificação, classificação e espacialização das formas de relevo tecnogênicas, por meio da integração entre cartografia geomorfológica retrospectiva, diferenciação de MDTs (DoD) e validação em campo, resultou na elaboração de um mapa do relevo tecnogênico em escala de detalhe (1:5.000), que sintetiza a tríade geomorfológica (forma, material e processo) e reforça o papel do homem como agente geomorfológico. A metodologia aplicada demonstrou alta eficácia na representação das feições de corte e aterro, constituindo um instrumento de análise capaz de subsidiar estudos futuros sobre a morfologia, morfogênese e morfodinâmica tecnogênica. A comparação com trabalhos anteriores revelou convergências na representação das formas e divergências quanto à presença de equiformas tecnogênicas (de movimentação em superfície e em profundidade) e geotecniformas (de denudação e acumulação), ausentes nesta pesquisa, em virtude das características das intervenções urbanas da área de estudo.

Do ponto de vista metodológico, a integração entre cartografia retrospectiva, diferenciação de MDTs e validação em campo mostrou-se uma abordagem robusta e replicável, apesar de limitações relacionadas à disponibilidade e precisão de dados históricos, à ausência de padronização de legendas geomorfológicas e às diferenças nas técnicas de aquisição dos MDTs. A inexistência de parâmetros consolidados no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR) para o mapeamento de formas tecnogênicas também representou um desafio, superado parcialmente por meio da comparação posterior com estudos recentes que validaram a metodologia empregada.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de continuidade na construção de métodos específicos para o estudo do relevo tecnogênico, considerando não apenas os aspectos morfológicos, mas também a morfogênese e morfodinâmica. Recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a análise da morfodinâmica tecnogênica, incluindo a

integração de dados geotécnicos e pedológicos para a identificação e caracterização de corrugações tecnogênicas e equiformas tecnogênicas. Sugere-se ainda a aplicação da metodologia em diferentes contextos urbanos e rurais, com distintas condições geomorfológicas e históricas, e sua articulação com indicadores de riscos geomorfológicos e ambientais.

Por fim, destaca-se a importância de fortalecer o diálogo entre a geomorfologia e o planejamento urbano, de modo que os produtos cartográficos derivados deste estudo, especialmente o mapa do relevo tecnogênico, possam contribuir efetivamente para o planejamento e gestão territorial urbana, a mitigação de impactos ambientais, para a requalificação de áreas degradadas e para o aprimoramento das políticas públicas voltadas à gestão territorial.

Assim, o trabalho consolida-se como uma contribuição metodológica e conceitual à geomorfologia urbana e antropogênica, reafirmando o papel do relevo como registro e expressão das transformações impostas pela sociedade sobre o meio físico.

## 7. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. "Notas a respeito do sítio urbano de Curitiba." *Geomorfologia* 3, 1966, p. 1-8.

AB'SÁBER, A. N. **Um conceito de geomorfologia serviço das pesquisas sobre o Quaternário**. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo: São Paulo, 1969, 18p.

AGOSTINHO, M. de S. P.; POLETO, C. SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE DRENAGEM URBANA: DISPOSITIVOS. *Holos Environment*, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 121–131, 2012. Disponível em: <https://cea-unesp.org.br/holos/article/view/3054>. Acesso em: 4 jun. 2025.

BARBOSA, T. S. **Geomorfologia urbana e antropogênica do setor central da região metropolitana de João Pessoa – Paraíba, Brasil**. [S. l.], 2021. Tese. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br>. Acesso em: 14 out. 2024.

BATISTA, F. D. **Arquiteto Rubens Meister**. 2024. text - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16133/tde-03072024-082330/>. Acesso em: 14 out. 2024.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico**. Revista RA'E'GA, Editora UFPR: Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389>. Acesso em: 9 nov. 2024.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. *Boletim Paranaense de Geografia, UFPR*. Curitiba, n.16/17, p.153-196. 1965.

