



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS - CCHL**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGGEO**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

**RAFAEL JOSÉ MARQUES**

**GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA EM TIMON, MARANHÃO:  
APROPRIAÇÃO DO RELEVO E MODIFICAÇÕES MORFOHIDROGRÁFICAS  
URBANAS**

**TERESINA - PIAUÍ,  
JULHO DE 2022**

**RAFAEL JOSÉ MARQUES**

**GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA EM TIMON, MARANHÃO:  
APROPRIAÇÃO DO RELEVO E MODIFICAÇÕES MORFOHIDROGRÁFICAS  
URBANAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Piauí - UFPI, na área de concentração Organização do Espaço e Educação Geográfica e linha de pesquisa Estudos Regionais e Geoambientais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Organização do Espaço e Educação Geográfica.

Linha de pesquisa: Estudos Regionais e Geoambientais.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Iracilde Maria de Moura Fé Lima

**TERESINA - PIAUÍ,  
JULHO DE 2022**

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Universidade Federal do Piauí**  
**Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas e Letras**  
**Serviço de Processos Técnicos**

M357g Marques, Rafael José.  
Geomorfologia antropogênica em Timon, Maranhão: apropriação do relevo e modificações morfohidrográficas urbanas / Rafael José Marques. -- 2022.  
141 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Teresina, 2022.

“Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Iracilde Maria de Moura Fé Lima.”

1. Modificações morfohidrográficas. 2. Intervenções antrópicas.  
3. Relevo antropogênico. I. Fé Lima, Iracilde Maria de Moura.  
II. Título.

CDD 918.121

**RAFAEL JOSÉ MARQUES**

**GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA EM TIMON, MARANHÃO:  
APROPRIAÇÃO DO RELEVO E MODIFICAÇÕES MORFOHIDROGRÁFICAS  
URBANAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de mestre, pelo  
Programa de Pós-Graduação em Geografia da  
Universidade Federal do Piauí – UFPI.

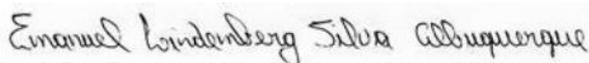
Orientadora: Profa. Dra. Iracilde Maria de Moura  
Fé Lima.

Aprovado em: 21/ 07/ 2022.

**BANCA EXAMINADORA**



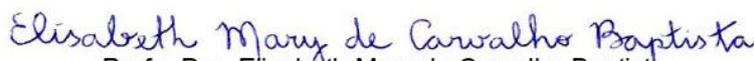
**Profa. Dra. Iracilde Maria de Moura Fé Lima**  
[Orientadora - Presidente]



**Prof. Dr. Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque**  
[Examinador Interno ao Programa – PPGGEO – UFPI]



**Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon**  
[Examinador Externo à Instituição - UFPel]



**Profa. Dra. Elisabeth Mary de Carvalho Baptista**  
[Examinadora Externa à Instituição - UESPI]

**Profa. Dra. Bartira Araújo da Silva Viana**  
**SIAPE: 2440142**

COORDENADORA DO PPGGEO/UFPI. AR N°. 386/2021 de 15/04/2021

Dedico aos meus filhos, minha esposa e minha mãe, pelo apoio, compreensão e paciência e entender que este processo era um sonho particular e que se tornou da família. Deixo uma contribuição à ciência geográfica, a pesquisa geomorfológica e à cidade de Timon, Maranhão, como forma de ampliar a reflexão sobre sua organização espacial e a atenção que se deve ter ao relevo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao Nosso Senhor DEUS, Senhor de todas as criaturas, sem o qual não somos nada, a quem agradeço todos os dias por ter me concedido esta bênção.

A minha família, meus filhos, Maria Tessa e Benjamin pelas tardes de ajuda ao papai, a minha esposa Hosana que com muita compreensão entendeu meus dias e minhas noites nos livros e na tela do computador. Isto o que fiz foi por vocês. À minha mãe Maria Lúcia, a quem devo mais que tudo. Sem ela não teria energia vital para enfrentar as lutas diárias que passei durante esses conflitantes, árduos, porém, maravilhosos e rápidos anos de mestrados.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), ao Programa de Pós-Graduação - Mestrado em Geografia por avaliar a proposta inicial que se torna uma pesquisa consolidada para a defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre, por meio dos professores, os quais me proporcionaram o aprofundamento de conhecimentos e a oportunidade de realizar este sonho.

E ainda mais a enorme gratidão a minha orientadora de mestrado, Professora Dra. Iracilde Maria de Moura Fe Lima, sem a qual este trabalho talvez não tivesse sido feito, por sua compreensão e paciência. Meu obrigado pelo abrir dos olhos nas falhas, por instigar mais o aprofundamento na pesquisa, na base e no tema, mostrando o caminho. Gratidão por me entender tanto como discente de mestrado e como pessoa.

Aos professores da UESPI, em especial a Professora Dra. Luzineide Abreu que na medida do possível auxiliou na seleção e na forma de lidar com a entrevista. E a querida e sempre orientadora, de PIBIC e Monografia na época de minha graduação, a Professora Dra. Elisabeth Baptista, que aceitou o convite de estar presente na banca de minha defesa de dissertação, sempre a me orientar.

Agradeço ao Prof. Dr. Adriano Simon, da Universidade Federal de Pelotas - RS, pela consideração, pelas observações e análises em minha qualificação.

Aos meus amigos, em especial, aos amigos da UESPI, da época da graduação, que sempre estiveram na torcida por mim. Agradeço aos amigos que fiz no mestrado e certamente serão amizades longas. Agradeço de peito aberto a todos que torceram e tornaram possível a conquista de uma grande vitória.

Muito Obrigado!

*A observação da paisagem é ponto inicial de um treinamento de um geógrafo. Observar a paisagem é estudar a projeção da sociedade sobre o espaço e tentar interpretar as razões da organização humana sobre a organização das heranças naturais, ou seja, da transformação da natureza pela sociedade.*

*Ab'Saber (1992)*

## RESUMO

A atuação do ser humano nas transformações recentes das paisagens vem se tornando, cada vez mais, um tema de estudo, sobretudo para identificar os níveis de intervenção antrópica na dinâmica natural nesta última época do tempo geológico, vivida pela humanidade. Pode-se identificar, também, que a partir do processo de urbanização acelerado das últimas décadas, as cidades vêm ampliando a carência de infraestrutura adequada, particularmente pela ausência de planejamento e gestão ambiental. Com relação à apropriação do relevo, a partir do uso e ocupação da terra, as interferências na drenagem e no relevo, principalmente, vêm implicando em níveis de perturbações cada vez mais intensos nas paisagens urbanas. Desta forma, buscando analisar o relevo na cidade de Timon, Estado do Maranhão, na perspectiva do antropoceno e do tecnógeno, este trabalho tem como objetivo geral: Analisar as modificações do relevo e as alterações ambientais em três sub-bacias hidrográficas urbanas, por meio da abordagem da geomorfologia antropogênica. Como objetivos específicos encontram-se: Identificar a morfologia atual das bacias dos riachos Pedras, Açude e Bacuri, na cidade de Timon; avaliar o processo de expansão da cidade e suas consequências para as formas de relevo no período de 1990 a 2020; elaborar uma carta geomorfológica antropogênica das bacias hidrográficas dos riachos estudados. Os procedimentos metodológicos tiveram início com a revisão bibliográfica, seguindo-se a análise de imagens de satélite e cartas topográficas, paralelamente à realização de trabalhos de observação em campo. O mapeamento geomorfológico teve por base a taxonomia do relevo proposta por Ross (1992), buscando representar as formas de relevo e sua relação com os tipos de ocupação e uso da terra atuais. Como resultados foram identificadas formas antropogênicas (depósitos tecnogênicos, terrenos de agradação e degradação com desmonte de morros, taludes de corte, superfícies de escavação em vertentes), e o estado das respectivas perturbações do relevo, com catalogação das formas identificadas, gerando carta geomorfológica antropogênica das bacias hidrográficas dos riachos Pedra, Açude e Bacuri, na área da cidade de Timon, Maranhão.

**Palavras-Chave:** Modificações morfohidrográficas. Intervenções antrópicas. Relevo antropogênico.

## ABSTRACT

The action of the human being in the recent landscape transformations has become, increasingly, a subject of study, especially to identify the levels of anthropic intervention in the natural dynamics in this last epoch of geological time, experienced by mankind. It can also be identified that, due to the accelerated urbanization process of the last decades, the cities have been increasing the lack of adequate infrastructure, particularly due to the lack of planning and environmental management. In relation to the appropriation of the relief, from the use and occupation of land, the interference in drainage and relief, especially, has been implying increasingly intense levels of disturbance in urban landscapes. In this way, seeking to analyze the relief in the city of Timon, State of Maranhão, in the perspective of the anthropocene and technogenic, this work has as a general objective: To analyze the modifications of the relief and the environmental changes in three urban sub-basins, through the approach of anthropogenic geomorphology. As specific objectives we find: Identify the current morphology of the Pedras, Açude and Bacuri creeks basins, in the city of Timon; evaluate the city expansion process and its consequences for the relief forms in the period from 1990 to 2020; elaborate an anthropogenic geomorphological chart of the studied creeks basins. The methodological procedures began with a bibliographic review, followed by the analysis of satellite images and topographic maps, in parallel with field observation work. The geomorphological mapping was based on the relief taxonomy proposed by Ross (1992), seeking to represent the relief forms and their relationship with the types of occupation and current land use. As results were identified anthropogenic forms (technogenic deposits, land enjoyment and degradation with dismounting of hills, cutting slopes, excavation surfaces on slopes), and the state of the respective relief disturbances, with cataloging of the identified forms, generating anthropogenic geomorphological chart of the watersheds of the creeks Pedra, Açude and Bacuri, in the area of the city of Timon, Maranhão.

**Key-words:** Morphohydrographic changes. Anthropogenic interventions. Anthropogenic relief.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação da estrutura do Geossistema	22
Figura 2	Esquema de representação do Modelo GTP	24
Figura 3	Localização da área de estudo, em Timon, Estado do Maranhão.	40
Figura 4	Unidades geotectônicas da Província Parnaíba	41
Figura 5	Formação geológica do município de Timon-MA	42
Figura 6	Forma antrópica, morro testemunho na formação Pedra de Fogo	43
Figura 7	Hipsometria do município de Timon-MA	44
Figura 8	Mapa das unidades geomorfológicas de Timon-MA	45
Figura 9	Médias de precipitação mensal	48
Figura 10	Precipitação pluviométrica	49
Figura 11	Mapa de hidrografia do município de Timon, Maranhão	50
Figura 12	Classes de Solos do município de Timon-MA	51
Figura 13	Unidades taxonômicas do relevo, proposta por Jurandyr Ross (1992)	54
Figura 14	Fluxograma do procedimento metodológico da pesquisa	56
Figura 15	Perímetro urbano de Timon - Divisão dos Bairros	71
Figura 16	Gráfico apresentando a evolução da população residente - 1950 a 2020	73
Figura 17	Gráfico 2: Timon - População residente por zona	74
Figura 18	Cartas DSG, mostrando o crescimento da cidade de Timon, MA, entre 1966 e 2020	76
Figura 19	Identificação das sub-bacias urbanas dos riachos Açude, Bacuri e Pedras	77
Figura 20	Hipsometria das sub-bacias Açude e Bacuri na área urbana de Timon, Maranhão	78
Figura 21	Declividade das sub-bacias Açude e Bacuri na área urbana de Timon, Maranhão	78
Figura 22	Representação do modelado na sub-bacia hidrográfica do riacho Bacuri, 2020	79
Figura 23	Carta de compartimentação do relevo, sub-bacia Açude e Bacuri	80
Figura 24	Hipsometria e declividade da sub-bacia do riacho das Pedras	81
Figura 25	Declividade da sub-bacia do riacho das Pedras	81
Figura 26	Formas de relevo da sub-bacia do Riacho Pedras	82
Figura 27	Ocupação temporal da sub-bacia Açude (bacia 1) e sub-bacia Bacuri (bacia 2)	83
Figura 28	Imagem aérea de Timon destacando a área da lagoa do riacho Açude, em 1983	84
Figura 29	Representação da área onde existiu a lagoa, riacho Açude, ano de 2020	84
Figura 30	Fotos do leito do riacho Açude, canalizado por traz da construção de uma determinada escola e residências nas proximidades, Pedro Patrício, Timon.	86
Figura 31	Uso e cobertura, bacias do riacho Açude e Bacuri	87

Figura 32	Gráficos identificando o uso e a cobertura das sub-bacias do riacho Açude e Bacuri nos anos de 1990 a 2020	88
Figura 33	Ocupação urbana temporal da sub-bacia riacho Pedras, no período de 1990 a 2020	90
Figura 34	Classes de uso ocupação da sub-bacia do riacho Pedras	91
Figura 35	Gráficos de uso e cobertura das sub-bacia do riacho Pedras, anos de 1990 a 2020	92
Figura 36	Esquema do relevo antropogênico - bacias hidrográficas estudadas, Timon, Maranhão	94
Figura 37	Perfil topográfico das sub-bacia, Açude.	95
Figura 38	Perfil topográfico das sub-bacia Bacuri.	95
Figura 39	Perfil topográfico das sub-bacias do riacho Pedras.	96
Figura 40	Modelagem 3D das sub-bacias dos riachos Bacuri e riacho Açude e Pedras	97
Figura 41	Imagens mostrando a retificação/canalização do leito do riacho Bacuri, no período de 2005 a 2020	98
Figura 42	Modificação do canal do riacho, no baixo curso da bacia do Bacuri	99
Figura 43	Perfil esquemático de modificação de canal fluvial do riacho Bacuri, Bairro Mateuzinho.	100
Figura 44	Imagem mostrando o processo de ocupação da lagoa, riacho Açude	101
Figura 45	Fotografias mostrando a modificação do relevo como resultado da ampliação da área urbana, sub-bacia do riacho Bacuri, entre 2019 e 2021	103
Figura 46	Áreas com devidamente licenciados para extração de argila, perímetro urbano, Timon/MA	104
Figura 47	Fotografias mostrando os locais de extração de argila, bacia Bacuri	105
Figura 48	Fotografias mostrando modificações na paisagem e relevo na sub-bacia do riacho Pedras	106
Figura 49	Depósitos tecnogênicos: tijolos e vidro, predominantes no Bairro Pedro Patrício, sub-bacia do Açude	109
Figura 50	Imagens mostrando a evolução do processo tecnogênico de aterramento no bairro Boa Esperança, bacia do Pedras	110
Figura 51	Bacia do riacho Açude (1) e Bacuri (2), pontos observados em campo	111
Figura 52	Bacia riacho das Pedras e os pontos observados em campo	112
Figura 53	Áreas de risco geológico-geomorfológicos nas sub-bacias dos riachos Açude e Bacuri	115
Figura 54	Representação da transformação de uma morfologia original para uma morfologia antropogênica	116
Figura 55	Ocupação residencial em encosta de taludes de corte, na sub-bacia do riacho Açude com risco potencial	117
Figura 56	Ocupação residencial em encosta, voçorocamento e risco potencial na sub-bacia do riacho Açude	117
Figura 57	Relevo modificado na sub-bacia do Bacuri	118

Figura 58	Formas de relevo antropogênico, sub-bacia do Bacuri	119
Figura 59	Esboço de carta geomorfológica antropogênica nas sub-bacias Açude e Bacuri	121
Figura 60	Esboço de carta geomorfológica antropogênica, sub-bacia Pedras	122
Figura 61	Gráficos identificando o uso e a cobertura das sub-bacia do riacho Pedras, nos anos de 1990 a 2020	126

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Critérios-chave para o entendimento do Geossistema	22
Quadro 2	Identificação de processos antrópicos diretos e indiretos	31
Quadro 3	Classificação dos terrenos tecnogênicos	32
Quadro 4	Classificação síntese dos depósitos tecnogênicos	32
Quadro 5	Classificação dos depósitos tecnogênicos urbanos, segundo sua composição	33
Quadro 6	Influência humana sobre os processos geomorfológicos	35
Quadro 7	Bairros onde as sub-bacias estão localizadas	39
Quadro 8	Formações geológicas aflorantes no município de cidade de Timon, Maranhão	42
Quadro 9	Unidades geomorfológicas identificadas no município de Timon, Maranhão	46
Quadro 10	Orientações para o estudo dos efeitos das ações antrópicas no meio físico	55
Quadro 11	Geoindicadores para a quantificação das alterações geomorfológicas	64
Quadro 12	Imagens de Satélites do uso e ocupação urbana	64
Quadro 13	Estado do Maranhão: cidades mais populosas, 1950-2020	64
Quadro 14	População por situação de domicílio, Timon, Maranhão	70
Quadro 15	Classes de cobertura e uso do solo nas sub-bacias do Açude e Bacuri, anos de 1990 a 2020	89
Quadro 16	Identificação de classes de cobertura e uso do solo na sub-bacia do Pedras, nos anos de 1990 a 2020	92
Quadro 17	Materiais minerais de extração nas sub-bacias dos riachos Açude, Bacuri e Pedras	108
Quadro 18	Classificação de terrenos tecnogênicos e identificação	124
Quadro 19	Níveis de perturbação, das sub-bacias analisadas	125

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1	Fontes das bases de dados vetoriais e matriciais digitais de repositórios públicos para a elaboração dos mapas temáticos da área de estudo.	61
Tabela 2	População residente de Timon, densidade demográfica e taxa de crescimento - 1950 a 2020.	72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ANM</b>	Agência Nacional de Mineração
<b>APP</b>	Área de Proteção Permanente
<b>CPRM</b>	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
<b>DSG</b>	Diretoria de Serviço Geográfico
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamento Global
<b>GTP</b>	Geossistema, Território e Paisagem
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>MDE</b>	Modelo Digital de Elevação
<b>MDT</b>	Modelo Digital de Terreno
<b>SEMMA</b>	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>SRTM</b>	Shuttle Radar Topography Mission - NASA
<b>SIRGAS</b>	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
<b>TGS</b>	Teoria Geral dos Sistemas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>GEOSSISTEMA, ANTROPOCENO E GEOMORFOLOGIA</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>A Teoria Geral dos Sistemas e o Geossistema</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>O debate sobre o Antropoceno</b>	<b>24</b>
<b>2.3</b>	<b>A perspectiva geográfica e a geomorfologia antropogênica</b>	<b>27</b>
<b>2.4</b>	<b>Apropriação do relevo, urbanização e estados de perturbações</b>	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b>	<b>39</b>
3.1.1	A Base Geológica	41
3.1.2	Os compartimentos e unidades de relevo	43
3.1.3	Aspectos do clima	48
3.1.4	A Hidrografia	50
3.1.5	Tipos de solos e cobertura vegetal	51
<b>3.2</b>	<b>Procedimentos técnicos-operacionais</b>	<b>52</b>
3.2.1	Base cartográfica, escalas e mapas temáticos	57
3.2.2	Mapeamento de uso, ocupação, cobertura da terra	61
<b>3.3</b>	<b>Geoindicadores das formas e depósitos atuais</b>	<b>63</b>
<b>3.4</b>	<b>Procedimentos de trabalho de campo</b>	<b>65</b>
<b>3.5</b>	<b>Compartimentação do relevo e mapeamento das formas antropogênicas</b>	<b>65</b>
<b>4</b>	<b>PROCESSO DE OCUPAÇÃO E FORMAS ANTROPOGÊNICAS</b>	<b>67</b>
<b>4.1</b>	<b>O Processo de Ocupação da Cidade de Timon, Maranhão</b>	<b>67</b>
<b>4.2</b>	<b>Urbanização e configuração social de Timon</b>	<b>68</b>
<b>4.3</b>	<b>Formas antropogênicas atuais</b>	<b>76</b>
4.3.1	As Sub-Bacias dos riachos Açude, Bacuri e Pedras	76
4.3.2	Estados de perturbação, relevos antropogênicos e depósitos tecnogênicos	76
4.3.3	Estado 1 de perturbação - Modificações dos canais nas sub-bacias	93
4.3.4	Estado 2 de perturbação - Extração mineral irregular em morros e colinas	101
4.3.5	Estado 3 de perturbação - Aterros e depósitos tecnôgenos	108
<b>4.4</b>	<b>Riscos e impactos derivados nas formas antropogênicas</b>	<b>114</b>
<b>4.5</b>	<b>Carta geomorfológica antropogênica das sub-bacias hidrográficas urbanas dos riachos Açude, Bacuri e Pedras</b>	<b>118</b>
	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>127</b>
	<b>REFRÊNCIAS</b>	<b>131</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As ações da sociedade, principalmente nas áreas urbanas, ao longo do tempo vão introduzindo alterações na paisagem geomorfológica, a partir das modificações de fluxos de matéria e energia que perpassa a condicionar efeitos e consequências muitas vezes não previstas nos processos geomorfológicos vigentes (SILVA, 2016).

As modificações de derivação antropogênica impressas na paisagem, com destaque para as formas de processos atuais naturais e antrópicas, têm sido denominadas pela literatura especializada de relevo antropogênico. Esta expressão se vincula ao Tecnógeno, período geológico, não oficializado, marcado pelas transformações ambientais historicamente produzidas pelo homem mediante emprego de recursos tecnológicos diversos (OLIVEIRA *et al.*, 2005; PELOGGIA, 1998; 2005).

A necessidade de considerar as intervenções humanas diretas na paisagem e em sistemas geomorfológicos não é algo recente, porém, a partir das últimas quatro décadas que a noção de finitude de recursos naturais ganhou espaço em fóruns científicos, bem como a aceitação da interferência antropogênica na escala planetária, o que pode explicar o incremento de estudos associados a essas preocupações nestas últimas décadas (RODRIGUES *et al.*, 2019).

As ações humanas interferem continuamente na superfície terrestre modificando as paisagens naturais. Assim, feições desenvolvidas ao longo do tempo geológico passam a ser reconstruídas em um tempo histórico bem mais curto, sob forte condicionamento antropogênico, implicando em transformações paisagísticas relacionadas às atividades socioeconômicas diversas (SILVA; VALADÃO, 2016). É neste contexto que a Geografia, nos estudos da geografia física, em especial a geomorfologia, vem ocupando um papel relevante nas ciências que tratam das questões dos sistemas físico-ambientais, assim como os efeitos das intervenções antrópicas impactando os elementos destes sistemas.