BRASIL. Lei 6.766/1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6766.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm). Acesso em: 17 abr. 2025.

BROWN, E. H. Man Shapes the Earth. *The Geographical Journal*, [s. l.], v. 136, n. 1, p. 74, 1970. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1795683?origin=crossref>. Acesso em: 21 out. 2024.

BURMESTER, A. M. de O. *Universidade Federal do Paraná: 90 anos em construção*. Editora UFPR, 2002.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. *Annales de Géographie*. n. 349, p. 162-186, 1956.

CampusMap UFPR. Disponível em: <https://campusmap.ufpr.br/dev/github/UCM-SitePrincipal/>. Acesso em: 10 de novembro de 2023

CASANOVA, F. Mapeamento do relevo tecnogênico da Bacia hidrográfica urbana do Arroio Moinho, sub-bacia do Arroio Dilúvio, Porto Alegre, RS. 2025.

CARVALHO, J. W. L. T. de; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. dos. Recuperação de rios urbanos: da interdependência e sincronicidade dos processos de desnaturalização em rios e bacias hidrográficas urbanas. **Geography Department University of Sao Paulo**, [s. l.], v. 40, p. 163–174, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/162247>. Acesso em: 29 abr. 2025.

CEN/SBCR - Comitê Executivo Nacional do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo. Breve estado da arte do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (SCBR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 212-227, 2022.

CHIRICO, P. G. *et al.* Geomorphological mapping and anthropogenic landform change in an urbanizing watershed using structure-from-motion photogrammetry and geospatial modeling techniques. **Journal of Maps**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 241–252, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2020.1746419>. Acesso em: 21 out. 2024.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1980.  
COLTRINARI, L. Natural and anthropogenic interactions in the brazilian tropics in: *Ge indicators. Assessing rapid environmental changes in earth systems*. BERGER e IAMS. Bakema / Rotterdam Brookfield.

COLTRINARI, L. Natural an anthropogenic interactions in the Brazilian tropics. In: **Ge indicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems**. 1996. p. 295-310.

CUNHA, C. M. L. da; QUEIROZ, D. S. A cartografia geomorfológica de detalhe: uma proposta visando a multidisciplinaridade. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, [s. l.], v. 7, n. 1–2, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/5339>. Acesso em: 9 nov. 2024.

CURITIBA. Lei nº 15.511, de 10 de setembro de 2019. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba e dá outras providências. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2019.

DANNI-OLIVEIRA, I. M.; MENDONÇA, F. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.  
DEL MONTE, M. *et al.* Geomorphological classification of urban landscapes: the case study of Rome (Italy). **Journal of Maps**, [s. l.], v. 12, n. sup1, p. 178–189, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2016.1187977>. Acesso em: 21 out. 2024.

DETWYLER, T. R. "Man's impact on environment." Dec. 1970.

FLORENZANO, T. G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. Oficina de textos, 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI (2), 2006.

FRANZIN, M. Alterações no relevo provocadas pela urbanização no setor oeste da cidade de Rio Claro (SP). In: SIMON, Adriano Luís Heck; LUPINACCI, Cenira Maria. **A cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento**. 2019.

FURLAN, A. R.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Cartography of original and technogenic landform in the Tigre watershed, Erechim, RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 26, n. 3, 2025. DOI: 10.20502/rbg.v26i3.2624. Disponível em: <https://www.rbggeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2624>. Acesso em: 25 set. 2025.

GALEGO, O.; MARCO, G. Terraplenagem na construção civil. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar** - ISSN 2675-6218, [S. l.], v. 1, n. 1, p. e29740, 2021. DOI: 10.47820/recima21.v1i1.740. Disponível em: <https://recima21.com.br/recima21/article/view/740>. Acesso em: 25 set. 2025.

GILBERT, G. K. (1917). Hydraulic-Mining Debris in the Sierra Nevada. Washington: United States Geological Survey, Professional Paper 105. 154p.

GOUDIE, A. "The human impact on the natural environment. Second edition." , Dec. 1985.

GOUDIE, A. (org.). **Encyclopedia of geomorphology**. London: Routledge, 2004.

GOUDIE, A. "**Human influence in geomorphology**." *Geomorphology: the Research Frontier and Beyond*. Elsevier, 1993. 37-59.

GOUDIE, A. The human impact in geomorphology – 50 years of change. **Geomorphology**, [s. l.], v. 366, p. 106601, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X18304847>. Acesso em: 29 out. 2024.

GUERRA, A. J. T.; **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.

GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A. J. T **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6. ed. 2008.

GUERRA, A. J. T.; DOS SANTOS MARÇAL, M. **Geomorfologia ambiental**. [S. l.]: Bertrand Brasil, 2006.

HORN, B. K. P. **Hill shading and the reflectance map**. *Proceedings of the IEEE*, n. 69, v.01, p. 14-47, 1981.

IMAGUIRE, K. J. O edifício central da UFPR: a força de um símbolo. In: LEITE, R. L.; OLIVEIRA, R. C.; GIORDANI, A.; et al. **Reflexões UFPR 100 anos (1912 a 2012)**. Curitiba: Editora UFPR, 2021, p. 183.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA. Geologia do Paraná, 2000 a 2002. Disponível em: [ftp://geo\\_iat:geo\\_iat@200.189.114.112](ftp://geo_iat:geo_iat@200.189.114.112). Acesso em: 01 nov. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 20 de out. 2023.

IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. GeoCuritiba, 2019. Disponível em: <https://geocuritiba.ippuc.org.br/basecartografica/>. Acesso em jul. de 2023.

JORGE, M.C. O. **Geomorfologia Urbana**: Conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.

JAMES, L. A. *et al.* Geomorphic change detection using historic maps and DEM differencing: The temporal dimension of geospatial analysis. **Geomorphology**, [s. l.], v. 137, n. 1, p. 181–198, 2012. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X11002923>. Acesso em: 20 abr. 2025.

IMAGUIRE, K.; CASTRO, C. Arquitetura da Universidade Federal do Paraná. In: BURMESTER, Ana Maria de Oliveira. **Universidade Federal do Paraná: 90 anos em construção**. Editora UFPR, 2002.

LIMA, C.R. Urbanização e intervenções no meio físico na borda da bacia sedimentar de São Paulo, uma abordagem geomorfológica. São Paulo, Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 1990.

LYELL, C. **Principles of Geology by Sir Charles Lyell**. The Project Gutenberg eBook. Disponível em: <https://www.gutenberg.org/files/33224/33224-h/33224-h.htm>. Acesso em: 7 nov. 2024.

MARSH, G. P. (1864). *Man and Nature: Physical Geography as Modified by Human Action*. Londres: S. Low, Son e Marston. 560p.

MINEROPAR, Serviço Geológico do Paraná. **Características Geológico-Geotécnicas na Formação Guabirotuba Erosão – Movimentos Gravitacionais de Massa**. Curitiba: MINEROPAR, 2011, 48 p.

MIYAZAKI, L. C. P. Depósitos tecnogênicos: uma nova perspectiva de leitura geográfica. **Quaternary and Environmental Geosciences**, vol. 05, 2014, pp. 53-66.

MORARI, E. L. **Geomorfologia antropogênica e cartografia geomorfológica em uma área urbana do município de Diadema, SP**. 2023. Mestrado em Geografia Física - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-28062024-170209/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

MORARI, E. L.; VILLELA, F. N. J. Geomorfologia antropogênica e cartografia geomorfológica em uma área urbana do município de Diadema – Sudeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, [s. l.], v. 44, p. e213049–e213049, 2024. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/213049>. Acesso em: 14 out. 2024.

MOROZ, I. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo**. 2010. [s. l.], 2010.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; RODRIGUES, C. Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí – RMSP. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 257, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/105342>. Acesso em: 21 out. 2024.