Peloggia (2005) destaca que é importante entender o ser humano como elemento modelador dessas transformações e reconhecer a sua capacidade de criar e recriar o ambiente baseado nos seus próprios interesses temporal, ou seja, o homem conseguindo fazer as propriedades e o modo de ser a natureza, combinarem-se de maneira original. Para Rodrigues (2005) e Santos Filho (2011) a antropogeomorfologia, uma especialidade derivada da Geomorfologia, pode compreendida como o estudo do ambiente resultante da presença e da intervenção antropogênica. Enfatiza os estudos ambientais e urbanos num determinado espaço/ambiente de concentração humana e, como lugar de alterações geomorfológicas, tendo o ser humano como modelador da superfície terrestre.

Suertegaray e Nunes (2001) enfatizam a relevância dos estudos geomorfológicos que inserem o agente humano enquanto elemento ativo nas modificações do relevo, e consiste na busca de compreender as transformações, considerando a escala de temporal, a velocidade do fazer do homem para com as formas e processos geomorfológicos.

Com o rápido e intenso crescimento das cidades, instalação de uma má infraestrutura, particularmente em relação à ausência de conhecimento do seu relevo e suas características, causando alterações visíveis e geralmente gerando problemas ambientais com o uso exacerbado do solo/terra e a sobre as drenagens e canais que se tornam ignorados. Nir (1983) fez resgate histórico das modalidades de intervenção antrópica sobre as formas do relevo, recorrendo a referências como Marsh (1864) e Sherlock (1922; 1931), em relação à inserção do agente antrópico em estudos geomorfológicos e geológicos.

Desta forma, para avaliar a intensidade dessas ações antrópicas no ambiente urbano quanto no rural ao logo do tempo recente, torna-se necessário aprofundar os estudos geomorfológicos, com o auxílio da cartografia, sobre os efeitos antropogênicos no relevo. Neste quesito, importante frisar que o ser humano enquanto agente de modificação das formas do relevo, vem atuando em várias escalas, tanto temporal como espacial, não em escala geológica, mas em escala de tempo histórico, produzindo formas antropogênicas visíveis na paisagem.

Justifica-se, assim, este trabalho como investigação das transformações antropogênicas do relevo urbano de Timon, especificamente nas bacias hidrográficas dos riachos Pedras, Açude e Bacuri, utilizando uma abordagem sistêmica, buscando identificar os estados das transformações resultantes da ocupação e uso das terras e sua relação com a hidrografia local, como resultado da expansão desta cidade num período de 1990 a 2020, tendo em vista o seu rápido processo de urbanização.

Para tanto, definiu-se como objetivo geral analisar as modificações do relevo das sub-bacias hidrográficas dos riachos Açude, Bacuri e Pedras na cidade de Timon, Maranhão, no período de 1990 a 2020, na perspectiva da geomorfologia antropogênica e do tecnôgeno. Como objetivos específicos encontram-se: 1) identificar a compartimentação do relevo e as formas antropogênicas nas sub-bacias urbanas dos três riachos citados; 2) avaliar a expansão do processo de urbanização nessas bacias hidrográficas e as respectivas transformações do relevo e da drenagem nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, identificando os níveis de perturbação nas formas morfohidrográficas; 3) elaborar uma carta geomorfológica antropogênica, representando os níveis de perturbação classificados para a área de estudo.

Para atender os objetivos propostos, este trabalho foi desenvolvido tendo como eixos condutores os seguintes questionamentos: 1. Qual a relevância da abordagem dos estudos da

geomorfologia antropogênica? 2. Que impactos e níveis de perturbação do relevo podem ser identificados em bacias hidrográficas urbanas? 3. Que atividades antrópicas vêm modelando o relevo na cidade de Timon? 4. É importante representar em um mapeamento geomorfológico as modificações antropogênicas causadas em bacias hidrográficas?

Christofolletti (1967) e Perez Filho *et al.* (2001) afirmam que a ação antrópica atribui características artificiais aos sistemas geomorfológicos e hidrográficos a partir de interferências na morfodinâmica e manifestam a necessidade em analisar as repercussões que a atividade humana gera sobre os processos geomorfológicos. Desta forma, buscou-se estudar o processo histórico de ocupação dessas bacias urbanas, numa abordagem geomorfológica antropogênica, que consiste em várias conjunturas de interferência do homem nas modificações dos elementos do sistema físico-ambiental (PEREZ FILHO, 2007; SIMON, 2010).

Os procedimentos metodológicos dessa pesquisa tiveram como base os princípios da Teoria Geral dos Sistemas aplicados à ciência geográfica, na perspectiva da Geomorfologia Antropogênica ou Antropogeomorfologia, cuja abordagem compreende as interferências do homem enquanto agente modelador do relevo (NIR, 1983; RODRIGUES, 2005). Por tanto, nesta perspectiva, o termo a ser utilizado, frequentemente, no desenvolver desta pesquisa será Geomorfologia Antropogênica no decorrer das discussões.

Esta dissertação está estruturada em capítulos que se seguem à introdução, sendo que no primeiro são apresentadas as bases teórico-metodológicas para entendimento da proposta de abordagem da pesquisa desenvolvida, e que são destacados vários autores por apresentarem variadas discussões, com um conjunto de bases sobre a Geomorfologia Antropogênica. No segundo capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos, com caracterização da área de estudo, seguida da descrição dos procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa.

O terceiro corresponde aos Resultados e sua discussão, no qual são analisados o processo de ocupação de Timon, Maranhão, a partir do surgimento do aglomerado urbano de Timon, passando pelo processo de crescente da urbanização. Segue-se uma caracterização geoambiental do município. Em seguida, discute-se formas atuais resultantes de ações antropogênicas, tendo como base os fundamentos apresentados no decorrer da pesquisa, obtidos através da teoria e do campo possibilitando análises comparativas no espaço e no tempo. Foram identificadas neste capítulo formas de relevo e níveis de perturbação antropogênica, representando-os em um mapeamento geomorfológico de três sub-bacias hidrográficas urbanas, utilizando uma perspectiva de análise integrada da paisagem. As Considerações Finais e as referências utilizadas finalizam a apresentação desta pesquisa.

## 2 GEOSISTEMA, ANTROPOCENO E GEOMORFOLOGIA

### 2.1 A Teoria Geral dos Sistemas e o Geossistema

A abordagem sistêmica consiste na análise de todos os processos envolvidos na configuração do relevo de forma interdisciplinar e equilibrada. Este equilíbrio demonstra que os aspectos da forma não são estáticos ou imutáveis, contudo, são mantidos pelo fluxo de matéria e outros elementos que se inserem no sistema (CHRISTOFOLETTI, 1980). Em Bertalanffy (1973, p. 53), criador da concepção sistêmica salienta que:

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo.

Sob a visão sistêmica, as formas de relevo são entendidas como resultado contínuo de um ajuste entre o comportamento dos processos e a resposta oferecida pelos materiais envolvidos, sendo então o sistema geomorfológico um sistema aberto e dinâmico que apresenta constante relação entre forças de distúrbios (tentativa de alteração do sistema) e forças de resistências (tentativa de manter a forma). Nesta perspectiva, a ação antrópica passa a ser considerada como promotora de novos processos (GOUVEIA, 2010). Assim, nessa abordagem, apresenta-se como modelo de representação de uma visão holística das coisas e nela com interrelação de seus elementos naturais e antrópicos também.

A existência do ser humano remete a características bastante individuais, ao passo que, sua existência ao longo do tempo geológico, apresenta-se então como uma espécie nova e complexa que, inserida no planeta, tem sua insignificância repensada dentro desse sistema. Nessa abordagem, pode-se utilizar a teoria geossistêmica no qual embasa inúmeras pesquisas no campo das ciências humanas e naturais nas últimas décadas, uma vez que apresenta um importante arcabouço teórico-metodológico útil à orientar os processos de transformações da superfície terrestre, de modo que seja possível propor reduzir ou mitigar o desequilíbrio ambiental causado pelas ações antrópicas causados pelas ações ocupacionais e variadas atividades econômicas (SANTOS; GIRÃO, 2015).

A teoria geossistêmica foi inicialmente proposta pelo biólogo e geobotânico Viktor Borisovich Sotchava em um estudo pioneiro em 1960, estando suas raízes fincadas na Teoria Geral dos Sistemas (TGS) (BERTALANFFY, 1973). Segundo a concepção apresentada na TGS, é de relevância o estudo do objeto considerando e a relação dinâmica existente entre os

elementos que o compõe, pois o comportamento das partes se mostra diferentes quando estudados separadamente. Essa necessidade se apresenta mediante a ineficácia teórico-metodológica da ciência clássica, muitas vezes por falta de ampliação de meios e procedimentos metodológicos para a época, e por descrições sem aprofundamento para apresentar soluções práticas aos problemas socioambientais, tendo em vista sua abordagem mecanicista e isolada das séries causais (BERTALANFFY, 1973, apud MARQUES NETO, 2008, p.70).

Conforme atesta Rodrigues (2001), a TGS vigora como ideia pioneira de uma série de referências relevantes para os estudos da Geografia Física, por conseguinte a mesma remonta a fase que se inicia a valorização da mensuração/quantificação e a incorporação de novos procedimentos técnicos operacionais aos estudos geográficos.

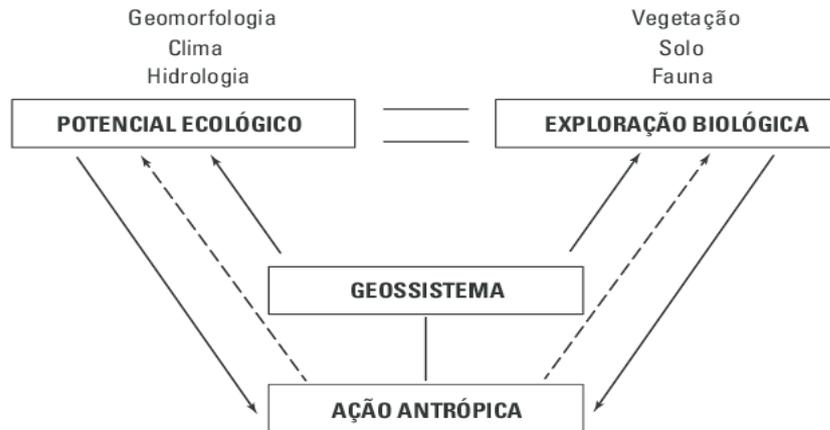
A discussão para os estudos do meio físico que seria o método baseado nos Geossistemas, trazido no artigo Paisagem e Geografia Física Global do professor George Bertrand, publicado em 1968 na França, que constitui um primeiro momento, com influência sobre os geógrafos brasileiros, por se constituir revelação do conceito de Geossistema para a comunidade dos geógrafos do Brasil (MONTEIRO, 2000; GIRÃO, 2007).

Tricart (1976, 1977, 1981) ao conceber o meio natural, político, econômico e cultural como conjunto de interações e de forma mútua, considera que um novo caminho possa ser seguido no âmbito do ordenamento territorial, um traçado mais promovedor do desenvolvimento. Integralizando esses aspectos à sociedade em seu debate, pretende mostrá-la como geradora/modificadora/intensificadora de processos, os quais possam vir a modelar ou modificar as formas do relevo de um local.

O meio natural é considerado como um sistema natural, complexo e integrado havendo circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive praticada pelo homem. Sob uma perspectiva de síntese, aponta-se que o geossistema é composto por três componentes: os abióticos (litosfera, atmosfera, hidrosfera que formam o geoma), os bióticos (flora e fauna) e os antrópicos (formado pelo homem e suas atividades) (ROUGERIE et al, 1991).

Bertrand (2004) apresentou uma proposta especificamente “geográfica”, tendo como elementos básicos integrantes o potencial ecológico, exploração biológica e a ação antrópica. Sua proposta possuía uma dinâmica funcional regida por um sistema geomorfológico, pela dinâmica biológica e pela exploração antrópica. E nesta proposta, todos os elementos são interligados numa relação que se possa entender na totalidade suas funções (Figura 1).

Figura 1 - Representação da estrutura do Geossistema, em 2004



Fonte: Bertrand (2004)

Assim, as modificações realizadas pelo sistema socioeconômico na estrutura e dinâmica dos geossistemas, podem apresentar-se por meio de esforços junto a estes sistemas, havendo resistência dos elementos geossistêmicos as tensões sofridas, criando-se com isso, novos estágios de evolução.

Com o desenvolvimento e aplicação da teoria sistêmica, após as descrições dos elementos naturais, a visão sistêmica tornou-se fator importante para a própria Geografia ao enriquecimento de elementos metodológicos de compreensão sistêmica da natureza. O direcionamento para a sistematização e a integração do meio ambiente com seus elementos, conexões e processos como um potencial a ser utilizado pelo homem, adquire importância crescente.

Na linha da Geografia física, a abordagem sistêmica, segundo afirma Christoflett (1986), não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesses conjuntos. E para Capra (1996), a visão sistêmica, que ingressou e ampliou-se para várias ciências, tem em comum uma série de critérios chaves para compreensão do geossistema (Quadro 1).

Quadro 1 - critérios chaves para entendimento do Geossistema

<b>a - primeiro critério:</b>	<b>b - segundo critério:</b>	<b>c - terceiro critério:</b>
Visão de mudança das partes para o todo [...] Propriedades essenciais ou sistêmicas são propriedades do todo que nenhuma das partes possui. Relações de Organização.	Capacidade de deslocar a própria atenção de um lado para outro entre diferentes níveis sistêmicos... Diferentes níveis sistêmicos e níveis de diferentes complexidades.	Propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do todo maior. Parte de um todo é um padrão numa teia inseparável de relações.

Fonte: Adaptação de Capra (1996).

Destaca-se que o Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado com circulação de energia e matéria (entrada e saída) e onde ocorre exploração biológica, inclusive praticada pelo ser humano (TROPPEMAIR; GALINA, 2006). E para Pech *et al.*, (1998) o Geossistema é um conceito que pode ser compreendido como um sistema espacial de diferentes componentes do meio natural, podendo serem acrescentados os componentes antrópicos como elementos determinantes nesse Geossistema.

Realizar os estudos geossistêmicos é aprofundar-se nos conhecimentos dos sistemas ambientais ou geoambientais, em sua complexidade no tratamento a cada componente representado e embasados pelos elementos geológicos, relevo, solos, clima, hidrografia, vegetação e o aporte antrópico, antropogênico, através de suas atividades, usos e ocupações da terra.

Monteiro (2001, p. 81) descreve o geossistema como:

A integração das variáveis “naturais” e ‘antrópicas’ (etapa análise), fundindo “recursos”, ‘usos’ e ‘problemas’ configurados (etapa integração) em ‘unidades homogêneas’ assumindo papel primordial na estrutura espacial (etapa síntese) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (etapa aplicação) do diagnóstico.

Para Gregory (1992) a abordagem sistêmica foi adotada consecutivamente pela Biogeografia, Geografia dos Solos, Climatologia e Geomorfologia, tendo uma maior inerência aos estudos da Geografia Física. E para Simon (2010) os sistemas físico-ambientais são regulados pelo jogo das forças geodinâmicas internas e externas, que controlam as entradas e as saídas de matéria e energia, desencadeando processos e respostas peculiares a organização dos elementos que os compõem.

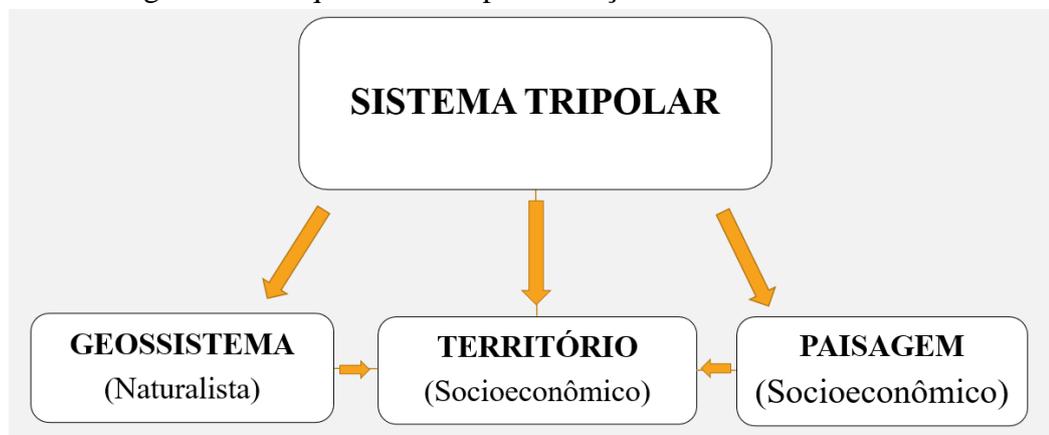
Tanto para Christofletti (1999) como também para Simon (2007), a compreensão é a de que a interferência das sociedades pode desencadear a aceleração, o retardamento e a extinção de alguns processos naturais. Assim, das variadas técnicas, mecanismos e tecnologias desenvolvidas pelo ser humano sobre os sistemas físico-ambientais comanda aquelas que possuindo os fluxos de matéria e energia, a fim de manter as atividades urbano-industriais e agropastoris que são sustentadas pela exploração dos recursos naturais.

As formas do relevo e os outros elementos dos sistemas físico-ambientais em contato direto com as alterações efetivadas pelos sistemas socioeconômicos no processo de ocupação e apropriação dos recursos naturais, presente um campo amplo para o desenvolvimento da geomorfologia antropogênica que trata esses casos com auxílio de determinados procedimentos

metodológicos para se alcançar o como o as consequências dessas ações do homem na superfície terrestre (CASSETI, 1991; SIMON; CUNHA, 2006). Christofolletti (1999), associa e explica, ainda, que, sob o olhar sistêmico, a Geografia passou a focar nas análises de inter-relações dos sistemas físico-ambientais e dos sistemas socioeconômicos. Desta forma, o estudo dos sistemas físico-ambientais encontra-se ligado à Geografia Física, abrangendo os elementos naturais citados anteriormente, e que se organizam na formação de conjuntos naturais bem distintos.

Convém destacar que Bertrand e Bertrand (1997, apud PASSOS, 2007) introduziram uma revisão do seu modelo inicial de 1960, propondo o modelo Geossistema, Território e Paisagem - GTP, por meio do qual é possível analisar de forma mais consistente a interrelação dessas categorias geográficas, inclusive para a definição de unidades de paisagens, ou seja, tendo como base teórico-metodológica as interrelações entre o físico-natural (Geossistema), o socioeconômico (Território) e o sociocultural (Paisagem), conforme colocam Pissanati e Archela (2009), Rosolém e Archela (2010) e Passos (2016) (Figura 2).

Figura 2 - Esquema de representação do Modelo GTP



Fonte: elaborado a partir de Bertrand e Bertrand (1997), apud Passos (2007), Rosolém (2010).

## 2.2 O debate sobre o Antropoceno

A denominação Antropoceno está sendo cada vez mais utilizada para descrever a época geológica atual. A expressão é um neologismo criado a partir de uma combinação do prefixo *anthropo* (homem) e do sufixo *ceno* (o mais novo). Criados por Paul Crutzen e o ecólogo Eugene Stoermer que formaram em conjunto o termo Antropoceno. Mas a ideia de uma nova era geológica marcada pela atividade humana já vinha sendo discutida por vários autores que utilizam os termos Antropógeno ou Tecnógeno (TER-STERPANIAN, 1988).

Sobre o termo Antropoceno, não existindo oficialmente ainda. Mas com debate existindo a alguns anos na comunidade científica mundial, sendo que a Comissão Internacional de Estratigrafia, parte do corpo científico da União Internacional de Ciências Geológicas que é a responsável pela definição das divisões do tempo geológico, não definiu oficialmente a subdivisão ‘Antropoceno’. E para que uma nova subdivisão geológica seja caracterizada, foi instituída a Comissão Internacional de Estratigrafia e criado um grupo de trabalho denominado Grupo de Trabalho Antropoceno (*Anthropocene Working Group-AWG*), cujo veredito foi dado em 2016: O Antropoceno deve, sim, ser considerado uma nova época do tempo geológico, situado no Holoceno (SALES, 2020).

O termo Antropoceno sugere que a Terra já deixou sua época geológica recente, referente ao último estado interglacial chamado Holoceno. A marca humana sobre a natureza é perceptível em escalas locais, regionais, e mesmo continentais, essa marca significativa que a característica da sociedade industrial é presente e visível (STEFFEN; CRUTZEN, 2007 apud LUZ; MARÇAL, 2016).

A Comissão Internacional de Estratigrafia, por fim, deliberou que o Antropoceno deve ter seu início considerado na segunda Grande Guerra, considerado que os depósitos geológicos do antropoceno seriam os aterros de lixo, plástico e sedimentos gerados pelo homem em rios e zonas costeiras. Dessa forma, iniciou-se um processo de oficialização do período do Antropoceno pela União Internacional das Ciências Geológicas, embora ainda não esteja completamente aceito.

No entanto, a características da atuação antrópica no registro geomorfológico-geológico no presente, claro e definido. As modificações causadas pelas forças antrópicas na superfície terrestre, vem ganhando intensidade com os avanços das técnicas e apropriação dos recursos naturais, tornando evidentemente transformada a natureza. Tais fenômenos ocorrem em escalas de tempo curto (LUZ, 2017).

E tudo isto vem provocando também o surgimento de problemas ambientais severos, como eventos climáticos extremos, uso intenso dos recursos naturais e degradação de ambientes, dentre outros, que requerem medidas urgentes para a estabilização das condições de sustentabilidade na Terra.

O Sistema Terra já teria sido afetado em seus ciclos e balanços na escala planetária devido aos agentes antropogênicos, Nir (1985) já relacionava isto. Havendo pesquisas e estudos que tentam desvendar o significado e a magnitude das interferências antrópicas, sua natureza cumulativa ou sistêmica, e em suas diversas escalas, das locais às regionais e às globais (TURNER *et al.* 1990; (RODRIGUES *et al.* 2019).

No livro de George Perkins Marsh, de 1864, denominado de ‘*Man and Nature*’, podendo ser o marco primeiro sobre o estudo de natureza abrangente a ser publicado na língua inglesa que considera os efeitos de diferentes intervenções antrópicas em processos superficiais terrestres e suas taxas e balanços (GOUDIE; VILES 2016; RODRIGUES *et al.*, 2019).