MOURA, N. S. V. *et al.* Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], v. 24, n. 4, 2023. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2466>. Acesso em: 14 out. 2024.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent : an introduction to anthropic geomorphology**. [S. l.]: Jerusalem, Israel : Keter Pub. House ; Dordrecht, Holland ; Boston, U.S.A. : D. Reidel ; Hingham, MA : Sold and distributed in the U.S.A. and Canada by Kluwer Boston, 1983. Disponível em: <http://archive.org/details/mangeomorphologi0000nird>. Acesso em: 6 nov. 2024.

NUNES, H. K. de B.; BASTOS, F. de H. Ocupação urbana e processos antropogeomorfológicos em Teresina, PI: considerações a partir da abordagem histórica. **Revista do Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo**, v. 43, 15 p.

OLIVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M. R. M.; Depósitos tecnogênicos como testemunhos e indicadores de processos geológicos em área urbana degradada em Guarulhos, SP. **Quaternary and Environmental Geosciences**, vol. 05, P. 12-27, 2014.

OLIVEIRA, A. M. S. **Estudos sobre o Tecnógeno do Brasil**. In: I Encontro de Tecnólogos, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2005. Disponível em: <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/0304\\_antonio\\_manoel\\_de\\_oliveira.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0304_antonio_manoel_de_oliveira.pdf)> Acesso em set. 2023.

PASCHOAL, L. G.; SIMON, A. L. H.; DA CUNHA, C. M. L. GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA E SUA INSERÇÃO EM PESQUISAS BRASILEIRAS / Anthropogenic Geomorphology and its Insertion in Brazilian Research. **Geographia Meridionalis**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 95, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Geographis/article/view/5691>. Acesso em: 21 out. 2024.

PAZ, O. L. de S.; DAL PAI, M. O.; PAULA, E. V. de. Proposta metodológica para elaboração de base de dados geoespaciais como subsídio a estudos ambientais: aplicação em unidades de conservação do litoral norte do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 613–629, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/242899>. Acesso em: 17 abr. 2025.

PEDRO, L. C. Geomorfologia urbana: impactos no ambiente urbano decorrente da forma de apropriação, ocupação do relevo. **Geografia em Questão**, [s. l.], v. 4, n. 1, 2011. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/4277>. Acesso em: 8 nov. 2024.

PELECH, A. S.; RIBEIRO, C. A. Rios urbanos: contribuições da Antropogeomorfologia e dos estudos sobre os Terrenos Tecnogênicos. *Geografia (Rio Claro)*, v. 45, n. 1, p. 79-92, 2021.

PELOGGIA, A.U.G. O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. São Paulo: Iglu, 1998.

PELOGGIA, A.U.G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da Geologia do Tecnógeno: Proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 257–268, 1997. Disponível em: <http://bjg.siteoficial.ws/1997/n.3/4.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2024.

PELOGGIA, A.U.G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Geography Department, University of Sao Paulo**, [s. l.], p. 24–31, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47281>. Acesso em: 21 out. 2024.

PELOGGIA, A.U.G. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros. **Revista do Instituto Geológico**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 1–17, 2019. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/rig/article/view/626>. Acesso em: 21 out. 2024.

PELOGGIA, A.U.G.; SILVA, É. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. **Quaternary and Environmental Geosciences**, [s. l.], v. 5, n. 2, 2014. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/34811>. Acesso em: 14 out. 2024.

PICA, A. *et al.* Urban Geomorphology Methods and Applications as a Guideline for Understanding the City Environment. **Land**, [s. l.], v. 13, n. 7, p. 907, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/13/7/907>. Acesso em: 20 abr. 2025.

REYNARD, E.; PICA, A.; CORATZA, P. Urban geomorphological heritage. An overview. *Quaestiones Geographicae*, V. 36, N. 3, p.7-20, 2017.