Phillips (1997); Crutzen (2005) e Zalasiewicz *et al.*, (2008) ao abordarem a rápida evolução das paisagens sob a perspectiva de escalas de tempo influenciadas pela ação do Homem, questionaram as possibilidades do estabelecimento de uma nova Era Geológica, denominada de Antropoceno. Para estes autores, o Antropoceno descreveria o período mais recente da história da Terra e teria início com o aparecimento do Homem, abrangendo todas as alterações efetivadas pelo conjunto de técnicas antrópicas desenvolvidas ao longo da história.

Abreu (1983) destaca que a Geomorfologia, assim como a Geografia, historicamente passou por variadas perspectivas teórico-metodológicas, sendo importante reconhecer que cada conceito emitido considerado por elas trouxe consigo algumas resistências para sua aceitação, quer seja por interesses políticos, ou ideológico-conceituais. E assim, segundo o autor, as discussões envolvidas nessas correntes geográficas traziam consigo o que poderia ser tomado como fato representativo em um contexto global de cada momento histórico.

Quanto à influência da presença antrópica sobre os diversos ambientes terrestres, ou seja, entender/aceitar o ser humano como elemento modelador de transformações ambientais recentes, em relação à escala geológica da evolução e dinâmica paisagem e relevo, é reconhecer a sua capacidade de criar e recriar ambientes baseados nos seus próprios interesses ao longo do tempo histórico no uso e apropriação do espaço.

Então, para compreender melhor as formas, processos e materiais decorrentes das mais variadas interferências no relevo superficial, requer uma análise integrada, sistêmica, que considere o homem, portanto, como um componente de um conjunto de elementos e fatores interdependentes nesses processos.

Assim, as alterações no fluxo dos rios, as mudanças na estratigrafia e estrutura dos solos, as modificações na topografia, o recuo das linhas costeiras, as transformações irreversíveis na vegetação, as alterações dos sistemas ecológicos e hidrológicos, a introdução de novos materiais, as mudanças no clima e nas respostas dos processos que indicam a dinâmica da natureza, está sendo desafiado pela emergência do que pode ser chamado de “força antrópica” – formada pelos efeitos combinados, diretos e indiretos, das atividades de seres humanos (LUZ; MARÇAL, 2016).

Determinados estudos comprovam que a ação antropogênica sobre o ambiente natural vem promovendo inúmeras alterações, devendo o estudo da dinâmica ambiental considerá-la

como um dos fatores reguladores dos complexos processos responsáveis pelo equilíbrio dos sistemas físicos atuais (GIRÃO; CORRÊA, 2004).

### **2.3 A perspectiva geográfica e a geomorfologia antropogênica**

A abordagem da geomorfologia antropogênica alinhada à sistêmica, oferece um conjunto sistemático de informações integradas, que norteiam o desenvolvimento das investigações sobre a abordagem de discussões sobre geomorfologia antropogênica, analisando as condições naturais e acentuando a importância de se considerar os aspectos socioeconômicos e de uso e ocupação do solo, numa apropriação do relevo. Ressalta-se que os resultados a serem obtidos com este trabalho tendem a contribuir como subsídio ao planejamento ambiental e territorial a servir o poder público, visando elaborar diretrizes para o ordenamento territorial em Timon/MA.

Em Nir (1983) buscou-se as bases para a Geomorfologia Antrópica, como o termo que caracteriza as distintas formas de intervenção do homem sobre o relevo, por destacar as particularidades da ação humana em diferentes ambientes, (áreas rurais, urbanas, florestas, mineração, entre outros). Entretanto, este trabalho se diferencia por apresentar um roteiro metodológico de análise destas intervenções que leva em consideração a dinâmica do sistema socioeconômico e a veiculação das alterações morfológicas a uma escala de tempo histórica.

Este autor, propõe, ainda, análises geomorfológicas que contemplem períodos pré e pós significativa intervenção humana, destacando a necessidade de um cenário base para a avaliação das derivações antrópicas sobre a morfohidrografia. Assim, possibilita o desenvolvimento de análises sistêmicas nos estudos vinculados à geomorfologia antropogênica, pois conduz à compreensão da relação existente entre os elementos físico-ambientais e socioeconômicos, ao longo do tempo.

No campo teórico, as discussões sobre a abrangência e consolidação deste novo posicionamento metodológico adquiriram destaque juntamente com as diferentes nomenclaturas derivadas da ação antrópica enquanto dinamizadora dos processos geomorfológicos (HAFF, 2001; CRUTZEN, 2002; HILS, 2005; SLAYMAKER, 2009).

Para Haff (2001) as implicações antrópicas envolvidas nas taxas de denudação das vertentes e de deposição de sedimentos a partir das distintas formas de organização das sociedades. Esta discussão abrange também as modificações impostas por obras de engenharia às características espaciais das formas do relevo, evidenciando que a alteração das feições

geomorfológicas implica na transformação dos processos que se ajustam à nova estrutura condicionada pelo homem.

Este autor indica que o reconhecimento do conjunto de atividades humanas como agentes geomorfológicos diretos e indiretos poderiam ser compreendidos como foco de análise da Neogeomorfologia que, neste caso, seria um sinônimo dos termos Geomorfologia Antrópica (NIR, 1983) e Antropogeomorfologia (GOUDIE, 1993).

Autores dedicados aos estudos iniciais acerca da construção desta temática de pesquisa, denominada de Antropogeomorfologia (THOMAS, 1956; BROWN, 1970; NIR, 1983; JAMES; MARCUS 2006; GOUDIE, 2013, GOUDIE; VILES, 2016, dentre outros), demarcam a segunda metade do século XIX como o início sistemático dessa linha de investigação.

A Geomorfologia Aplicada surge em 1970, com intuito de diagnosticar e apresentar soluções para os problemas ambientais resultantes das transformações do relevo e dos processos superficiais causados pelo homem (PENTEADO, 1983). A partir dos anos de 1990 os termos Geomorfologia Ambiental e Geomorfologia Urbana, passam a ser amplamente utilizados pelos pesquisadores das áreas de geociências. Como exemplo, destaca-se o trabalho intitulado *Man, a geomorphological agent: An introduction to anthropic geomorphology* de (NIR, 1983 citado por RODRIGUES, 2005), em que o termo Antropogeomorfologia também é utilizado, fazendo referência ao homem como agente Geomorfológico.

A Geomorfologia Antropogênica como abordagem ou subdisciplina não é tão recente nos estudos científicos, talvez seja mais correto dizer que seja recente como categoria de análise. Com este conceito, aplicado sobretudo no Brasil, muitos autores já reconheciam a importância de se estudar os processos antrópicos principalmente através do histórico de desenvolvimento das cidades sobre bacias hidrográficas, abordando transformações geológica e geomorfológica, em curto espaço e tempo, resultante desse processo do homem, da urbanização.

Para Nir (1983) as ações antropogênicas podem ser representadas pelo desmatamento, agricultura, mineração, construções de pontes, rodovias, entre outras, e que tais alterações apesar de serem fundamentais para o processo de desenvolvimento urbano não devem ser consideradas como processos padrões, pois em primeiro lugar é preciso levar em consideração o processo histórico, social e econômico característico de cada espaço.

Assim, para melhor compreensão do que hoje se chama de Geomorfologia Antropogênica algumas obras são essenciais no entendimento das dinâmicas que envolvem o ser humano como agente direto nas transformações físicas dos espaços até então naturais. Entre

as primeiras obras a fazer esse tipo de análise estão as de Marsh (1864) “*Man and Nature*” e Sherlock (1922) “*Man as a geological agent*”, as quais notaram que o ser humano era capaz de modificar e ou modelar espaços que lhes cercavam baseado nas suas necessidades de sobrevivência e desenvolvimento e assim os transformavam.

Goudie (1993) já afirmava que o homem é um agente geomorfológico, enquanto Caseti (2001) destacou a geomorfologia antropogênica no contexto da fisiologia da paisagem, também aceitando a nova abordagem em que o homem se insere entre as variáveis de transformação do ambiente como agente geomorfológico, ou seja, agente modelador do relevo.

A geomorfologia antropogênica surge, assim, como um ramo da Geomorfologia que tem como objetivo analisar os impactos nos solos e as alterações no relevo provocadas pela ação humana (GOUDIE, 1993). Morfologia Antropogênica, dentre outras, também foram utilizadas para fazer referência à ação humana sobre as formas de relevo (RODRIGUES, 2005). Expressões como Geomorfologia Antropogenética, Geomorfologia Antrópica (MARQUES, 2007).

Os estudos sobre o efeito da ação humana no equilíbrio e funcionamento dos sistemas morfohidrográficos por muito tempo ocuparam papel coadjuvante nas pesquisas em geomorfologia (BROWN, 1971). As formas do relevo e os processos modeladores foram compreendidos exclusivamente sob o ponto de vista da operação dos processos de ordem natural, desencadeados em uma escala de tempo geológica (SUERTEGARAY; NUNES, 2001; ROSSATO; SUERTEGARAY, 2000).

Desta forma, esta abordagem assume relevância no século XX (SANTOS FILHO, 2011) pela magnitude de escala e fenômeno urbano e em função de episódios de desastres socioambientais nas cidades, tais como deslizamentos de encostas, movimento de massa e outros, resultante das alterações dos processos, materiais e formas da natureza, pela construção, adensamento populacional, ampliação da área urbana, crescimento urbano desordenado e ocupações em áreas irregulares.

Entretanto, a constatação de que as condições de controle direto e indireto impostas pelas atividades antrópicas poderiam conduzir a reorganização das formas e processos morfohidrográficos, possibilitou a ampliação de pesquisas geomorfológicas que consideram o Homem enquanto agente dinamizador dos processos morfohidrográficos.

Portanto, percebe-se que o homem exerce impactos diretos nas feições do relevo ao executar grandes deslocamentos de terra, como, por exemplo, nas construções de habitações, exploração mineral, agricultura, infraestrutura de transporte e outros.

Autores como Felds (1957), Caseti (2001) e Guerra (2010), deram ênfase às transformações na superfície da Terra provocadas pela ação antrópica, ao destacarem que o homem intervém no meio físico na qualidade de agente geomorfológico com o emprego de seus utensílios de trabalho (tecnologias). Assim, a participação do homem na modificação das formas da terra cresce na medida em que a técnica progride.

Rodrigues (2005) faz referência à capacidade de transformação do meio físico, provocada pelo ser humano, chamando atenção para a distinção entre a ‘antropogeomorfologia’ e outras abordagens, ao afirmar que:

A diferença fundamental para outras abordagens é a consideração da própria interferência antrópica como ação geomorfológica, ação essa que pode: modificar propriedades e localização dos materiais superficiais; interferir em vetores, taxas e balanços dos processos e gerar, de forma direta e indireta, outra morfologia, aqui denominada de morfologia antropogênica (RODRIGUES, 2005, p. 101).

Para Marques (2007), o homem cada vez mais diversifica e intensifica sua atuação, criando condições de interferir e, até mesmo, controlar os processos, criar e destruir formas de relevo. Os estudos antropogeomorfológicos podem ser abarcados também pela Geomorfologia Urbana por corresponder ao estudo da urbanização sobre as formas de relevo, e pela Geomorfologia Antropogênica, que trata as formas produzidas ou alteradas pelo homem como relevo tecnogênico (PELOGGIA, 2005; PELOGGIA *et. al.*, 2014b).

A crescente interferência do ser humano na natureza estabeleceu bases para o desenvolvimento teórico-metodológico em várias áreas da ciência, à exemplo da geomorfologia e que na abordagem aplicada, ao tratar de forma específica as ações do homem como agente de transformação do relevo.

Para Szabó (2010), a antropogeomorfologia não inclui somente o estudo de formas de relevo produzidas, mas também aquelas formas alteradas e induzidas pelo homem, que podem perturbar o equilíbrio natural do ambiente ou geossistema.

Dos estudos geomorfológicos brasileiros, destacam-se aqui as contribuições de Ross (1994; 2010), que trouxe uma visão integrada de estudos e da dinâmica do relevo para o planejamento ambiental e ordenamento territorial, visando um uso mais racional e adequado dos recursos naturais. A este respeito este autor destaca que:

Os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas. Assim, a elaboração do Zoneamento Ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na

compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural, e do meio socioeconômico, visando buscar integração das diversas disciplinas científicas específicas, por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada. (ROSS, 1994, p. 64).

Para Szabó (2010 apud GOUDIE, 1993), as atividades antropogênicas diretas e indiretas levam a consequências claramente reconhecíveis. Em forma de impactos ao ambiente, e estas atividades antropogênicas podem causar as seguintes diferenças: Processos antrópicos diretos: formação de relevos deposicionais; Formação de relevos denudacionais; alterações hidrológicas e de cursos de rios. Processos antrópicos indiretos: aceleração da erosão e sedimentação; subsidência; ruptura de talude; entre outros.

São apresentados os principais processos antropogeomorfológicos que são discutidos neste trabalho, resultantes de ações mecânicas direcionadas por determinadas atividades econômicas, sendo os diretos direcionados por ações planejadas e controladas, enquanto os indiretos, são impactos negativos resultados de atividades antrópicas realizadas sem o devido monitoramento (Quadro 2).

Quadro 2 - Identificação de processos antrópicos diretos e indiretos

Processos Antrópicos Diretos	Processos Antrópicos Indiretos
<p><b>Construção:</b> revolvimento do solo, moldagem, aragem, terraceamento;</p> <p><b>Escavação:</b> cortes em encostas, mineração, explosão de material coerente ou não coerente, abertura de crateras;</p> <p><b>Interferência Hidrológica:</b> inundação, represamento, construção de canal, dragagem, modificação do canal, drenagem, proteção costeira.</p>	<p><b>Aceleração da Erosão e Sedimentação:</b> retirada de cobertura vegetal, atividade agrícola, obras de engenharia, especialmente construção de estradas e urbanização, modificações acidentais no regime hidrológico;</p> <p><b>Subsidência:</b> colapso relativo ao estabelecimento de atividades de mineração, bombeamento de água subterrânea e derretimento de áreas de <i>permafrost</i>;</p> <p><b>Colapso de Encosta:</b> deslizamento, fluxo e rastejamento acelerado causado pela carga de material;</p> <p><b>Geração de Tremores:</b> carga derivada de reservatório, lubrificação ao longo de planos de blocos.</p>

Fonte: Adaptado de Goudie (1993).

Neste contexto, a antropogeomorfologia busca analisar as consequências da degradação de espaços, paisagem numa determinada escala temporal e cartográfica, os processos que resultam na visível modificação do relevo, gerando consequências que podem ser a perda de solo quantitativamente ou qualitativamente relacionada ao fluxo de água, com concentração superficial e gerando sulcos e aprofunda-os, dando origem a ravinas e voçorocas.

Por diante, na linha do antropogeomorfológica, gerando características de terrenos tecnogênicos, tendo como fator potencializador a ação do homem, gerando a erosão acelerada, os terrenos tecnogênicos são classificados, segundo a classe, o tipo e a camada (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação dos terrenos tecnogênicos

<b>Classificação dos terrenos tecnogênicos</b>		
<b>Classe</b>	<b>Tipo</b>	<b>Camada / Feição</b>
Terreno tecnôgeno de agradação	- Terreno produzido; - Terreno preenchido; - Terreno remobilizado.	- Depósitos tecnogênicos construídos; - Depósitos tecnogênicos recobrimdo terreno escavado; - Depósitos tecnogênicos induzidos
Terreno tecnôgeno de degradação	- Terreno erodido; - Terreno escorregado; - Terreno escavado	- Depósitos tecnogênicos remobilizados; - Cicatrizes de erosão por processos induzidos; - Superfícies de escavação.
Terreno tecnôgeno modificado e misto	- Terreno sobreposto; - Terreno complexo	- Perfis tecnogênicos compostos e complexos.

Fonte: Adaptado de Peloggia (2014).

A partir desta classificação são associados os terrenos tecnogênicos com as formas antropogênicas mais pontuais de maior detalhe, podendo-se fazer relação com imagens e observações de campo, para as suas devidas análises. As nomenclaturas e classificações das formas nos terrenos tecnogênicos e dos processos morfogenéticos antropogênicos foram utilizadas segundo a metodologia proposta por Peloggia (2014).

Observa-se, assim, que a referência brasileira nessa temática sobre o tecnôgeno foi desenvolvida a partir dos estudos de Peloggia (1997; 1998; 1999; 2003; 2005), que vem desenvolvendo pesquisas aplicando a teoria do relevo tecnogênico. Para este autor, um dos aspectos mais significativos da ação do homem sobre a superfície da Terra é a modificação do relevo, e estuda os depósitos correlativos, na formação de novos depósitos sedimentares de origem antropogênica e formas antropogênicas.

A classificação de Peloggia (1998; 1999), propõe quatro tipos principais de depósitos tecnogênicos, com base na caracterização do material constituinte do depósito: materiais “úrbicos”, materiais “gárbicos”, materiais “espólicos”, e materiais “dragados” (Quadro 4).

Quadro 4 - Classificação síntese dos depósitos tecnogênicos

<b>Categorias dos depósitos</b>	<b>Características</b>
Material úrbico	Detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem;
Material gárbico	Materiais detriticos (lixo orgânico, doméstico);
Material espólico	Materiais terrosos escavados e redepositados por obras de terraplanagem;
Material dragado	Provenientes da dragagem de cursos d'água.

Fonte: Fanning e Fanning (1989); Peloggia (1999).

Peloggia (1999), continuando seu estudo, faz uma classificação também quanto à estrutura, que pode ser relacionada à organização interna do depósito tecnogênico, da seguinte forma: depósitos estratificados - quando apresentam estruturas sedimentares, resultantes de processos naturais ou artificiais; acamados, ou seja, com sobreposições horizontais, em células, como os aterros sanitários; depósitos maciços - quando não apresentam estrutura interna definida; e irregulares, quando apresentam arranjo interno aleatório.

Quanto à forma de ocorrência, propõe duas categorias: aluvioformes e coluvioformes, que são análogas às aluviões, (os depósitos de assoreamento) e aos colúvios (as coberturas remobilizadas), amplas superfícies recobertas por depósitos tecnogênicos pouco espessos, em geral antigas várzeas (PELOGGIA, 1999).

Quanto à composição, que corresponde às características dos materiais visualizados com fim de identificação, Fanning e Fanning (1989) descrevem os depósitos tecnogênicos urbanos, segundo França Junior (2020), conforme se observa (Quadro 5).

Quadro 5 - Classificação dos depósitos tecnogênicos urbanos, segundo sua composição

Tipos de depósitos	Características dos depósitos
Materiais úrbicos	Trata-se de detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, frequentemente em fragmentos, como tijolos, vidro, concreto, asfalto, pregos, plástico, metais diversos, pedra britada, cinzas e outros, provenientes, por exemplo, de detritos de demolição (entulhos).
Materiais gárbicos	São depósitos de material detrítico como lixo orgânico, de origem humana e que, apesar de conterem artefatos em quantidade muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas (lixo doméstico).
Materiais espólicos	Materiais terrosos escavados e redepositados por operações de terraplanagem em minas a céu aberto, rodovias ou outras obras civis. Depósitos de assoreamento, induzidos pela erosão acelerada. Seja como for, os materiais contêm pouquíssima quantidade de artefatos, sendo assim identificados pela expressão geomórfica “não natural” ou ainda por peculiaridades texturais e estruturais em seu perfil.
Materiais dragados	Materiais terrosos, provenientes da dragagem de cursos d’água e comumente depositados em diques em cotas topográficas superiores às da planície aluvial.

Fonte: Fanning e Fanning (1989), segundo França Junior (2020)

No Brasil, têm destaque outros estudos vinculados a antropogeomorfologia, citando-se como exemplos os realizados por Rodrigues (2005; 2007) e Silva (2005), na região metropolitana de São Paulo; por Fujimoto (2005; 2007) e Penteado (2006) também inserindo elementos da geomorfologia antropogênica em suas análises sobre alteração ambiental urbana na cidade de Porto Alegre.

A ênfase na análise antropogeomorfológica voltada para a interferência dos mecanismos de controle antrópico desvinculados da ótica da urbanização, apesar de significativa, é modestamente verificada na literatura. O desencadeamento e a evolução de processos morfohidrográficos antropogênicos também se encontram vinculados à construção de reservatórios, bem como à dinâmica de ocupação e uso das terras em áreas onde predominam atividades agropastoris, com espaços urbanos de pequeno e médio porte.

Nir (1983), pensando na cidade construída sobre um substrato com características geomorfológicas próprias, considerando a geomorfologia antropogênica em sítios urbanos é abordada em três etapas, considerando-as como estágios de perturbação: período pré-urbano; período de construção; e período urbano consolidado. Importante destacar que esses estágios de perturbação podem ocorrer no mesmo tempo, dependendo dos processos de urbanização.

A reflexão da antropogeomorfologia aproxima o fenômeno de construção da cidade aos estudos da geomorfologia e inaugura um campo de investigação sobre a interface entre o ambiente construído e o natural, em uma antropogeomorfologia urbana. E relacionando elementos antropogênicos e tecnogênicos, tanto Brown (1970) como Peloggia (2005; 2017) trazem uma configuração, associando a tabela de Goudie (1993), uma tabela com uma classificação de terrenos com efeitos tecnôgeno.

Para trabalhar o conceito de Antropoceno é necessário entender a influência humana nos processos geológicos e geomorfológicos, sendo que há muitos questionamentos se de fato pode ocorrer tal ação modeladora do homem nesses processos. No Brasil, vários autores produziram trabalhos na trilha da determinação de elementos estratigráficos que definem e ou possa marcar o novo tempo geológico, especialmente para classificação e estudos nas áreas urbanas (PELOGGIA, 1998).

As implicações das atividades geológicas e geomorfológicas feitas pela sociedade têm desenvolvido nos últimos anos novas propostas de desenvolvimento no campo científico-acadêmico, novos conceitos e áreas de investigação a serem respondidas, tais como o tecnôgeno e Quinário, o Antropoceno como sendo uma nova época geológica. Assim, da ação do antropoceno, surge o termo “antropogênico” que corresponde a um período histórico mais amplo, utilizando também o termo tecnôgeno, que faz referência à técnica, caracterizado pelo tempo histórico.

Ter-Sterpanian (1988) trata o período do Holoceno como o início do Tecnôgeno em função das grandes mudanças advindas da atividade humana. É por isso que o Holoceno deve ser considerado como a época de transição entre o Quaternário ou Pleistoceno ao Quinário ou Tecnôgeno. Baseado no que o autor diz, este período, denominado de Tecnôgeno, é marcado

pela transformação do homem em um agente geológico independente. Como resultado tem-se o surgimento de novos depósitos geológicos marcados pela tecnogênese humana, havendo estes depósitos possuem características distintivas claramente definidas (LUZ; MARÇAL, 2016).

Portanto, os depósitos tecnogênicos são diferenciados em origem (solos aráveis, resíduos urbanos e resíduos industriais, entre outros) e composição (terrígenos, químicos e orgânicos) e são produzidos por diferentes atividades humanas. São considerados como depósitos artificiais: tijolo, concreto, metais, plásticos, borracha, concreto asfáltico, vidro entre outros (PELOGGIA, 2014; LUZ; MARÇAL, 2016).

O relevo antropogênico também pode ser denominado de relevo tecnogênico. Para Peloggia *et al.*, (2014), são formas originadas direta ou indiretamente relacionadas à ação humana. Peloggia (1998) procurou discutir aspectos conceituais básicos para o estabelecimento do que denominou uma “teoria do relevo tecnogênico”, por constatar que a ação morfogenética humana, a “criação do relevo tecnogênico”, pode se dar de forma tanto direta quanto indireta, e que o homem é um fator de erosão e ou de deposição, podendo aumentar ou diminuir a intensidade das manifestações naturais, como processos de erosão e ou inundações (PELOGGIA, 1998).

O quadro 6 apresenta uma classificação, com base em Brown (1970) e Peloggia (2014), indicando a influência humana sobre os processos geomorfológicos que, de forma direta ou indireta, produz ou influencia os processos geomórficos.

Quadro 6 - Influência humana sobre os processos geomorfológicos

Ações humanas		Exemplos	
Instrumento direto de mudança	Ações intencionais	Formas negativas	Recortes de em estrada
		Formas positivas	
		Consequências incidentais	Construção de terrenos
Influência indireta	Modificação e desvio de processos geomorfológicos		Extração de areia e cascalho
			Movimento de massa induzido
			Erosão do solo

Fonte: Peloggia (2014). Adaptado de Brown (1970)

Peloggia (2019) coloca que os processos tecnogênicos de apropriação do relevo apresentam dois aspectos fundamentais em termos geocológicos. Assim, neste aspecto é associado ao desequilíbrio ambiental, chamado de resistasia antropogênica. Portanto, uma crise ambiental persistente por períodos históricos de grande duração.

## 2.4 Apropriação do relevo, urbanização e estados de perturbações

Quando se trata do termo ‘apropriação do relevo’, o nome lembrado é Valter Casseti, por sua publicação intitulada de ‘Ambiente e Apropriação do Relevo’, publicado em 1991, pois nesta obra chama a atenção para o significado do relevo como suporte das derivações socioambientais, causado pelas transformações resultantes da interferência do homem na natureza, em processos de usos e ocupações da terra.

Em se tratando da técnica, importante trazer o debate de Santos (2014), sendo constituída como a principal relação entre o homem e a natureza, uma vez que, constituída como um conjunto de meios instrumentais e sociais, é através dela que o homem realiza seu modo de vida e, ao mesmo tempo, produz espaço, sendo. A técnica é, assim, integrada ao meio como uma realidade unitária (SANTOS, 1996; 2014). Dessa forma, o processo e uso das técnicas sem um uso adequado ou planejado no âmbito sustentável, vem trazendo alterações aos ambientes naturais com a formação de paisagens modificadas e não mais naturais.

Para Felds (1957), o homem intervém no meio físico na qualidade de agente geomorfológico com o emprego de seus utensílios de trabalho (tecnologias). A participação da humanidade na modificação das formas da terra cresce na medida em que a técnica progride. A sociedade exerce impactos diretos nas feições do relevo ao executar grandes deslocamentos de massa, como, por exemplo, nas construções de habitações, exploração mineral, agricultura, infraestrutura urbana e outros (FELDS, 1957; CASSETI, 1991; 2001).

A apropriação do relevo pela sociedade evidencia a importância da Geomorfologia, ciência que estuda as formas de relevo e suas transformações ao longo do tempo. Também se torna fundamental para a compreensão dos processos e materiais na gênese do relevo e para a reprodução da sociedade e de suas atividades diversas na superfície terrestre, tais como a exploração de recursos naturais, assentamentos e ocupação urbana, processos erosivos, e outros (CASTRO; SILVA, 2014).

Na questão apropriação, vale ressaltar, com base em Casseti (1991), que trata das relações processuais morfogenéticos e morfodinâmicos através dessa apropriação e modificação da natureza pelo homem, havendo assim uma ruptura do equilíbrio. A sociedade, ao se apropriar e ocupar o relevo, passa a interferir diretamente nos processos morfodinâmicos presentes naquele determinado recorte espacial, mudando, assim, todo o comportamento de diferentes processos.

E ainda mais, a apropriação do relevo, segundo Casseti (1991, p. 86-87), é compreendida como:

[...] a forma pela qual acontece a apropriação ou transformação da vertente encontra-se subordinada ao conceito de propriedade, definida por determinada relação de produção. Portanto, é evidente que existem diferenças entre aquele que usa a natureza, onde se incorpora a vertente, como necessidade inata, e aquele que vê a natureza (vertente) como propriedade privada e, como tal, efeito útil, implicando uso espontâneo e conseqüentemente uma relação de predação.

Desta forma, o relevo torna-se produto do capital, uma mercadoria para ter valor (CASSETI, 1991). Este pensamento é desenvolvido a partir da produção do espaço urbano se apropriando da natureza, tendo, portanto, uma ligação ao pensamento de Santos (2014), que mostra a apropriação da primeira natureza realizada pela sociedade que a transforma, dá significado e função diferenciada a cada elemento natural, que passa a ser considerado como segunda natureza.

Dessa maneira, através dessa base teórica, que trouxe um auxílio na investigação das características naturais, da compreensão da dinâmica dos processos morfodinâmicos estudados nas bacias urbanas na cidade de Timon, para uma compreensão das modificações do relevo presente neste recorte espacial, com suas fragilidades, formas, vulnerabilidades, aspectos históricos, sociais e econômicos.

Permitindo a compreensão dos mesmos e o reconhecimento dos impactos ambientais oriundos da ocupação e apropriação do relevo em três recortes espaciais, usando como princípio, a delimitação de bacia hidrográfica, e aqui estudado, como sub-bacias no perímetro urbano de Timon, tais como as sub-bacias do riacho Açude, Bacuri, a porção centro-sul da cidade, e a sub-bacia do riacho Pedras ao norte. E suas características de estágios de modificação em suas formas ou estágio de perturbação, verificados como alterações da drenagem das bacias, extração mineral (argila e massará) e Aterros e depósitos antropogênicos em cada uma analisada.

### 3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A partir de uma revisão bibliográfica e fundamentada em trabalhos consolidados referentes à pesquisa geográfica e à geomorfologia, com destaque a abordagem antropogênica em autores como Nir (1983), que apresenta o homem como importante agente geomorfológico, Douglas (1983) que discute a importância de estudos geomorfológicos nas cidades e Szabó (2013) que classifica as principais subdivisões da geomorfologia antropogênica, e Fujimoto (2005) e Rodrigues (1997; 2005; 2010).

E no intuito de constituir uma análise geoambiental integrada com abordagem da geomorfologia antropogênica, com bases nos aspectos quali-quantitativos, a fim de fundamentar as evidências averiguadas, com realização de trabalhos de campo e gabinete, utilizando-se da cartografia geomorfológica e técnicas de geoprocessamento, para gerar mapas e representar as formas e feições identificadas em campo. Com análise temporal do processo histórico de ocupação, e a partir do recorte espacial em bacia hidrográfica, como elemento integrador para análise e investigação das formas modificadas no relevo urbano pelo homem.

Ao tomar como bases e ferramentas importantes para a interpretação dos processos geomorfológicos, iniciado pelo caráter empírico e observacional que se configuram sobre as morfologias em transformação, os trabalhos de Ross (1992); complementados com as contribuições de Peloggia (1997); Szabó (2012); Gouveia (2010); Simon (2010); Luz (2017); França Junior (2020). Como referenciais nacionais para a construção das ideias e interpretação dessas intervenções em escalas variadas. Além de Botelho (2011) que mostra a importância dos estudos hidrológicos em bacias urbanas. E Lima (2015; 2016) que contribui sobre a caracterização do relevo na Bacia do Parnaíba.

Por tanto, a partir de um arcabouço de referenciais teórico-metodológicos, representados na perspectiva da geomorfologia antropogênica com trabalhos desenvolvidos com bases na literatura internacional com expoentes, a exemplo de: Felds (1958); Brown (1971); Nir (1983); Goudie, (1997); Hooke (2000); Szabó et al (2010); Goudie e Viles (2010); e pesquisas no território nacional como: Rodrigues (2005); Fujimoto (2005); Peloggia (2005); Gouveia (2010); Simon (2010); Luz (2017); França Junior (2020); Silva et al (2021) e dentre outros, a pesquisa teve como percurso metodológico dedutivo e sistêmico, com processo de inter-relacionamento metodológico, e se fez constituir, na visão sistêmica, com as propostas de Ross (1992), que utilizou-se na identificação e mapeamento das formas de relevo, baseados no aspecto fisionômico, no seu significado morfogenético e nas influências estruturais e esculturais; E de Nir (1983), que propõe estudos de geomorfologia antropogênica, com

procedimentos de reconhecimento da morfologia original de fase pré-perturbação para a morfologia da fase de perturbação, com o desenvolvimento do espaço urbano. Sendo apoiados em uma abordagem histórica, social, demográfica e geomorfológica.

### 3.1 Caracterização da área de estudo

As sub-bacias hidrográficas de estudo desta dissertação estão localizadas no perímetro urbano de Timon, sendo que a bacia do riacho das Pedras é na região norte (bairro São Francisco), e as bacias dos riachos Açude e Bacuri, estando na porção centro sul da cidade (entre os bairros Cidade Nova, Pedro Patrício, Parque Aliança, São Marcos, Parque Alvorada e Mateuzinho). O município, pertence ao Estado do Maranhão, localizado a leste desse estado, pertencente, em predominância na bacia do Rio Parnaíba, localizado entre as coordenadas geográficas 05°6'44.60"S e 42°49'25.55"O. A área municipal é de 1.764,612 km<sup>2</sup>, com uma população de 170.222 mil habitantes estimada para o ano de 2020 (IBGE, 2021).

Vale ressaltar que Timon está inserida é uma das três Regiões Integradas de Desenvolvimento Econômico (RIDE) da grande Teresina, composta por mais de um município oriundo de diferentes unidades federativas. A RIDE Grande Teresina foi criada pela Lei Complementar 11, de 19/09/2001 e pelo Decreto 4.367, de 09/09/2001. No mais, o município de Timon, está inserido na Mesorregião Leste Maranhense, à 425 km da capital São Luís. E estando na região intermediária de Caxias e sede da região imediata (IBGE, 2021).

Estas sub-bacias estão inseridas no perímetro urbano de Timon, nos seguintes bairros da cidade (Quadro 7).

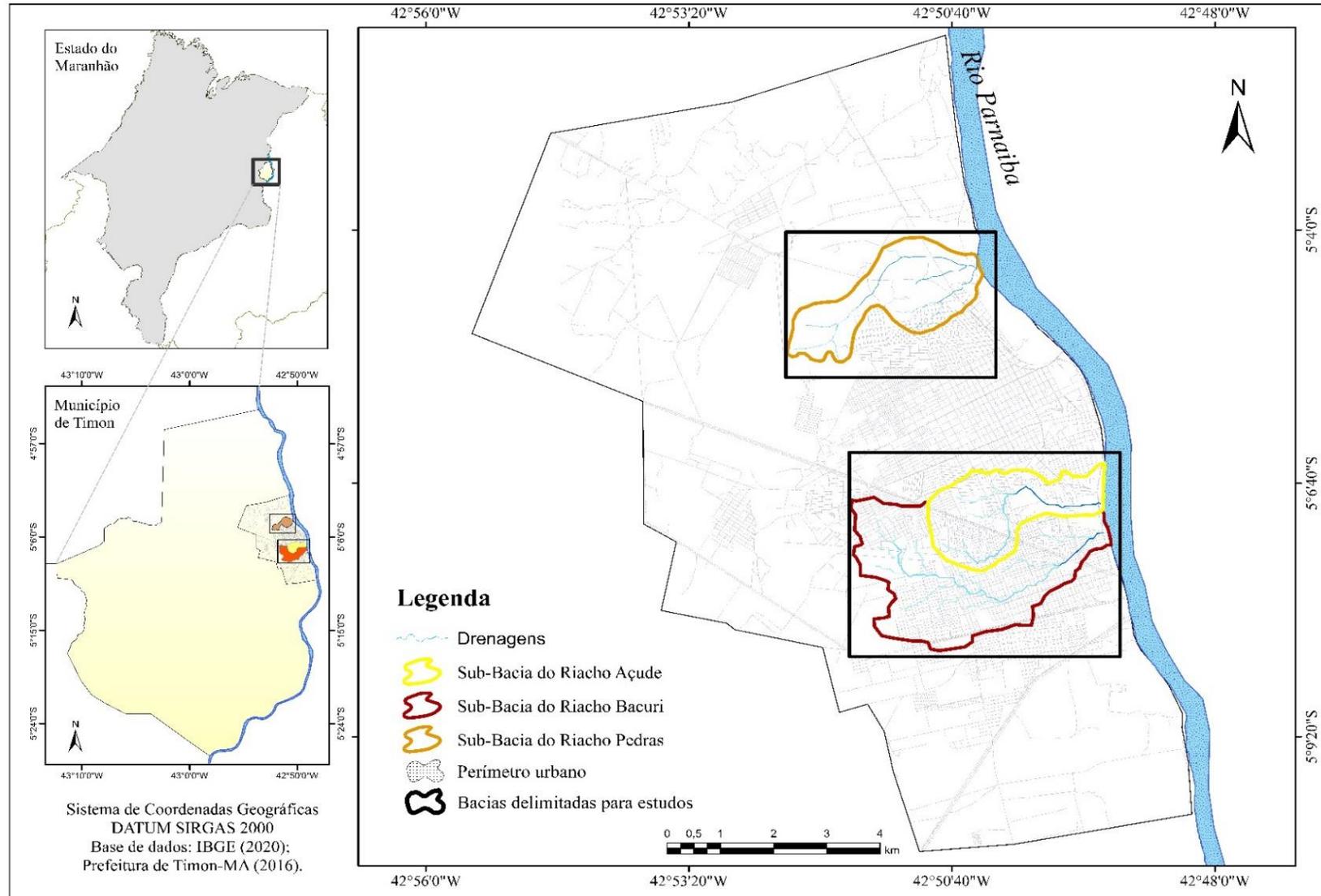
Quadro 7 - Bairros onde as sub-bacias estão localizadas

Sub-bacias	Bairros
Sub-bacia do riacho Açude	Cidade Nova; Formosa; Mateuzinho; Planalto Formosa; Pedro Patrício; Parque Aliança; São Marcos
Sub-bacia do riacho Bacuri	Cajueiro; Cidade Nova; Mateuzinho; Multirão; Vila Bandeirante; Parque Alvorada
Sub-bacia do riacho Pedras	Boa Vista; Boa Esperança; Cidade Industrial Norte; Marimar; São Francisco I / II

Fonte: Rafael José Marques (2021)

O recorte espacial de estudo está inserido nas sub-bacias hidrográficas dos riachos Açude, Bacuri e Pedras por melhor representar e trabalhar as implicações dos efeitos da ação do homem sobre o relevo, com mudanças das formas naturais, tanto a morfologia da superfície, e sobre os canais dessas bacias, para formas não mais naturais, trazendo a geomorfologia antropogênica para compreender e mapear essas novas formas (Figura 3).

Figura 3 - Localização da área de estudo, em Timon, Estado do Maranhão



Base de dados: IBGE (2020). Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021)

Para uma representação dos elementos geoambientais, e para a área de estudo, o mapeamento de padrões de relevo, conjugado com a avaliação das litologias, hidrografia, formações superficiais, solos e uso ocupação, representa um valioso instrumento de análise integrada do meio físico e para o entendimento desta pesquisa.

### 3.1.1 A Base Geológica

O município de Timon, está localizado na Província sedimentar do Parnaíba, na qual encontram-se também outras áreas dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia, Tocantins e Pará (LINS, 1978; CPRM, 2003). Em sua evolução passou por compartimentações com gêneses, estilos tectônicos, preenchimento sedimentar e idades distintas, ou seja, em um ciclo de deposição separados por discordâncias (CPRM, 2003).

Lima (2013, apud CUNHA, 1986; GÓES, 1995; OLIVEIRA, 2008), destaca que a Província Parnaíba se formou entre o escudo Amazônico, a oeste, relacionada à abertura do Atlântico Equatorial; limitando-se a nordeste e a leste com a Província Borborema, e a sudeste e sul com a Província de São Francisco, sendo subdivida em três grandes unidades, Bacia do Parnaíba propriamente dita, Bacia das Alpercatas e Bacia do Grajaú (Figura 4).

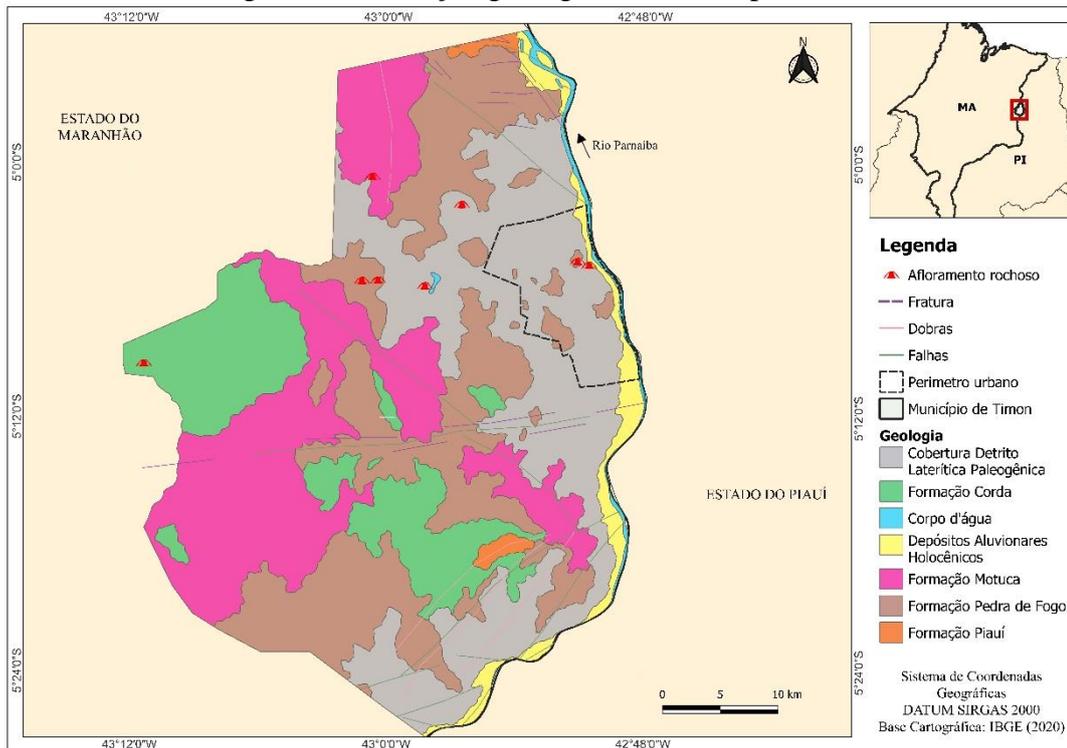
Figura 4 - Unidades geotectônicas da Província Parnaíba



Fonte: modificado de Góes, (1995) CPRM (2003)

Na área do município de Timon, o pacote sedimentar está representado através das formações Piauí, datada do período Carbonífero, Pedra de Fogo e Motuca datados do Permiano. O Grupo Mearim encontra-se representado pela formação Corda datada do Jurássico, segundo CPRM (2011). A distribuição espacial do afloramento destas formações geológicas no município de Timon e da área de estudo, encontra-se na seguir, (Figura 5), com sua composição litológica e datação identificadas no Quadro 8.

Figura 5 - Formação geológica do município de Timon-MA



Fonte: IBGE (2020). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021)

Os materiais da formação Pedra de Fogo, têm grande aproveitamento econômico local, sendo largamente empregadas na construção civil. O barro, areia, massará e seixos, são algumas das ocorrências minerais não metálicos identificadas para a construção civil.

Quadro 8 - Formações geológicas aflorantes no município de cidade de Timon, Maranhão

Unidades Geológicas			
Eras	Cronoestratigrafia	Litoestratigrafia	Descrição
Mesozóico	Jurássico	Formação Corda	Arenitos creme a amarronzados, finos a grosseiros até conglomeráticos, com intercalações de argilitos, siltitos e folhelhos, além de raros níveis de sílex.
	Permiano	Formação Motuca	Arenitos avermelhados, finos a médios, argilosos, com intercalações de siltitos

Paleozóico			argilosos e folhelhos avermelhados, além de leitos de calcários duros, intercalados.
	Permiano	Formação Pedra de Fogo	Arenitos róseos a avermelhados, finos a médios, argilosos, com siltitos e folhelhos vermelhos e violáceos, com níveis de calcários e silexito e faixas oolíticas.
	Carbonífero	Formação Piauí	Arenitos róseos a esbranquiçados, médios, com estratificação cruzada planar de grande parte com estrutura de corte e preenchimento, além de siltitos argilosos.

Fonte: IMESC (2008); CPRM (2011); Cardoso (2012). Organização: Rafael José Marques (2021)

As características das formações e rochas que afloram na área de estudo refletem o interesse na mineração, mas também seus comportamentos geomorfológicos em relação aos agentes do intemperismo e erosão são atingidos, provocando visível modificação das formas naturais de relevos, gerando um relevo antropogênico. Como exemplo, se observam feições residuais do relevo, destacando a litoestratigrafia da formação Pedra de Foto, na área de estudo, na sub-bacia do riacho Bacuri (Figura 6).

Figura 6 - Forma antrópica, morro testemunho na formação Pedra de Fogo



Fonte: Pesquisa de campo. Organização: Rafael José Marques (2021)

Destaque-se que a Formação Pedra de Fogo é tipicamente constituída por uma alternância de silexitos, arenitos e siltitos, que afloram com frequência nos topos dos baixos planaltos e nas encostas mais escarpadas do relevo local (CORREA FILHO, 1997).