RETRATO DAS REGIONAIS - REGIONAL CAJURU. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: [https://ippuc.org.br/storage/uploads/d42b72bb-3501-42b4-8c1e-90e5f44814cb/retrato\\_-\\_regional\\_cajuru.pdf](https://ippuc.org.br/storage/uploads/d42b72bb-3501-42b4-8c1e-90e5f44814cb/retrato_-_regional_cajuru.pdf). Acesso em: 23 nov. 2024.

RODRIGUES, C. Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros. São Paulo, universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 1997.

RODRIGUES, C. Antropoceno e mudanças geomorfológicas: sistemas fluviais no processo centenário de urbanização de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 105–123, 2019. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/rig/article/view/631>. Acesso em: 21 out. 2024.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Geography Department, University of Sao Paulo**, [s. l.], p. 101–111, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47278>. Acesso em: 21 out. 2024.

RODRIGUES, S.; DANELON, J.; BARCELOS, A. A Geomorfologia e as interações humanas: Contribuições Teóricas da Geomorfologia Antropogênica. **Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, [s. l.], v. 4, p. 45–63, 2022.

RODRIGUES, C., da LUZ, R. A., CACCIA-GOUVEIA, I. C. M., VENEZIANI, Y., SIMAS, I. T. H.; CARVALHO, D. Abordagem histórica e fontes de informação para o mapeamento geomorfológico retrospectivo de áreas urbanizadas. **Derbyana**, v. 45, 2024.

ROSSATO, M. S.; BASSO, L. A. **Assoreamento e formação de Depósitos Tecnogênicos na Barragem Lomba do Sabão, Porto Alegre e Viamão – RS/Brasil**. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Procesosambientales/Impactoambiental/04.pdf> > Acesso em 15/09/2023.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. [S. l.]: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, [s. l.], v. 6, p. 17–29, 1992. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47108>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SALAMUNI, E. GEOMORFOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], 2013.

SANTOS FILHO, R. D. Antropogeomorfologia Urbana. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.

SANTOS, L. J. C., OKA-FIORI, C., CANALI, N. E., FIORI, A. P., DA SILVEIRA, C. T., DA SILVA, J. M. F. e ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de geomorfologia*, 7(2), 2006.

SANTOS, C. M. dos; MOURA, N. S. V.; CASANOVA, F. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio, Porto Alegre (RS): Estudo comparativo entre morfologia original e antropogênica . **Derbyana**, [S. l.], v. 46, 2025. DOI: 10.69469/derb.v46.854. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/derbyana/article/view/854>. Acesso em: 02 set. 2025.

SASTRE, R. Rubens Meister e o campus do Politécnico da UFPR. [s. l.], Disponível em: [https://www.academia.edu/36675273/RUBENS\\_MEISTER\\_E\\_O\\_CAMPUS\\_DO\\_POLIT%C3%89CNICO\\_DA\\_UFPR](https://www.academia.edu/36675273/RUBENS_MEISTER_E_O_CAMPUS_DO_POLIT%C3%89CNICO_DA_UFPR). Acesso em: 23 abr. 2025.

SILVA, T. M. da. Raízes dos mapeamentos geomorfológicos e perspectivas atuais. **HUMBOLDT**, [s. l.], v. 1, n. 2, 2021. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/humboldt/article/view/57380>. Acesso em: 9 nov. 2024.

SILVA, É. C. N. Reconstituição Geomorfológica do Relevo Tecnogênico em Presidente Prudente-SP. [s. l.], 2017.

SILVA, E. C. N.; DIAS, M. B. G.; MATHIAS, D. T.; **A abordagem tecnogênica: reflexões teóricas e estudos de caso**. Quaternary and Environmental Geosciences vol. 05, pp. 01-11, 2014.

SILVA, É. C. N; **Formação de depósitos tecnogênicos e relações com o uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Presidente Prudente-SP**. Presidente Prudente, 2012, 185 f. Dissertação (Mestrado, em Geografia). Universidade Estadual Paulista.

SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. **O Tecnógeno na cidade de Presidente Prudente-SP**. Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, vol. 26 pp. 483-496, set/dez/2014.

SILVA, M.; HORN, N. O. F. **Os depósitos tecnogênicos construídos no mapeamento geológico de planícies costeiras: o caso da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.** *Quaternary and Environmental Geosciences*, vol.05, pp.112-120, 2014.

SILVA, M. de Melo; LUPINACCI, C. M. Análise das alterações antropogeomorfológicas na Bacia do Rio Cabeça (SP) a partir do uso de geoindicadores. **Revista Geografias**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 1–22, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/25303>. Acesso em: 21 out. 2024.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Análise temática e conceitual de mapas geomorfológicos: a transcrição gráfica da complexidade do relevo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 2, p. 574-597, 2021.

SILVEIRA, C. T., SILVEIRA, R. M. P., BORTOLINI, W.; ALMEIDA, V. P. Geomorphological mapping of the state of Paraná with digital classification method of landform patterns. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 26 n. 1, 2025

SOARES, F. P. Cartografia morfológica de detalhe e intervenções antrópicas no Alto Jacaref: subsídios à avaliação da degradação ambiental do Sistema Cantareira. 2008.

SOPCHAKI, C. H. Influência do N amostral e das características do relevo na qualidade de modelos digitais do terreno. 2016.

SOUZA, T. de A. de; OLIVEIRA, R. C. de. Análise Cartográfica das Alterações das Feições Geomorfológicas decorrentes da Ocupação Da Ilha Comprida/SP Entre 1962 E 2012. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [s. l.], v. 34, p. 123, 2015. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/raega/article/view/38607>. Acesso em: 21 out. 2024.

SUDERHSA. Mapeamento da Bacia do Alto Iguaçu - hidrografia. 2000. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em 05 dez. 2023.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Terra Livre**, [s. l.], n. 17, p. 11–24, 2001. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/337>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (org.). **Anthropogenic Geomorphology**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-3058-0>. Acesso em: 29 out. 2024.

SILVA, T. M. "Raízes dos mapeamentos geomorfológicos e perspectivas atuais." *Revista Humboldt. Rio de Janeiro* 1.2 (2021): 1-27.

TAROLLI, P.; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology**, v. 255, p. 140-161, 2016.

TER-STEPANIAN, G. **Beginning of the Technogene**. Bulletin of the International Association of Engineering Geology: Paris, nº 38, 1988.

THORNBUSH, M. Geography, urban geomorphology and sustainability. **Area**, [s. l.], v. 47, n. 4, p. 350–353, 2015. Disponível em: <https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/area.12218>. Acesso em: 21 out. 2024.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. [S. l.]: Presses Universitaires de France, 1965.

TUCCI, C. E. M. "Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas." *RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Vol. 5, n. 1 (2000), p. 61-68 (2000).

TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. L. M. (Org.). Avaliação e controle de drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000. p. 113-127. v. 1.

VENEZIANI, Y. **A abordagem da geomorfologia antropogênica e de modelagens hidrológica e hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes (SP) para determinação de picos de vazão e da vulnerabilidade a inundações**. 2014. Mestrado em Geografia Física - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-30112015-133046/>. Acesso em: 21 out. 2024.

WANG, T; BELLE, I; HASSLER, U. Modelling of Singapore's topographic transformation based on DEMs. **Geomorphology**, [s. l.], v. 231, p. 367–375, 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X1400631X>. Acesso em: 20 abr. 2025.

WILLIAMS, R.D. DEMs of Difference. Geomorphological. Techniques. 2. British Society for Geomorphology 2012.

WOEIKOF, Alexandre. De l'influence de l'homme sur la terre. [s. l.], 1901.

ZANATTA, F. A. S; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M. N. O Uso Da Terra E Alterações Do Relevo Na Alta Bacia Do Ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (Sp): Um Estudo A Partir De Princípios Da Antropogeomorfologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], 2015.