Esta formação geológica é predominante no território timonense, tendo suas rochas e minerais grande aproveitamento econômico na construção civil, com a extração dos seguintes materiais: barro, areias (fina a grossa), massarál e seixos.

### 3.1.2 Compartimentação e unidades de relevo

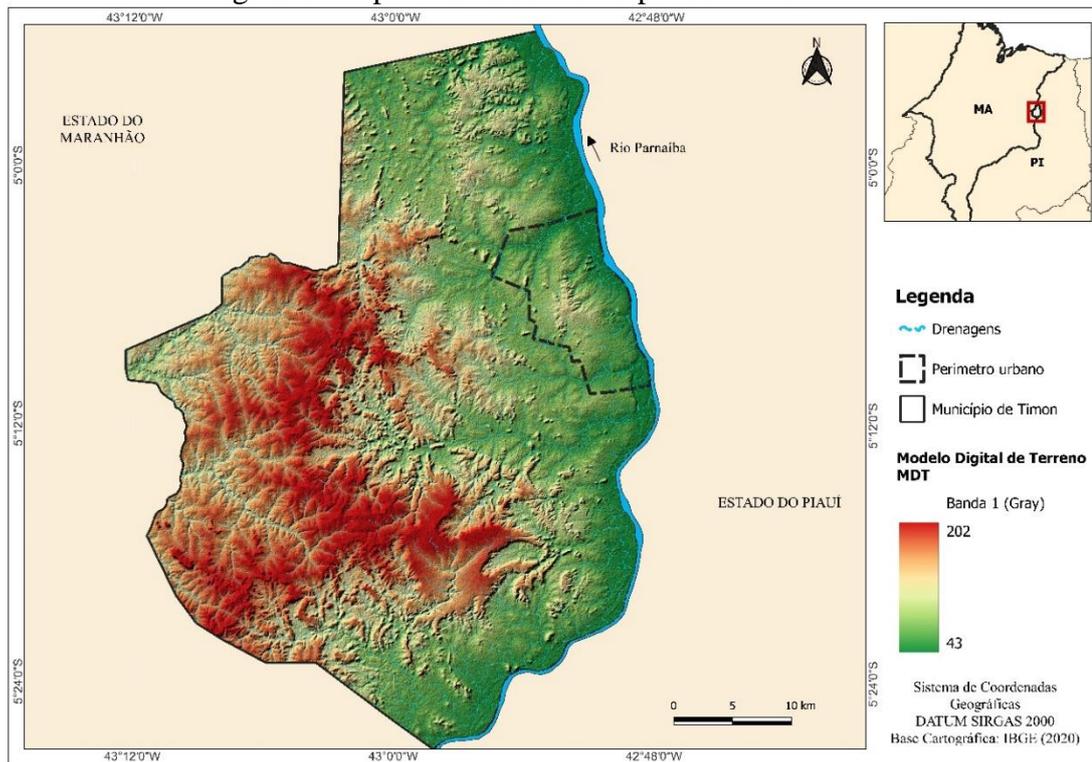
As informações adquiridas acerca das unidades de relevo são com base na bibliográfica e do IBGE (2021), possuindo um mapeamento em escala regional para a geologia,

geomorfologia, pedologia e vegetação. Também com dados de campo, e aquisição e interpretação de dados em mapas temáticos, sendo possível elaborar a delimitação das unidades geomorfológicas do município (Figura 7).

Em função de suas características geográficas e geológicas, Timon, pertence à Província Parnaíba que abrigará em sua superfície formas tabulares e subtabulares, feições típicas e dominantes em bacias sedimentares (CPRM, 2011). Com predominância de rochas sedimentares areníticas que apresentam planos de estratificações, e que sofre forte ação do intemperismo se, por erosão mecânica, e por desgaste climático.

Desta forma, as vertentes resultantes desse processo, sofrem degradação e dissecação sem perder a verticalidade, dando origem a relevos com nitidez de formas, apresentando planaltos tabulares e subtabulares. Neste ambiente, a densidade de drenagem atua como fraca, com percolação e infiltração rápida (LACERDA; ALVARENGA, 2000 apud CARDOSO, 2013).

Figura 7 - Hipsometria do município de Timon-MA



Fonte: MDE Alos Palsar; IBGE (2020). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021)

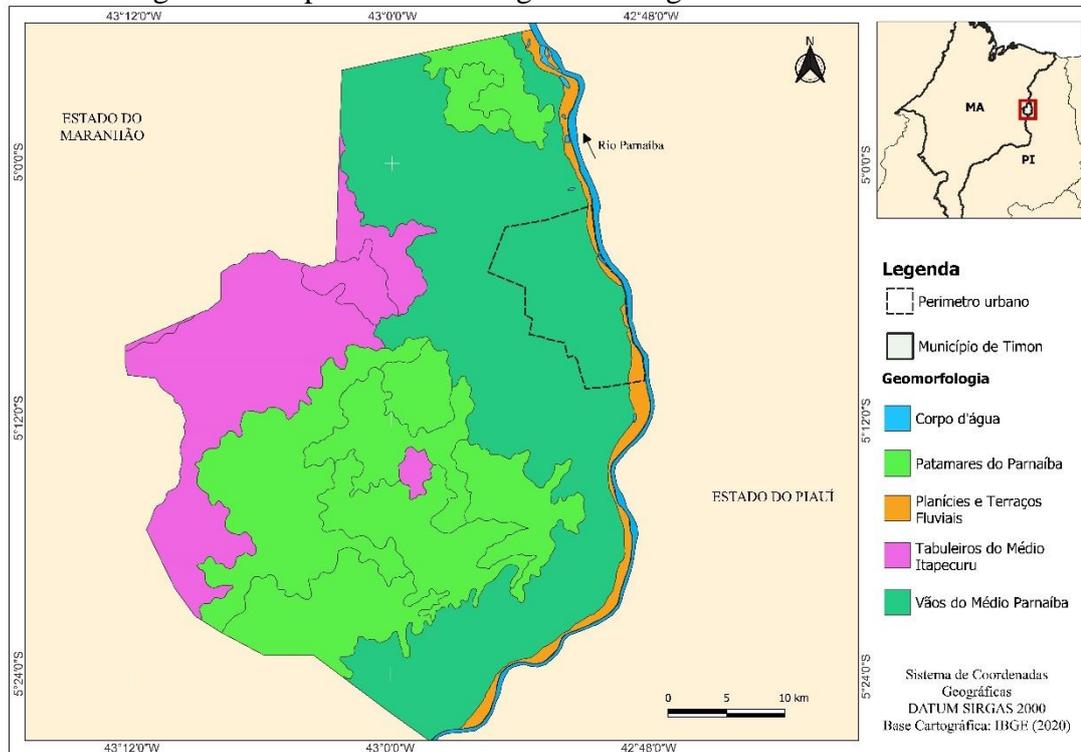
Com as informações adquiridas e realizada análise bibliográfica, de campo, e aquisição e interpretação de dados geoespaciais através dos mapas temáticos, foi possível delimitar quatro unidades geomorfológicas para a área de estudo. As de unidades de relevo são inerentes a esse mapa, essas unidades com suas respectivas descrições e características.

Cardoso (2013), descreve que em função de suas particularidades físicas, a Província Parnaíba abrigará em sua superfície formas tabulares e subtabulares, feições típicas em bacias sedimentares (CPRM, 2011); (CARDOSO, 2013). Várias formas, como as vertentes são resultantes do intemperismo e dissecação, dando origem a relevos de formas claras, apresentando planaltos tabulares e subtabulares, segundo Lacerda e Alvarenga (2000).

Na área de influência do município de Timon as rochas sedimentares apresentam relevo plano a suave ondulado, elevado grau de homogeneidade, com continuidade horizontal e vertical consistente, ausência de deformações compressivas, falhas e fraturas distribuídas de modo pouco evidente ou de baixa densidade. Assim, representando corpos com alta estabilidade natural, sem identificação e registros significantes de fatores naturais promotores de movimentos de dispersão de massa de corpos rochosos, exceto algumas rampas do relevo (SUZANO, 2010).

No mapa de geomorfologia buscou-se representar até o terceiro nível taxonômico do relevo no município de Timon, definidas como um arranjo de formas altimétrica e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. As camadas sedimentares, de modo geral, se apresentam quase horizontais, com declives suaves, resultantes de processos e mecanismos morfogenéticos (Figura 8).

Figura 8 - Mapa das unidades geomorfológicas de Timon-MA



Fonte: IBGE (2020). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021)

Para uma validação do mapeamento geomorfológico apresentando anteriormente, foi elaborado um quadro sistemático (Quadro 9) de demonstração das informações trazidas pelo mapa da figura anterior, com as unidades de relevo presentes do município.

Quadro 9 - Unidades geomorfológicas identificadas no município de Timon, Maranhão

Domínios morfoestruturais	Unidades geomorfológicas
Depósitos Sedimentares Quaternários	- Terraço e Planície fluvial com modelado de acumulação.
Bacias de Coberturas Sedimentares Fanerozóicas	- Patamares do Parnaíba com modelado de dissecação homogênea, forma convexa. Com aprofundamento das incisões - médio. E densidade de drenagem - grosseira.
	- Patamares do Parnaíba, com modelado de dissecação homogênea tabular. Com aprofundamento das incisões - muito fraco. E densidade de drenagem - grosseira.
	- Tabuleiros do Médio Itapecuru com modelado de dissecação homogênea tabular. Com aprofundamento das incisões - muito fraco. E densidade de drenagem - muito grosseira.
	- Tabuleiros do Médio Itapecuru, com dissecação homogênea tabular. Com aprofundamento das incisões - fraco. E densidade de drenagem - grosseira.
	- Vãos do Médio Parnaíba, com modelado de dissecação homogênea tabular. Com aprofundamento das incisões - muito fraco. E densidade de drenagem - grosseira.
	- Vãos do Médio Parnaíba com modelado de aplanamento.

Fonte: IBGE, 2011, adaptado, 2021.

As unidades de relevo identificadas, são de base no domínio morfoestrutural de depósitos sedimentares quaternários e bacias de coberturas sedimentares fanerozóicas, assim as unidades se dividem-se em: - planícies e terraços fluviais: Incluindo várzeas e terraços aluviais elaborados em depósitos sedimentares holocênicos (IBGE, 2009).

As planícies citadas podem ter o aspecto de veredas com bordas arenosas e substrato turfoso, assinaladas por renque arbustivo incluindo palmeiras. Esses modelados de acumulação muitas vezes coalescem com as rampas coluviais que suavizam as encostas dos tabuleiros e modelados de dissecação ou os planos pedimentados componentes do piso das depressões interplanálticas (IBGE, 2009).

A identificação das planícies e terraços apresenta evidências de ajustes à neotectônica e é acelerada por processos de evolução de meandro. Na Região Geomorfológica apresentando formas agradacionais atuais e subatuais interioranas. E morfogênese mecânica e sem padrão de drenagem. Sobre os patamares do Parnaíba, classificado no mapa, correspondem a baixos relevos dissecados e restos de chapadas posicionados ao longo do baixo-médio curso do rio Parnaíba, entre os Estados do Maranhão e Piauí. A atuação de fatores tectônicos resulta em ocasionais modelados de dissecação estrutural.

Processos erosivos mais intensos deram origem a formas ravinadas, ocorrendo trechos deprimidos de convergência de rampas colúvias. Todos esses relevos foram esculpido em arenitos, siltitos e folhelhos permianos da Formação Pedra de Fogo e em arenitos cretácicos da Formação Itapecuru; depósitos detritolateríticos pouco consolidados do Grupo Barreiras ocorrem na área do baixo Parnaíba.

Frequentemente esses relevos exibem uma camada laterizada, coberta por areias avermelhadas que são facilmente perceptíveis nos cortes de estrada. Esta camada laterizada aparece também na superfície dos pediplanos retocados inumados, situados no mesmo nível altimétrico dos relevos dissecados. É nessa faixa mais dissecada que as planícies fluviais assumem extensões suficientes para serem registradas na escala deste mapeamento.

Nos tabuleiros do médio itapecuru: pertencente a região geomorfológica do baixo planalto e tabuleiros do Médio Rio Itapecuru, com morfogênese mecânica e química e padrão de drenagem sub-dendrítico. Constituem um conjunto de modelados de dissecção de topos amplos predominantemente tabulares, ocorrendo também feições de topos convexos.

Em trechos localizados, processos erosivos intensificados resultaram em conjuntos de ravinas. Feições aplanadas mais elevadas destacam-se como residuais; em setores rebaixados, há setores de aplanamento retocado. No conjunto, esses relevos foram elaborados em arenitos cretácicos da Formação Itapecuru. Predomina cobertura areno-argilosa, por vezes concrecionária, que gerou Latossolos Amarelos (MARANHÃO, 2011).

Sobre os denominados vãos do médio Parnaíba: Conjunto de modelados planos retocados e levemente dissecados, contíguos aos Patamares do Parnaíba, posicionados ao longo do médio curso do rio Parnaíba, entre os estados do Maranhão e Piauí.

Predominam relevos planos, nivelados e um conjunto de modelados planos retocados e levemente dissecados, posicionados ao longo do médio curso do rio Parnaíba, entre os Estados do Maranhão e Piauí. Predominam relevos planos, nivelados por processos de pediplanação (IBGE, 2009; MARANHÃO, 2011).

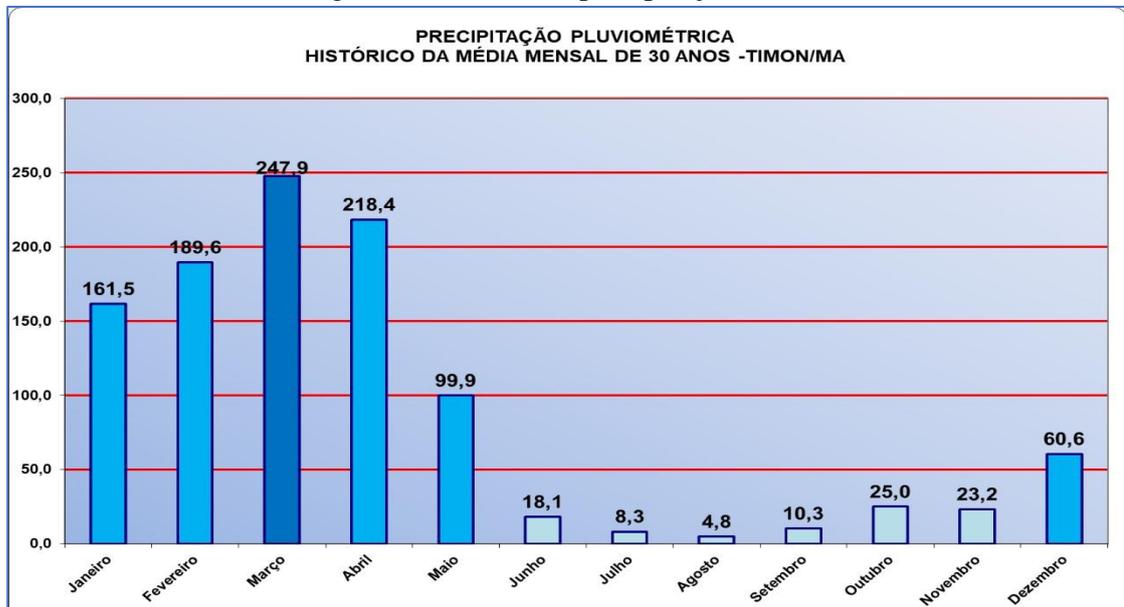
A presença de processos de pediplanação atuando no local do estudo que resultaram no nivelamento da topografia presente. A instalação da rede de drenagem atual que potencialmente favoreceu o surgimento do atual relevo dissecado em interflúvios tabulares e colinas observadas ao longo dos vales, vistos e identificados na coleta em campo.

### 3.1.3 Aspectos do clima

Com base no Relatório Diagnóstico da CPRM (2011) do município de Timon possui o clima tropical quente e semiúmido (Aw), com sucessão de chuvas durante o verão chuvoso, cujas precipitações alcançam volumes superior a 1.250 mm/ano e possuindo o inverno seco.

O Climograma mais recente de Timon evidencia o comportamento climático para o município, num recorte temporal de 30 (trinta) anos (Figura 9). Desta forma, o regime pluviométrico de Timon se caracteriza pelos períodos chuvosos de verão/outono (dezembro a maio) e seco de inverno/primavera (junho a novembro), com volumes médios anuais registrados de precipitação de 1.235,5 mm anuais, no período de 1991 a 2020.

Figura 9 - Médias de precipitação mensal

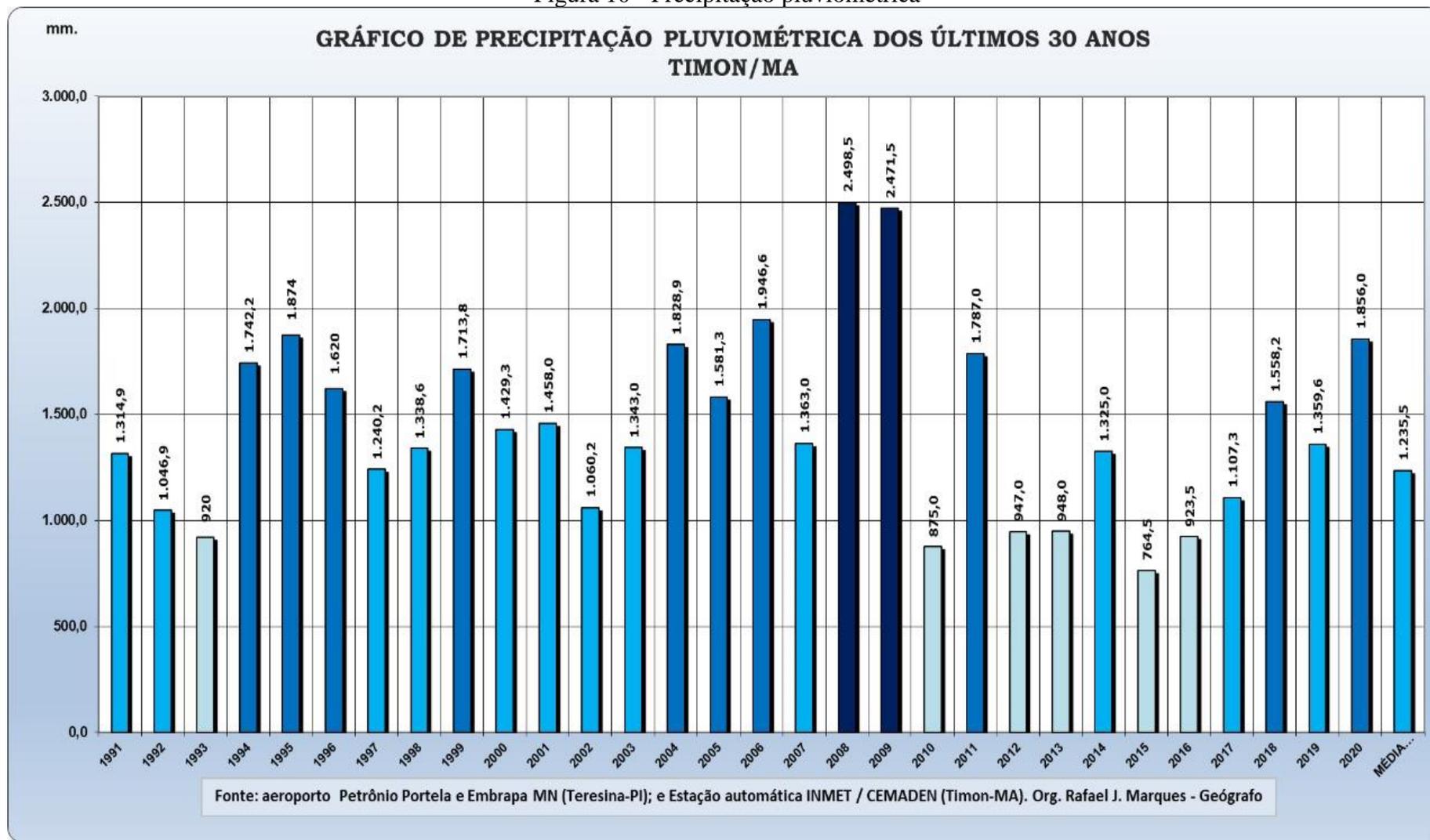


Base de dados: INMET e CEMADEN, 2021. Organização: Rafael José Marques (2021)

Como se observa, os meses mais chuvosos são os meses de dezembro a maio. Dentre esses meses, o mais chuvoso é março, chovendo 247 mm. O período mais seco (junho a novembro) apresentando estiagem e temperaturas mais elevadas.

Tendo em vista que as chuvas influenciam muito no modelado do relevo das áreas urbanas, principalmente através dos processos de intemperismo, de escoamentos difuso e concentrado e, ainda, pelas interferências humanas, como impermeabilizações e demais alterações resultantes da ocupação e uso, torna-se necessária a observação do comportamento dessas precipitações pluviométricas associadas aos seus efeitos na cidade de Timon, Maranhão (Figura 10).

Figura 10 - Precipitação pluviométrica

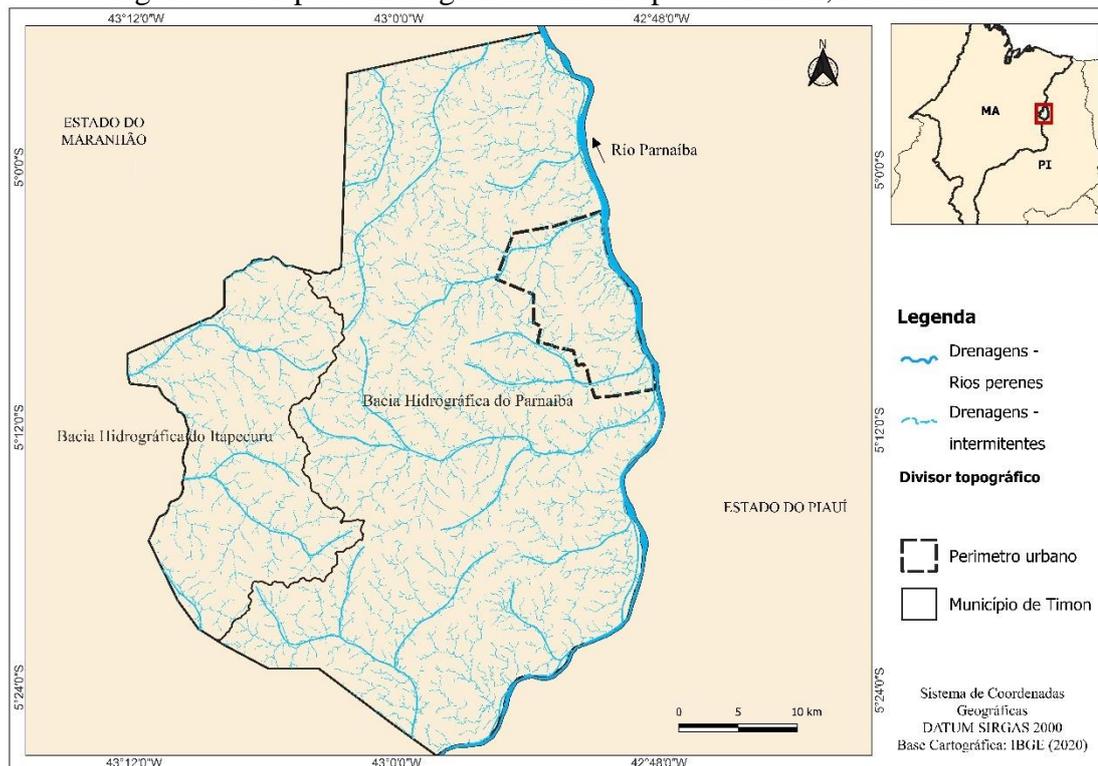


Fonte: Aeroporto Petrônio Portela (Teresina-PI); CEMADEN. Organização: Rafael José Marques (2021)

### 3.1.4 A hidrografia

A cidade de Timon encontra-se na margem esquerda do rio Parnaíba, rio de grande importância, estando entre os estados do Piauí e Maranhão. Nesta área de estudo observa-se que a maioria dos riachos locais são afluentes deste grande rio, formando lagoas fluviais nas proximidades e no interior do núcleo urbano (Figura 11).

Figura 11- Mapa de hidrografia do município de Timon, Maranhão



Fonte: ANA/IBGE, (2019). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

Como se observa, o município apresenta uma grande faixa de interflúvios, separando as duas bacias hidrográficas, Parnaíba e Itapecuru, as quais apresentam áreas de 1.443,91 Km<sup>2</sup> e 320,7 km<sup>2</sup>, respectivamente (TIMON, 2014).

O município de Timon, Maranhão, possui em seu território duas grandes relevantes bacias hidrográficas, do Rio Parnaíba e do Rio Itapecuru, que para este último convergem vários pequenos afluentes nesta área, tornando-se, assim, componente de parte de duas ricas redes fluviais.

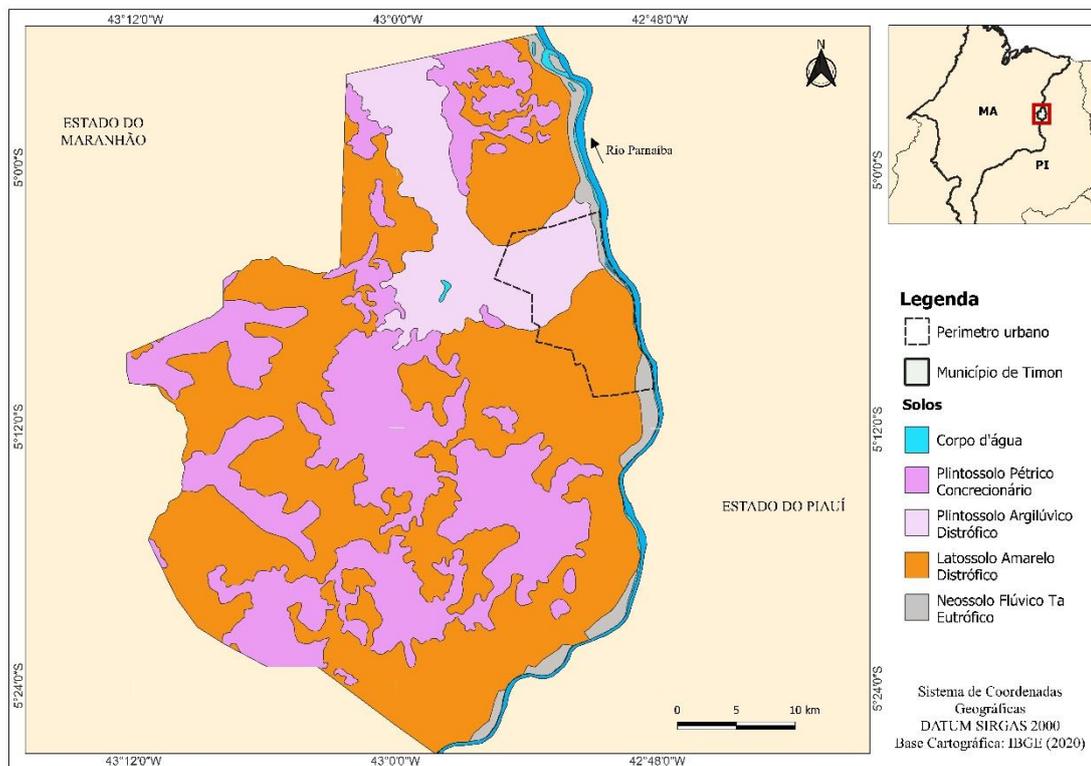
Nas bacias mapeadas na figura anterior, verifica-se a necessidade e importância ecológica nos processos hidrológicos, uma vez que a bacia hidrográfica é definida na legislação brasileira como uma unidade de planejamento e deve ser gerenciada para programas de políticas públicas, onde se inclui educação ambiental. Através da identificação do interflúvio entre as

bacias do Rio Parnaíba e do Rio Itapecuru, aos polígonos que representam as formações das microbacias, por processamento de um modelo digital de terreno.

### 3.1.5 Tipos de solos e da cobertura vegetal

Com base na classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, os solos do município de Timon, são classificados até ao 3º Nível Categórico e as principais classes mapeadas encontradas neste município foram mapeadas (Figura 12) os seguintes tipos de solos: Plintossolo, Latossolo Amarelo Distrófico; Argissolo, Neossolo Litólico Eutrófico; Neossolo Quetzarênico (EMBRAPA, 2008).

Figura 12 - Classes de Solos do município de Timon-MA



Fonte: Embrapa, (2008); Organização e Geoprocessamento: Rafael Marques (2021).

Os solos identificados foram classificados pelas normas estabelecidas no sistema brasileiro de classificação de solos e as principais classes mapeadas foram as apresentadas no mapa da figura acima. Porém, de acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Cerrado no Estado do Maranhão-MA (ZEE Cerrado - MA, 2020 e 2021) através de pesquisas de campo executadas, com perfis e amostras de solos, Timon também possui as seguintes

classes de solo do tipo chernossolo rênzico, luvisolo crômico, latossolo vermelho, argissolo vermelho amarelo, cambissolo háplico e gleissolo háplico.

O Estado do Maranhão possui um conjunto vegetacional singular independente, consistindo em uma zona de transição por influência do domínio amazônico, cerrado e do semiárido nordestino, conhecida como Meio-Norte. As condições edafoclimáticas favorecem a predominância dos ecossistemas de babaquais, e dos biomas da caatinga e cerrado, este último cobrindo cerca de 40 % de todo o território (IMESC, 2008). Estando Timon, com sua predominância do bioma cerrado.

Destaque-se que o município de Timon está inserido na região dos Cocais que se caracteriza por uma sub-região e de zona de ecótono de transição de biomas denominada de Mata de Cocais (palmáceas do tipo babaçu, carnaúba, buriti, e outras espécies) e está inserida entre os biomas do cerrado, caatinga e amazônico.

O território de Timon é composto 22% pelo bioma Caatinga e 78% pelo bioma Cerrado. No uso dessa área se destaca a criação de gado bovino, cultivo de arroz, cana-de-açúcar e soja, esta última decorrente da implantação de projetos agroindustriais. Além dessas atividades, se destaca também o extrativismo vegetal, o qual possui elevado valor de produção, especialmente para a coleta do babaçu (MARANHÃO, 2018).

### **3.2 Procedimentos técnico-operacionais**

A orientação dos procedimentos metodológicos dessa pesquisa teve como base os princípios da Teoria Geral dos Sistemas aplicados à ciência geográfica, mais especificamente à geomorfologia e a abordagem antropogênica cujo compreende as interferências do homem enquanto agente transformador do relevo (NIR, 1983; RODRIGUES, 2005). Dessa forma, a primeira fase da pesquisa se desenvolveu com coleta de dados em livros, teses e dissertações e artigos acerca da geomorfologia antropogênica, já no segundo semestre de 2020. E posterior observações pela cidade de Timon, para possíveis análises.

No decorrer do primeiro semestre de 2021, mais visitas pontuais aos locais e elaboração de resenhas e registros fotográficos, e apresentação na qualificação e no decorrer de 2021, com reformulações e acréscimos de informações, mapeamento e procedimentos operacionais para a justa defesa final da pesquisa.

O recorte espacial é direcionado para três sub-bacias urbanas, Açude, Bacuri e Pedras como importante unidade escalar de análise ambiental, a partir da correlação de estudo numa visão integradora, com o elemento antrópico como transformador, num ambiente que sofre por

constantes mudanças e dinâmicas do espaço, por avanço da urbanização, extração de matérias de base para a construção civil usados no crescimento imobiliário e ignorando as drenagens da área urbana. As três sub-bacias hidrográficas localizadas na área urbana apresentam visíveis alterações no relevo e na drenagem, justificando, assim, o uso da abordagem sistêmica e buscando identificar os níveis de perturbação nesses ambientes hidrogeomorfológicos.

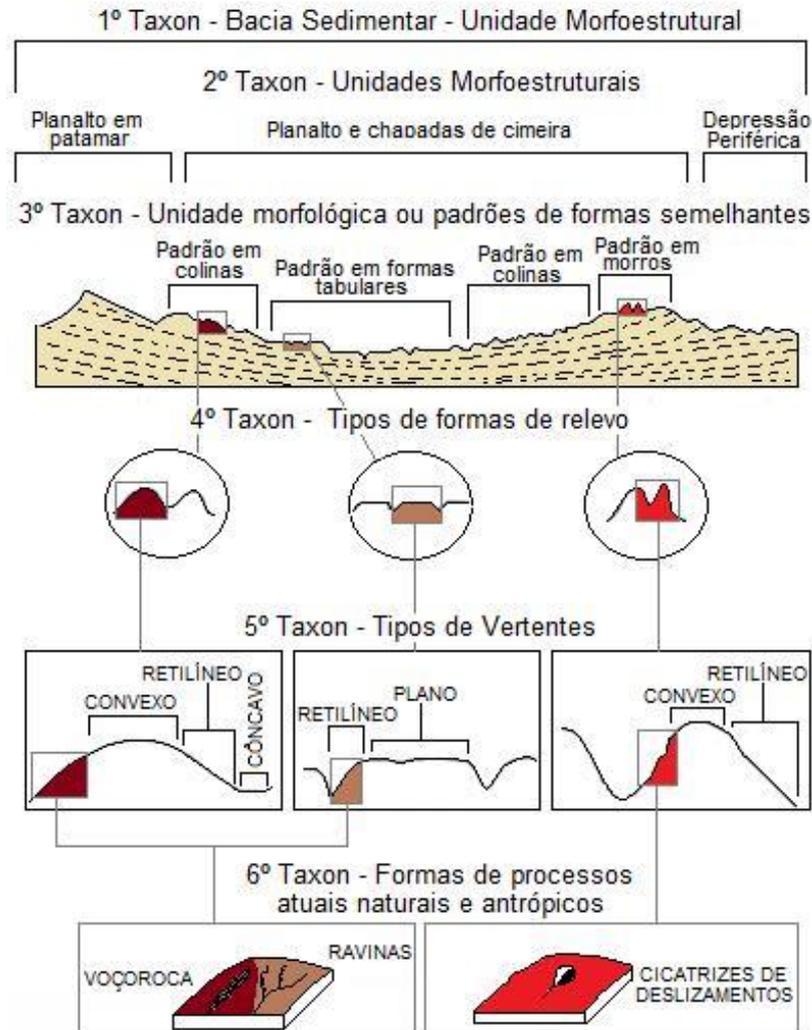
Para uma melhor compreensão, utilizou-se, para identificação das formas atuais, a classificação de relevo proposta por Ross (1992), que contribuiu com uma classificação do relevo em 6 níveis e explica que um relevo é sempre sustentado por uma base (morfoestrutura), que ao longo do tempo geológico vem sofrendo com a ação das forças endógenas e exógenas que justificam ao relevo sua forma (morfoescultura). Silva *et al.*, (2017), destaca nessa classificação que, todo o relevo, tem uma condição escultural que é decorrente da ação do tipo climático pretérito e atual, denominado de táxons, como apresentado a adiante.

O primeiro 1º táxon corresponde à identificação de macroestruturas definidas como Unidades Morfoestruturais, como por exemplo, as estruturas das grandes unidades sedimentares. No 2º táxon é definido por Unidades Morfoesculturais que são estruturas menores espacialmente, compartimentadas em diferentes topografias sob a ação climática dão características comuns às feições superficiais, como por exemplo, os Chapadões do Sul da Bacia hidrográfica do rio Parnaíba. No 3º táxon encontram-se as Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes, seguindo a lógica de detalhamento do relevo, que permitem análises em escala regional e correspondem ao agrupamento de formas de agradação e formas de denudação, relevos de acumulação e dissecação respectivamente. No 4º e 5º táxons, as análises do relevo devem ser feitas em escalas médias e grandes, pois o nível de detalhamento requer observações precisas e individualizadas, e são conhecidos como Tipos de Formas de Relevo.

Por fim, o 6º táxon que corresponde as Formas de Processos Atuais e são analisadas em escala cartográfica grande e leva em consideração a interpretação e o entendimento dos processos desde sua gênese até o estágio atual como, por exemplo, os processos erosivos, tantos naturais como acelerados pelo homem, planícies de inundação fluviais de áreas de materiais para aterros, acúmulo de lixo e rejeitos (depósito tecnôgeno).

E mais, Ross (1992), classifica o relevo, de acordo com o grau de detalhamento morfológico ou denominado de táxons, sendo as formas que classificadas de acordo com os seus níveis em escalas, de verticalização e horizontalidade do relevo (Figura 13).

Figura 13 - Unidades taxonômicas do relevo, proposta por Jurandy Ross (1992)



Fonte: Adaptado de Barbosa e Furrier (2015). *Apud* Ross (1992).

Esta proposta de taxonômica do relevo de Ross (1992), tem base no aspecto fisiográfico das formas e tamanhos de relevo, fundamentado na gênese, tendo em vista as esculturais e o modelado, portanto uma análise da superfície terrestre de forma sistêmica.

E para complementação metodológica, os procedimentos para o desenvolvimento da pesquisa, também se baseou em Rodrigues (1997; 2005; 2010) que se utiliza de princípios básicos, elencados pela mesma, para a avaliação e dimensionamento dos efeitos da atividade antrópica. Desse modo, levando em consideração a escala temporal e cartográfica e características geomorfológicas a qual se insere este estudo, com as seguintes proposições:

- Revisão bibliográfica para caracterização do meio físico (geologia, geomorfologia, solos, clima), vegetação e dos conceitos que serviram para construir a metodologia da pesquisa (Geografia, Antropoceno, Geomorfologia Antrópica e Estados de Perturbação Urbana no meio);

- Utilização e produção de material cartográfico através de reconstituição geomorfológica caracterizando estágios de perturbação urbana, uso da terra, com técnicas de Sensoriamento Remoto numa escala temporal;
- Análise das interferências humanas como interferências de natureza geomorfológica (cartografia evolutiva e indicadores de mudanças observados em campo).
- Avaliação das mudanças nos sistemas físicos em função da urbanização a partir de indicadores morfológicos (erosões, áreas de empréstimo de material, e depósitos tecnogênicos).

E para associar as estruturas e os estudos geossistêmicos aos estudos geomorfológicos e geológicos aplicados em áreas urbanas, continuou-se com o a proposta de Rodrigues (1997; 2005, 2010) para o reconhecimento das alterações antrópicas no meio físico (Quadro 10).

Quadro 10 - Orientações para estudo dos efeitos das ações antrópicas no meio físico

01	Ações humanas como ações geomorfológicas na superfície terrestre;
02	Padrões significativos para a morfodinâmica;
03	Dinâmica e a história cumulativa das intervenções humanas, iniciando com os estágios pré-perturbação
04	Escalas espaço-temporais
05	Cartografia geomorfológica de detalhe
06	Abordagem sistêmica/geossistêmica
08	Monitoramento de balanços, taxas e geografia dos processos derivados e não derivados de ações antrópicas - geoindicadores
09	Dinâmica e a história cumulativa das intervenções humanas, iniciando com os estágios pré-perturbação

Fonte: adaptação de Rodrigues (2005)

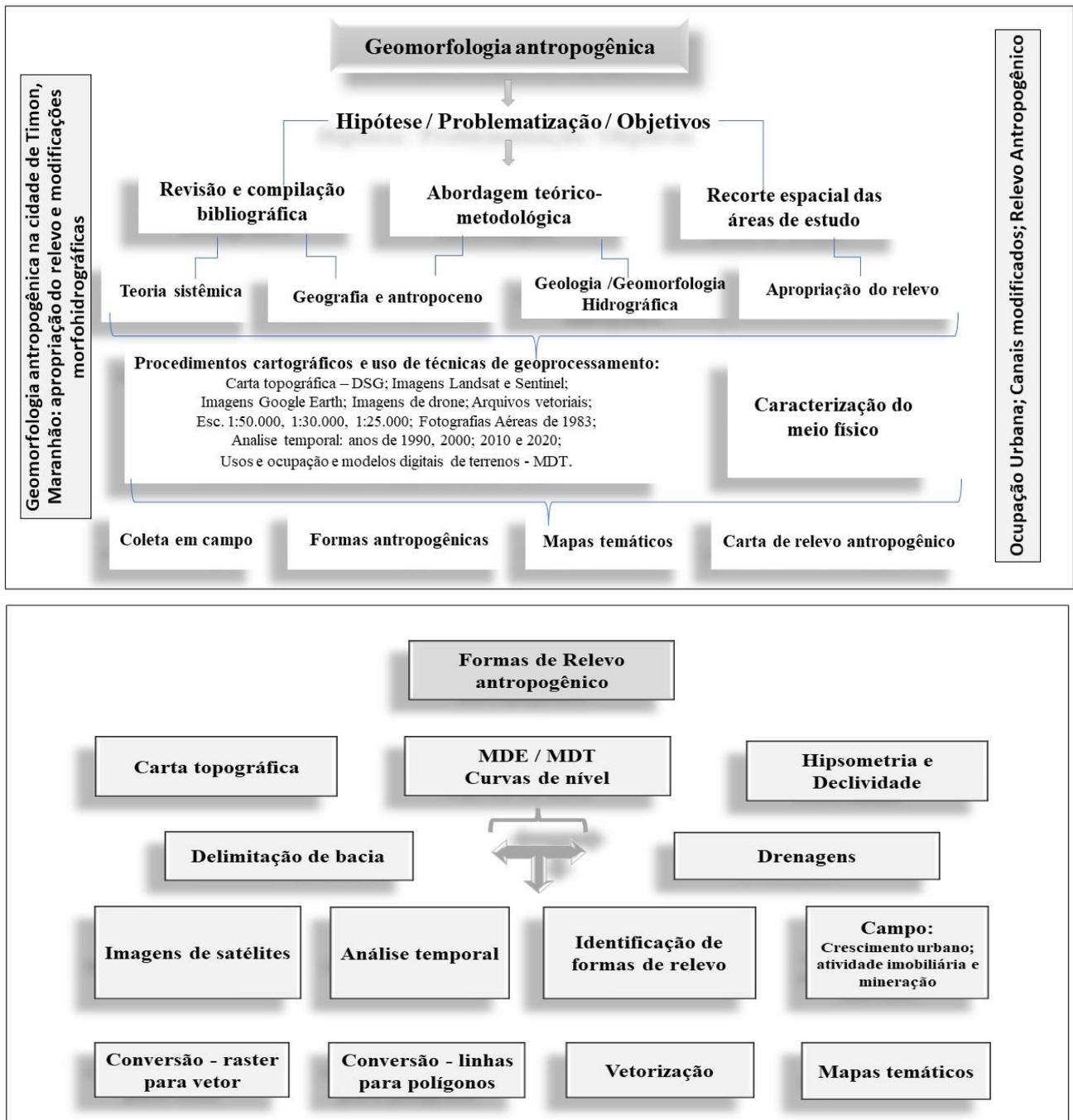
O caminho metodológico desta pesquisa passa pela análise temporal e escalar das modificações geomorfológicas nas sub-bacias hidrográficas urbanas da cidade de Timon, compreendendo os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, correlacionando transformações do relevo aos diferentes estados de perturbação urbana característicos de cada compartimento geomorfológico, mapeados no estudo, em escala cartográfica média e de detalhe, variando de 1:50000, 1:25000, 1:10000, respectivamente, representadas em mapas temáticos, buscando, buscando, ainda, identificar e interpretar os materiais superficiais em categorias de depósitos tecnogênicos encontrados.

E para identificação das formas de relevo, o procedimento utilizado na caracterização das formações antropogênicas foi a descrição tátil-visual, destacando-se aspectos locacionais, geomorfológicos, modificações expressivas, cortes em vertente, taludes, deformação de morros e colinas, aplainamentos, retiradas e lançamentos coluviais-aluviais, e lançamentos de aterros com modificação de canal fluvial, uso e ocupação atual, perfil de alteração, processos e

problemas ambientais registrados na área, tais como, a erosão acelerada, o assoreamento, os deslizamentos e outros.

Como síntese do processo metodológico, elaborou-se um fluxograma composto que representa, em primeiro momento a pesquisa como todo, e em segundo o caminho desenvolvido para elaboração dos mapas e cartas produzidos na pesquisa (Figura 14).

Figura 14 - Fluxograma do procedimento metodológico da pesquisa



### 3.2.1 Base cartográfica, escalas e mapas temáticos

A pesquisa se utilizou de uso de técnicas de geoprocessamento, usos de imagens de satélites e um banco de dados e produção geoespacial, ambos processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica - SIG, no qual houve tratamento de dados e recorte espacial das sub-bacias Açude, Bacuri e Pedras para posterior análise morfológica e morfodinâmica.

Todas as informações e dados coletados foram analisados, processados e mesclados para compreensão das partes ao todo e seguiu-se as seguintes etapas:

- Pesquisa documental para realização de levantamento bibliográfico e revisão conceitual, bem como caracterização da área de estudo; levantamento das características físicas, de uso e ocupação, e cobertura do espaço urbano nas sub-bacias de estudo, levantamento de dados cartográficos baseado em mapas, cartas topográficas e imagens aéreas históricas para a reconstrução da geomorfologia pré-urbana e urbana; realização de trabalho de campo para reconhecimento das áreas, bem como coleta de dados de imagens orbitais, câmeras fotográficas e GPS para registros e validação das informações colhidas em campo.
- Utilização da cartografia histórica, com levantamento de dados cartográficos a partir da carta topográfica, fotografias aéreas e análise dos processos de uso e ocupação da terra na área de estudo, sub-bacias hidrográficas urbanas, aliando à evolução urbana.
- Uso de instrumentos computacionais para o tratamento dos produtos cartográficos, *softwares* de geoprocessamento inseridos em ambiente de SIG. Técnicas cartográficas e de geoprocessamento para a identificação, classificação e interpretação espacial e histórica das formas de relevo modificadas pelo homem, gerando feições e terrenos tecnogênicos, nas sub-bacias no recorte temporal em anos já referidos e com imagens ortomosaico do *Google Earth* de 2021 e 2022 e de imagens aéreas, 2022, de drone Mavic Pro 2, das modificações identificadas.

Ressalta-se que na presente pesquisa não foram realizadas coletas de material em campo para interpretação estratigráfica nas sub-bacias estudadas. Buscou-se aqui, aprofundar na interpretação da geomorfologia antropogênica, e a análise sistêmica as formas de relevo modificadas na urbanização e atividades econômicas diversas com discussão através de abordagens metodológicas existentes na literatura, já aplicadas e contextualizando com as características regionais e locais, assim como apresentar uma modelagem ou carta de classificação do relevo antropogênico.

Por diante, no trabalho de gabinete, com análises da carta topográfica DSG e imagens de fotografias aéreas do ano de 1983, sobre a cidade de Timon, em seguida, em ambiente

computacional, desenvolveu-se um banco de dados para construção dos mapas apresentados na pesquisa que através das geotecnologias, auxiliaram de forma rica a organização, manipulação de dados e a produção cartográfica com técnicas essenciais para uma melhor interpretação dos elementos analisados, e tecer diagnósticos e apresentação de gráficos, quadros e mapas.

Uso de mapeamento dos compartimentos geomorfológicos regionais e do município de Timon, que teve como base o IBGE (2009), CPRM (2011) e a partir do processamento e da análise dos dados morfométricos gerados pelo produto de modelo digital de elevação, do tipo terreno, a partir de um *raster* coletado pelo Satélite Avançado de Observação Terrestre “DAICHI” (ALOS) e sensor PALSAR, adquirida no site da plataforma *Alaska Satellite Facility* - ASF, da *EarthData* da *NASA*, com uma resolução espacial de 12,5 metros que é um refinamento do produto original da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM-NASA), de resolução espacial igual a 30m, o qual nos permite obter informações dimensionais espaciais (x, y, z) para a modelagens.

Com relação ao mapeamento geológico-geomorfológico, foi elaborado com base no levantamento pertencente ao IBGE (2009), CPRM (2011); CPRM (2021). No mapa foram individualizadas as principais unidades geológicas da área em estudo, como as unidades e formações Corda, Motuca, Pedra de Fogo e Piauí. A correlação entre os mapas geológicos e geomorfológicos nos forneceram a identificação de unidades morfoestruturais, do modelado e dados morfométricos.

Os pressupostos metodológicos para a elaboração do mapa geomorfológico estão descritos no Guia de procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial, cartas de padrões de relevo municipais, escala 1:25.000, presente na base na utilização da Biblioteca de Padrões de Relevo, CPRM (2021).

Para a definição dos padrões de relevo, foram adotados os 4º, 5º e 6º táxons da metodologia de Ross (1992), com base na interpretação do mosaico ortofoto digital acoplado ao modelo digital do terreno na escala 1:25.000. As unidades morfoestruturais e morfoesculturais também foram individualizadas. Por fim, foi preciso mapear as mudanças impressas nas sub-bacias hidrográficas dos riachos Açude, Bacuri e Pedras na área urbana de Timon. Em síntese, o mapeamento de formas de relevo, uma geomorfologia antropogênica com feições do tecnogênico.

Por diante, foram realizados modelos digitais de elevação e terreno - MDE/MDT, que são dados digitais para a elaboração de modelagens que representem, graficamente, o relevo. Neste contexto, foram gerados a partir de um arquivo *raster*, Derivado do sensor *Alos Palsar* de resolução espacial de 12,5 metros e escala de 1:25.000). E a partir do MDT foram elaborados

para os seguintes produtos: mapas de hipsometria, declividade, perfis topográficos, delimitação de bacias, direção de fluxo e drenagens, elaboradas em SIG. Com resultados satisfatórios, conforme pode ser observado nos mapas e perfis gerados, possibilitando as análises realizadas.

Para análise do uso e ocupação, das referidas bacias, foram primeiramente identificadas e organizadas, a partir da carta topográfica da folha Teresina-Piauí, de 1966, onde Timon se encontra inserida. Outras observações foram realizadas em fotografias aéreas de 1983, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Teresina, na empresa pública denominada de 'Empresa Teresinense de Processamento de Dados'- PRODATER, em formato matricial e impresso, a carta aerofotogramétrica Teresina-PI, de 1983, de escala de 1:60.000 e escala de 1:15.000, registradas em voo de altura de 2.295 m, câmera Zeis RMK-A, de distância focal de 153 mm, executado pela empresa Cruzeiro S.A, com sede no Rio de Janeiro.

O procedimento ainda consistiu no levantamento cartográfico prévio na escala cartográfica de 1:50.000, a partir da carta topográfica da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro, folha SB.23-X-D-II de Teresina-PI, utilizada como base cartográfica da pesquisa, por conter informações espaciais e topográficas com nível de representação espacial inicial necessário ao estudo em questão, que abarcam, primeiramente a área do município de Timon/MA, por seguinte o recorte espacial de estudo, dentro o perímetro urbano da cidade em escala de 1:25000, das bacias hidrográficas dos Riachos Açude e Bacuri, ambos na área urbana, afluentes do Rio Parnaíba e em sequência, das formas em escala de 1:10000.

Posteriormente, os produtos vetoriais foram importados em ambiente SIG, para a geração de um MDE e confecção de mapas temáticos (hipsometria) declividade, curvas de nível, formas de terreno, curvaturas horizontal e vertical, delimitação de bacias, direção de fluxo. O SIG, predominante utilizado para a geração dos mapas foi o software gratuito QGIS, (versões 3.10 e 3.16). E tendo outros SIG's, com melhores algorítmicos de classificação de uso e cobertura da terra como o ArcMap/ArcGis (versão 10.4) e o Global Mapper (versão 22.0) delimitação de bacia, perfil topográfico e produção de MDE. Somando-se a técnicas relevantes de vetorização no gerenciamento das bases geoespaciais, representadas por modelos matriciais para criação das categorias de feições reconhecidas, sendo representadas por simbologias gráficas de polígonos, linhas e/ou pontos, com a tipologia adequada.

Utilizando a cartografia retrospectiva ou histórica - com identificação dos usos, ocupação e cobertura da terra nas sub-bacia hidrográfica dos riachos Açude, Bacucrí, Pedras, ocorreu a partir da interpretação de imagens obtidas pela série histórica do satélite Landsat, especificamente os imageamentos do Landsat 5, sensor TM, e Landsat 8, sensor OLI, em anos pontuais tais como: 1985, 1990, 2000, 2010, e 2020, disponibilizadas na plataforma do USGS,

plataforma Glovis. Nas imagens Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*) e Landsat 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*), imagens dos satélites Sentinel 2A sensor MSI e Cbers 4<sup>a</sup>, sensor WPM.

Foram utilizados geoindicadores, com base em Coltrinari; Mccall (1995) e Coltrinari (2002) que defini parâmetros e indicadores para a observação das mudanças, magnitude e frequência dos processos geomorfológicos gerados pela ação antrópica.

Elaboração de carta de padrões de relevo municipal com base no Guia de Procedimentos Técnicos adotada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2021) em escala 1:25.000. Com observações em campo dos elementos possibilitaram apoiar as análises e representação em mapas das variáveis naturais e antrópicas, ampliando a compreensão da realidade de cada bacia estudada neste trabalho.

Tendo em vista que esta metodologia se aplica à cartografia geomorfológica, foi adotada para auxiliar na construção desta pesquisa, o mapeamento e estudo geomorfológico de detalhe do perímetro urbano do município de Timon-MA, permitindo o detalhamento de formas no 6° táxon, ou seja, analisar relevo em média para escala cartográfica de detalhe, de 1:50.000 para 1:10.000, até microforma, para uma leitura na abordagem da geomorfologia antropogênica.

A análise do 6° táxon, formado pelas formas resultantes de processos atuais, realizada a partir da observação em imagens de voos de drone, verificação da carta topográfica DSG, elaboração de mapa e modelos digitais de elevação e realização de trabalhos de campo. Os mapas foram readequados e recondicionados à mesma base cartográfica, com o *Datum* SIRGAS 2000, no Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 23-Sul, em ambiente de um Sistema de Informação Geográfica - SIG.

É importante esclarecer que as escalas cartográficas adotadas para o estudo, foram determinantes no desenvolvimento da geomorfologia antropogênica, para apresentar um grau de detalhamento da informação, no intuito de cartografar, inicialmente as características naturais e urbanas e em seguida representar todas as áreas que apresentam propensão à ocorrência desses processos. Após a classificação, surgiu a necessidade de se quantificar em porcentagens e reclassificar as classes encontradas, de forma a fornecer análise quantitativa dos resultados por meio dos mapas e gráficos.

Deste modo, os mapeamentos necessitaram de uma estrutura organizacional, devido a um extenso banco de dados, adotando escalas de análises temporais (Tabela 1).

Tabela 1 - Fontes das bases de dados vetoriais e matriciais digitais de repositórios públicos para a elaboração dos mapas temáticos da área de estudo.

<b>Mapas Temáticos</b>	
Imagens de satélites	Imagens dos satélites Landsat 5, 8, Sentinel 2A
Modelo digital de elevação	Derivado do ALOS PALSAR de resolução espacial de 12,5 metros
Delimitação de bacias	MDE/MDT
Direção de fluxo de drenagem	MDE/MDT
Mapa de Hipsometria	MDE/MDT
Mapa de Declividade	MDE/MDT
Mapa de curvas de nível	MDE/MDT
Curvaturas horizontais e verticais	MDE/MDT
Mapa de Geologia	Fonte: Dados vetoriais do Serviço Geológico do Brasil-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SGB-CPRM), e vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), reprocessados em ambiente SIG.
Mapa de Geomorfologia	Fonte: Dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Folha SB-25, reprocessados em ambiente SIG.
Mapa de Solos	Fonte: Dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Folha SB-25, reprocessados em ambiente SIG.
Mapa de Vegetação	Fonte: Dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Folha SB-25, reprocessados em ambiente SIG.
Mapa de Uso e Cobertura do Solo	Fonte: Imagem digital submetida a Classificação Supervisionada, elaborados no ArcMap / Sig ArcGis.
Mapa de formas de relevo	Ortofotos e MDE/MDT
Mapa de formas de relevo antropogênico	Ortofotos e MDE/MDT

Organização: Rafael José Marques (2021)

Por fim, a contribuição de Silva (2010) possibilitou compreender a evolução espacial da cidade de Timon, Maranhão, propiciando a transformação de parte do seu espaço urbano, analisando a inter-relação dos fatores que contribuíram para a ocupação de sua superfície, para a produção e reprodução dos novos espaços em razão dos intensos processos de urbanização.

### 3.2.2 Mapeamento de uso, ocupação, cobertura da terra e análise temporal

Para a elaboração dos mapas de usos e ocupação com cenários para os anos de 1990, 2000, 2010, e 2020, representando uma determinada evolução da organização espacial da área em estudo. Ainda a partir da base cartográfica, com usos de imagens de satélites que foram organizados os mapas das classes de declividade e identificação de feições morfohidrográficas urbanas. A elaboração do trabalho foi feita por levantamento de informações cartográficas básicas, com base nos referenciais de Valeriano (2008), e Florenzano (2008), com buscas em dados disponibilizadas e conhecidas para criar o banco de dados da área estudada. No intuito

de possibilitar maior precisão aos dados em formato vetor procedeu-se ainda a coleta das cartas topográficas originais, que foram alinhadas a base cartográfica.

Utilizou-se um conjunto de dados adquiridos por satélites, imagens e cenas do Landsat 5 (TM) e 8 (OLI) para análise e classificação supervisionada e não supervisionada e validação com pontos de controle em campo, para o georreferenciamento das imagens (mapas de usos e ocupação da terra) e dos ortomosaicos derivados da coleta feita no Google Earth, e por voo de drone, para atividades de fotointerpretação. Essas análises a partir da interpretação de produtos do sensoriamento remoto obtidos por sensores imageadores a bordo de satélites artificiais. Estes, tem proporcionado um conhecimento atualizado do uso e cobertura da Terra, e constituído numa importante ferramenta e subsídio à orientação e tomada de decisão.

Para o IBGE (2013), o conhecimento atualizado dos usos, ocupações e cobertura do espaço constitui um importante subsídio para a gestão territorial e orientação à tomada de decisão. Os Mapeamentos de Uso e Cobertura da Terra contribuem para a compreensão da espacialização de elementos naturais e atividades antrópicos (IBGE, 2013). Segundo ele, orienta que a Cobertura da Terra indica áreas de predomínio das características naturais ou construídas/produzidas.

Quanto a identificação do uso/ocupação e cobertura da terra, foram aplicadas às imagens, técnicas de processamento digital (PDI). Com pré-processamento, realce de contraste. Foi trabalho a classificação supervisionada, com imagens Landsat, que se aplica quando se tem um conhecimento prévio sobre as classes na imagem, ou seja, identifica-se exemplos das classes intencionadas a espacializar presentes na imagem, o que chamamos de áreas de treinamento.

O procedimento inicial foi a realização da delimitação do recorte da bacia hidrográfica urbana área de estudo, através do software ArcGis, versão 10.4, no *ArcMap* na extensão *arctoolbox*, na ferramenta do *Spatial Analyst Tools*, em seguida em *Hydrology*, sendo composta por um conjunto de ferramentas a qual possibilita que seja realizada a delimitação de bacias hidrográficas de maneira automática.

Para a elaboração da carta de uso e ocupação, cobertura da terra do município de Timon, na área de estudo, nas sub-bacias pesquisadas, que foram utilizadas imagens de satélite, fotografias aéreas e trabalhos de campo. As áreas de uso e ocupação foram vetorizadas destes materiais no Sig ArcGis, 10.4 e, posteriormente, comparadas aos dados de campo. As classes definidas foram: Vegetação Arbórea; Vegetação Arbustiva; Área Urbanizada; Corpos Hídrico; e Pastagens, Solo Exposto e ou Áreas de Queimadas. As definições encontram-se adaptadas de forma mais generalista, devido à resolução espacial das imagens do satélite usada nesta análise,

Landsat de 30m de resolução, possibilitando apenas a aplicação do método de Classificação por Máxima Verossimilhança (MAXVER). Dessa forma, cada classe é representada, especificamente:

- a) Vegetação Arbórea: representando áreas de mata pouco intocada, ou reflorestada, independentemente de sua altura ou extensão;
- b) Vegetação Arbustiva: representando de área de vegetação rasteira, de pequeno porte;
- c) Área Urbanizada: representando a área urbanizada das sub-bacias em que é possível identificar, genericamente, estruturas urbanas, concreto, asfalto, enfatizando a ação antrópica;
- d) Corpos Hídricos: representando os rios, lagos e demais cursos d'água presentes nas sub-bacias;
- e) Pastagens, Solo exposto e ou Áreas de Queimadas: representando áreas com potencial utilização para loteamento, extração mineral.

Também foram utilizados dados do projeto MapBiomass para um comparações do produto gerado pela pesquisa aqui desenvolvida. Sendo que o MapBiomass tem como base a utilização dos satélites Landsat, com resolução espacial de 30 metros pixel. E por seguinte, foi trabalhado o mapeamento temático em sistema de informação geográfica, com sobreposição do recorte da bacia com os dados de uso e cobertura.

### **3.3 Geoindicadores das formas atuais e depósitos superficiais**

A contribuição dos usos de Geoindicadores, torna-se norteadora para avaliar as prováveis mudanças de aspectos geológicos e geomorfológicos que poderem ser identificados. Rodrigues (2010) contribui com esses geoindicadores, como parâmetros, e passa a compreender para a quantificação da interferência antrópica sobre os meios naturais, com uma estruturação a partir das formas, materiais e processos no relevo e na geomorfologia antropogênica, apresentando numa perspectiva em escala e medida em intervalos temporais.

O uso dos geoindicadores para essa pesquisa, é favorável para um melhor desenvolvimento metodológico, agregando para identificação de feições da geomorfologia antropogênica. Desse modo, compreende-se que, a adoção da cartografia geomorfológica, vinculada ao reconhecimento e identificação dos geoindicadores auxilia no diagnóstico dos problemas derivados das ações antropogênicas (SILVA *et al.*, 2021).

A escolha de alguns indicadores, foi por base física e identificados em campo. Esses parâmetros são descritos a seguir: (Quadro 11).

Quadro 11 - Geoindicadores para a quantificação das alterações geomorfológicas

Geoindicadores geológicos-geomorfológicos		
Geoindicadores	Parâmetro	
	Grau	Origem
Ruptura topográfica	Abrupta	Denudativa
	Suave	
Feições erosivas aceleradas	Sulcos	
	Ravinas	
	Voçorocas	
movimentos de massa	Extensão	
morfologia de canais	Extensão /quantidade	Deposicional
aterros e depósitos tecnogênicos	Extensão /quantidade	Deposicional

Fonte: Adaptado de Pinton (2016); Silva *et. al.*, (2021).

Neste quadro configura-se elementos geoindicadores específicos para identificações das formas antrópicas no relevo. O estabelecimento dos geoindicadores nas sub-bacias Açude, Bacuri e Pedras, considerando parâmetros com grau e origem de feições geomorfológicas de origem denudativa e deposicional – feições erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas); mudanças abruptas na topográfico; taludes de corte.

Foram elaboradas cartas imagens do uso do solo das sub-bacias urbanas, Açude, Bacuri e Pedras, ambas para os anos de 1990, 2000, 2010, e 2020, tendo como base as imagens do satélite, *Landsat 5* (anos de 199, 2000, 2010), *Landsat 8*, *Sentinel 2A* (ano de 2020). As imagens coletadas, foram sobrepostas aos limites vetoriais da área de pesquisa para análise da evolução da ocupação urbana e suas mudanças provadas por essa ocupação nas sub-bacias. (Quadro 12).

Quadro 12 - Imagens de Satélites do uso e ocupação urbana

Fonte	Satélite	Sensor	Resolução espacial	Bandas espectrais (comp. Colorida)	Data	Órbita ponto
USGS	LANDSAT 5	TM	30m	RGB-543	1990/2000/2010	219-064
USGS	LANDSAT 8	OLI	30m	RGB-654	2020	219-064
USGS	SENTINEL-2	MSI	15m	RGB-1185	2020	026-304
INPE	CBERS 4 <sup>a</sup>	WPM	2m	RGB-483	2020	203-119

Organização: Rafael José Marques (2021)

O uso dessas imagens de satélites são para compor uma análise temporal de transformações nas áreas de estudos. As imagens dos satélites apresentados no quadro acima, são para representar e identificar as mudanças de usos, coberturas e ocupações das bacias delimitadas. Através das possibilidades do imageamento, essa análise tem sido possível a partir da interpretação de produtos do sensoriamento remoto obtidos pelos sensores acima citados no quadro, no qual foi possível proporcionar um conhecimento pretérito e atualizado do uso e ocupação das bacias, e constituído uma importante ferramenta para orientação da pesquisa.

E ainda, permitiu a distinção e análise dos estágios de perturbação urbana sobre as unidades de relevo identificadas e presentes no perímetro urbano. Também, foi importante para confecção de um variado conjunto de mapas temáticos que serão expostos nas análises e resultados.

### **3.4 Procedimentos de trabalhos de campo**

Os trabalhos de campo foram fundamentais para o alcance dos objetivos da pesquisa, pois permitiram o levantamento de observações inéditas e a verificação dos dados gerados. Essa etapa contou com registros fotográficos, observações e descrições da paisagem, durante várias campanhas em campo realizadas. Assim, em campo foi realizado o reconhecimento da área de estudo, contribuindo para a realização das observações da realidade local quanto às modificações do relevo, identificações de aterro tecnogênicos e impactos e ou alterações nos canais das bacias. Ressalta-se que essa etapa foi fundamental para a definição da área de estudo.

Os primeiros campos ocorreram no período de chuvas, em dezembro de 2020 e março de 2021, com a presença da orientadora. Esta etapa incluiu as observações das bacias dos riachos estudados, identificando-se intenso grau de intervenções antrópicas. Seguiram-se outras campanhas de campo realizadas nos meses de outubro e novembro de 2021, período sem chuvas, e ainda em janeiro de 2022, período de chuvas. O objetivo desses últimos campos foi verificar se os dados gerados em gabinete: compartimentação geomorfológica; perfis longitudinais dos canais, dentre outros, estavam de acordo com a realidade, bem como obter observações mais detalhadas quanto à evolução do relevo antropogênico.

### **3.5 Compartimentação do relevo, mapeamento das formas antropogênicas**

A realização da compartimentação do relevo teve o intuito de verificar inicialmente as formas naturais e não naturais na área de estudo, posteriormente foi trabalho com verificações

em campo com as formas modificadas, sendo relevos antropogênicos. Dessa forma, levou-se em consideração os seguintes aspectos: padrões altimétricos; declividade; novas formas de relevo; feições erosivas de forma acelerada.

Os padrões altimétricos foram analisados através do mapa clionográfico ou hipsométrico. Esse mapa foi elaborado em ambiente SIG e incluiu a reclassificação altimétrica do MDT em oito classes. Com base em Rodrigues (2005) e Gouveia (2010) o mapeamento segue procedimento adaptado para alcance dos resultados. Deste mapeamento da geomorfologia antropogênica baseou-se, de forma geral, em alguns princípios e orientações adotado por Rodrigues (2005), tais como: (a) a utilização de uma base cartográfica retrospectiva, um mapeamento das unidades, formas de relevo presentes e conhecimento geomorfológico das condições da morfologia original; b) a utilização de escalas, tanto temporal, como uma cartográfica de detalhe; (c) a identificação e análise das interferências humanas de padrões de intervenção humana significativos para a morfodinâmica e a representativa de estágios pré-intervenção.

A classificação do relevo de Teresina, de Lima (2011; 2016), foi utilizada como base inicial, uma vez que essa, Teresina, Piauí, é vizinha e está se localiza na margem direita do rio Parnaíba, em frente para a cidade de Timon, Maranhão, se encontra na margem esquerda, e ainda, por terem a mesma base geológica / litológica e pertencentes a bacia sedimentar do Parnaíba, certamente estas duas cidades se encontram sob processos morfodinâmicos semelhantes. Como formas predominantes estão planícies e terraços aluviais bem delineados, com variados cursos de riachos locais e lagoas plúvio-fluviais, hoje modificadas, que dissecam as encostas dos morros residuais e baixos planaltos, onde se destacam encostas dos "morros com tendência ao arredondamento limitados por relevo escalonado" Lima (2011).

Dessa forma, o relevo pré-existente e natural, recebe as modificadas por processos de erosão e aterramentos derivados da ocupação urbana, pelas construções de infraestrutura viária e por empreendimentos imobiliários. Assim, esse avanço sobre as formas naturais vai continuamente modificando-as, impermeabilização da superfície de escoamento da cidade e aumento do processo de ocupação de novas áreas nas sub-bacias dos riachos urbanos, o que vem ampliando claramente a intervenção nos processos ou o sistema natural local.

Assim, o processo de urbanização, não leva em conta os fatores naturais pertencentes aos compartimentos do relevo ou a forma da bacia hidrográfica, ocorrendo apropriação e formas antropogênicas e causando consequências que poderão ser vistas nos capítulos seguintes.

## 4 PROCESSO DE OCUPAÇÃO E FORMAS ANTROPOGÊNICAS

A partir deste ponto, é abordado os resultados da pesquisa com discussões acerca das modificações identificadas, analisadas e mapeadas das formas relevo antropogênico nas sub-bacias hidrográficas utilizadas como recorte espacial para desenvolvimento da pesquisa.

### 4.1 O processo de ocupação da cidade de Timon, Maranhão

O desenvolvimento do município de Timon, Maranhão, se deu pela necessidade de intercomunicação entre os povoados do Maranhão e Piauí, principalmente a Vila Velha do Poty, Vila da Mocha, (atual Oeiras) e Aldeias Altas (hoje Caxias). Entretanto, só teve início o povoamento em 1852, quando da fundação de Teresina, pois a abertura de uma nova estrada Caxias a Cajazeiras possibilitou a travessia do Parnaíba, em frente à capital do Piauí, no ponto denominado porto das Cajazeiras (SANTOS, 2007).

A cidade de Timon teve origem com a comunicação entre a Vila da Mocha, atual Oeiras, no Piauí, e Aldeias Altas, atual Caxias, no Maranhão, no século XVIII. Essa conexão era feita pela “Passagem do Santo Antônio”, onde se realizava a travessia no rio Parnaíba, à 13 km da sede do povoado de São José das Cajazeiras. Esse povoado foi, até 1779, o único ponto de apoio no caminho da estrada real que unia os dois estados vizinhos.

Santos (2007), informa que a instalação da capital da Província do Piauí, Teresina, em 1852, interpretando que a após a capital, veio ser construído do outro lado do Rio Parnaíba, um porto de denominação ‘Porto Cajazeiras’ à margem esquerda do rio e com ele a criação de uma povoação denominada de São José do Parnaíba, que veio a se tornar a cidade de Timon. Esse porto impulsionou o transporte fluvial de pessoas e mercadorias entre o pequeno povoado maranhense e a capital da província do Piauí, assim como tornou-se ponto de comunicação entre as Províncias do Maranhão e do Piauí”. (SANTOS, 2007 *apud* CARNEIRO, 2021).

A segunda metade do século XIX, houve o crescimento do povoado. Em 1855, o arraial foi elevado à categoria de Vila São José do Parnaíba, através de lei promulgada por Eduardo Olímpio, então presidente da Província do Maranhão. Em 1863, os conselheiros da Vila de Matões pediram que a lei constitutiva fosse revogada, mas essa voltou a ser povoado no ano seguinte com o topônimo de São José das Cajazeiras. Em 1889, com a Proclamação da República, o arraial de São José das Cajazeiras foi elevado à categoria de Vila de Flores, pela lei sancionada pelo primeiro governador do Maranhão, no dia 22 de dezembro de 1890.

Em 1924, passou à categoria de cidade, ainda com o nome de Flores, pela Lei nº 1.139, de 10 de abril de 1924, decretada pelo então governador Godofredo Mendes Viana (SANTOS,

2007). Concomitantemente a esse processo, o porto da antiga povoação de São José do Parnaíba, posteriormente Vila Cajazeiras, teve um rápido desenvolvimento no final do século XIX. Por seguinte, a construção da Estrada de Ferro ligando Caxias-Cajazeiras, em 1895, proporcionou um grande impulso ao lugar. Essa posição se concretizou em 1921, quando Timon ligou-se a São Luís por via férrea (CARVALHO, 2005).

A década de 1930 foi marcada pela expansão urbana em função do trânsito fluvial no Rio Parnaíba. Por muitas décadas, o perímetro urbano concentrou-se no Centro: entre a Avenida Presidente Médici, a Rua do Fio e a Rua do Trânsito - primeiros limites da Vila de Flores. Em 1943, o então governador do Maranhão, atendendo a uma solicitação do IBGE, troca o nome do município para Timon, pelo Decreto-Lei nº 820, 88, homenageando João Francisco Lisboa, escritor maranhense, autor da obra intitulada *Jornal de Timon* (SANTOS, 2007).

Com relação ao atual nome do município de Timon, Santos Neto identifica que:

O nome Timon homenageia o historiador e jornalista João Francisco Lisboa, por muitos conhecido como o Timon maranhense. Esse pseudônimo Lisboa adotou quando escreveu sua mais famosa obra: *O Jornal de Timon*, conjunto de doze textos produzidos e publicados sob a forma de folhetim em São Luís, no período de 1852, 1853 e 1858. O Timon original era grego, contemporâneo de Sócrates e filósofo (SANTOS NETO, 2002, p. 81).

Na década de 2000 a cidade de Timon se apresentava com 46 bairros, tendo uma maior expansão para o sul, em relação ao centro antigo, acompanhando o canal do rio Parnaíba, em sua margem esquerda, no limite com Teresina, capital do Piauí, que se situa na margem direita deste rio. Tendo assim, entre as duas cidades na atualidade, uma relação de cidades irmãs, constituídas numa mesma origem espacial e temporal, inclusive compondo, juntamente com outros 12 municípios piauienses a Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Polo Grande Teresina (RIDE da grande Teresina), criada em 2002 (SEMPLAN/PMT, 2002).

#### **4.2 Urbanização e configuração social e de Timon**

Com o crescimento desordenado das cidades, demonstrado através dos desastres havidos - escorregamentos nos morros e inundações nas baixadas - e pelo acúmulo de problemas ambientais urbanos e elevados índices de poluição do ar, sonora e hídrica; destruição e degradação do ambiente urbano e dos recursos naturais.

Estas ocorrências tornam-se amplos problemas de gerenciamento de áreas de risco e de descargas de esgotos *in natura*; precárias condições de limpeza pública de coleta e destinação final do lixo; enchentes e drenagem urbana precária; problemas quanto às formas de ocupação

do solo, ao provimento de áreas verdes e de lazer, imóveis precários e ou subnormais de vulnerabilidade social e risco ambiental numa paisagem urbana está cada vez mais deteriorada.

No espaço urbano, possui interações espaciais que favorecem uma dinâmica social e econômica que, amplia diferenças já existentes. Os núcleos urbanos crescem, se desenvolvem, e para isso ocorrer se apropriam dos recursos da natureza, da superfície terrestre. O Município de Timon, localiza-se a margem do rio Parnaíba, na Mesorregião Leste Maranhense, à 425 km da capital São Luís, Maranhão. Estando na região geográfica intermediária de Caxias e na região imediata de Timon.

Pertencente ao Maranhão, estado do nordeste brasileiro, e limitando-se com a região norte do país. Com o passar dos avanços econômicos ao interior do estado, a população urbana calculada em 448.509 habitantes em 1960, saltou para 4.143.728 em 2010, um crescimento percentual de quase o dobro da Região Nordeste, que no mesmo período cresceu de 7.680.681 para 38.821.246 moradores urbanos BURNETT, 2016; IMESC, 2018).

Com o processo de ocupação urbana, este estado, historicamente tem se concentrado em pouco menos do que duas dezenas de cidades (FERREIRA, 2014), conforme quadro adiante, com proporção de moradores urbanos dos novos municípios ficou bem aquém da média calculada acima (Quadro 13).

Quadro 13 - Estado do Maranhão: cidades mais populosas, 1950-2020

Ord.	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010	2020
1 <sup>a</sup>	São Luís	São Luís	São Luís	São Luís	São Luís	São Luís	São Luís	São Luís
2 <sup>a</sup>	Caxias	Caxias	Imperatriz	Imperatriz	Imperatriz	Imperatriz	Imperatriz	Imperatriz
3 <sup>a</sup>	Pedreiras	Bacabal	Caxias	Caxias	<b>Timon</b>	<b>Timon</b>	<b>Timon</b>	S.J. Ribamar
4 <sup>a</sup>	Codó	Codó	Bacabal	<b>Timon</b>	Caxias	Caxias	Caxias	<b>Timon</b>
5 <sup>a</sup>	Ribamar	Pedreiras	Codó	Bacabal	Bacabal	Codó	Codó	Caxias
6 <sup>a</sup>	Rosário	Imperatriz	Pedreiras	S. Inês	Codó	Bacabal	P. Lumiar	P. Lumiar
7 <sup>a</sup>	S. Bento	Carolina	<b>Timon</b>	Codó	S. Inês	Açailândia	Açailândia	Codó
8 <sup>a</sup>	Viana	Coroatá	Ribamar	Pedreiras	Açailândia	S. Inês	Bacabal	Açailândia
9 <sup>a</sup>	Coroatá	S. Bento	Coroatá	Pinheiro	B. Corda	Balsas	S. Inês	Bacabal
10 <sup>a</sup>	Bacabal	<b>Timon</b>	Pinheiro	B. Corda	Pinheiro	B. Corda	Balsas	Balsas

Fonte: Adaptado de FERREIRA, 2014, BURNETT 2016, *et al.* Organização: Rafael José Marques (2021).

Como se observa neste quadro anterior, Timon encontra-se num processo de aumento populacional, estando entre as maiores cidades do Maranhão, passando da décima posição em 1960 para a quarta e terceira posições a partir de 1980. Para explicar esta evolução populacional, pode-se afirmar que, dentre outros fatores, o principal deles é a proximidade da capital do Piauí, o que tem se tornado uma vantagem para Timon, pois grande parte de sua população participa

do mercado de trabalho e utiliza os serviços de Teresina, serviços de comércio, educação e saúde, além de ser rota terrestre principal entre o Piauí e a capital maranhense: São Luís.

Segundo Pacheco Junior (2020), a cidade de Timon apresenta forte dependência em relação a Teresina no que se refere a disponibilidade de serviços de educação e de saúde e a oferta de postos de trabalho, fato que gera deslocamento populacional pendular diário entre os municípios. Timon teve entre os anos de 1991 e 2000, uma taxa média de crescimento anual de 2,20%, passando de 107.439 em 1991 para 129.692 em 2000. A taxa de urbanização aumentou 1,1%, passando de 87,2% em 2000 para 88,3% em 2007 (IBGE, 2007).

O município de Timon possui tradicionalmente uma economia voltada basicamente para os pequenos negócios, para o setor informal e para a agricultura de subsistência. Mais recentemente o setor do comércio e serviços é o que mais cresce e já representa 60% da economia do município, passando inclusive a apresentar lojas de reconhecimento nacional nos ramos farmacêutico, de supermercados e de lojas de comércio de móveis e eletrodomésticos.

Atualmente o comércio e a prestação de serviços são as principais atividades geradoras de receita do município, enquanto no setor industrial destacam-se principalmente as fábricas ceramista e de movelaria. O turismo é uma atividade com grande potencial de desenvolvimento, porém ainda sem exploração (TIMON, 2010). É apresentado, a seguir, informações sobre a população timonense de 1980 a 2020 (Quadro 14).

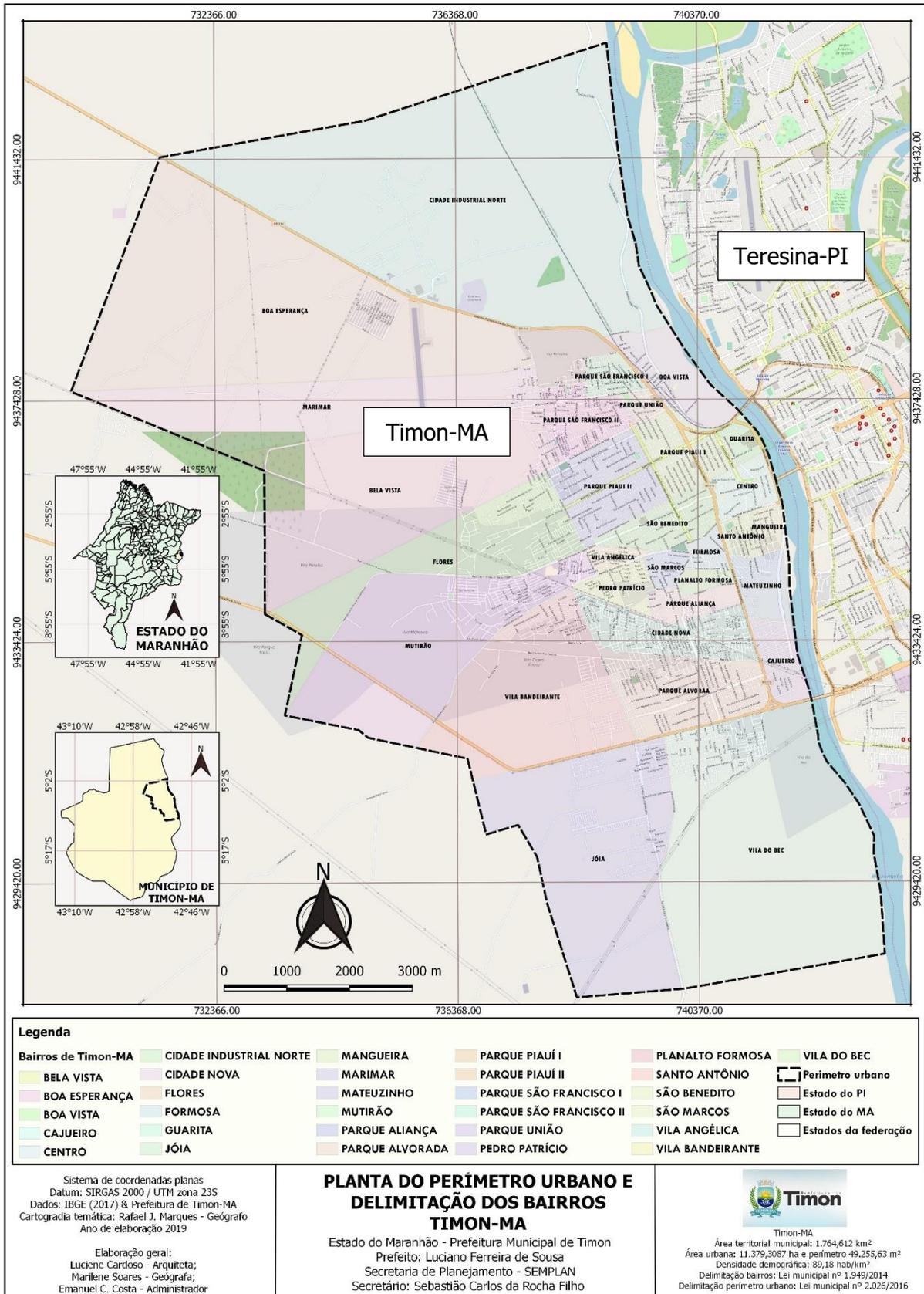
Quadro 14 - População por situação de domicílio, Timon, Maranhão

<b>População</b>	<b>1980</b>	<b>1991</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
<b>Urbana</b>	55.541	90.814	113.066	135.133	151.367
<b>Rural</b>	18.858	16.625	16.626	20.327	18.855
<b>Total</b>	74.399	107.439	129.692	155.460	170.222
<b>Urbanização</b>	74,6%	84,5%	87,2%	92,9	70,2

Fonte: IBGE (2007, 2010, 2021). Organização: Rafael José Marques (2021).

Conforme as Leis Municipais nº 1.940, de 05/12/2014 e nº 2.026, de 24/05/2016, a zona urbana ficou composta por 30 (trinta) bairros: Centro, Mangueira, Santo Antônio, Formosa, Planalto Formosa, Parque Aliança, Mateuzinho, Cajueiro, Parque Alvorada, Vila do BEC, Joia, Vila Bandeirante, Cidade Nova, Mutirão, Flores, Bela Vista, Marimar, Boa Esperança, Cidade Industrial Norte, Parque São Francisco, Boa Vista, Parque União, São Francisco II, Guarita, Parque Piauí I, Parque Piauí II, São Benedito, Vila Angélica, Pedro Patrício, e São Marcos (Figura 15).

Figura 15 - Perímetro urbano de Timon - Divisão dos Bairros



Base de dados: IBGE (2020); Prefeitura de Timon/MA (2016). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021)

Com análises dos dados presentes nos quadros e tabelas, é visto que a população total do município de Timon no ano de 1970 era de 36.893 pessoas, esta população cresceu na década de 70/80 a uma taxa geométrica da ordem de 7,3% ao ano, em 1980 alcançou 74.460 pessoas e era predominante urbana (74,6%). A taxa de crescimento médio do município no período de 1980/91 foi de 3,4% a.a.

A apontar um crescimento da população, de Timon, a partir dos anos de 1950. No período de 1991 a 2000, a taxa média de crescimento foi de 1,8% ao ano, alcançando 129.612 habitantes no ano de 2000. De acordo com último levantamento do Censo/2010, a população atingiu 155.460 pessoas. Quanto à composição por gênero é de 48,0% do sexo masculino e de 52,0% feminino. Quando se estratifica por zonas, 86,9% estão na zona urbana e 13,1% na zona rural. A projeção realizada pelo IBGE (2020) mostra a estimativa da população para o ano de 2020 é de 170.222 pessoas, representando 2,39% da população estadual, ocupando a 4ª posição no ranking estadual (Tabela 2).

Tabela 2 - População residente de Timon, densidade demográfica e taxa de crescimento - 1950 a 2020.

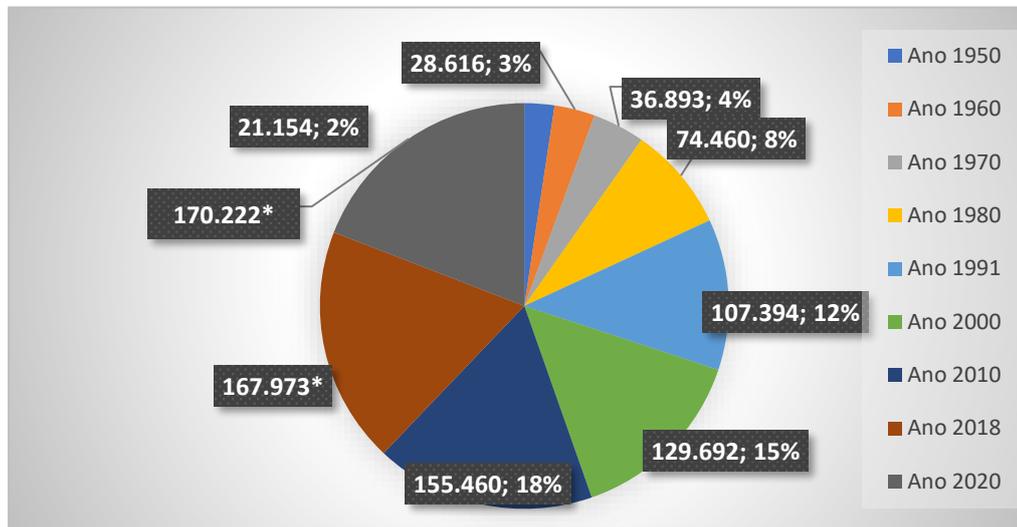
Período/ano	População Total	População Urbana		População Rural		Taxa de Crescimento Anual
		Quantidade	%	Quantidade	%	
1950	21.154	3.091	14,6	18.063	85,4	-
1960	28.616	7.723	27,0	20.893	73,0	3,1
1970	36.893	16.195	43,9	20.698	56,1	2,6
1980	74.460	55.579	74,6	18.881	25,4	7,3
1991	107.394	90.759	84,5	16.635	15,5	3,4
2000	129.692	113.070	87,2	16.622	12,8	2,1
2010	155.460	135.133	86,9	20.327	13,1	1,8
2018*	167.973	146.010	86,9	21.963	13,1	1,1
2020 *	170.222	--	--	--	--	--

Fonte: IBGE - Censos Demográficos 1950/2010. \* Pop. estimada. Organização: Rafael José Marques (2021)

A população do município de Timon em relação ao Estado do Maranhão cresceu ao longo dos anos, em 1991 era 1,17%, em 2000 passou para 2,29% e no último censo/2010 para 2,36%. Timon, tem passado por modificações no seu espaço urbano, sendo mediados pelos processos sociais e por produtores deste espaço. Seguindo a regra de muitas cidades médias brasileiras, tendo espraiamento urbano sem estrutura base e sem planejamento. Mas com um rápido crescimento imobiliário, moldada por uma emergência dessas cidades configurando uma

nova dinâmica econômica atraindo uma crescente população. No gráfico, a seguir, mostra a evolução da população, a seguir nota-se essa evolução (Figura 16).

Figura 16 - Gráfico representando a evolução da população residente - 1950 a 2020



Fonte: IBGE - Censos Demográficos 1950/2010. Organização: Rafael José Marques (2021)

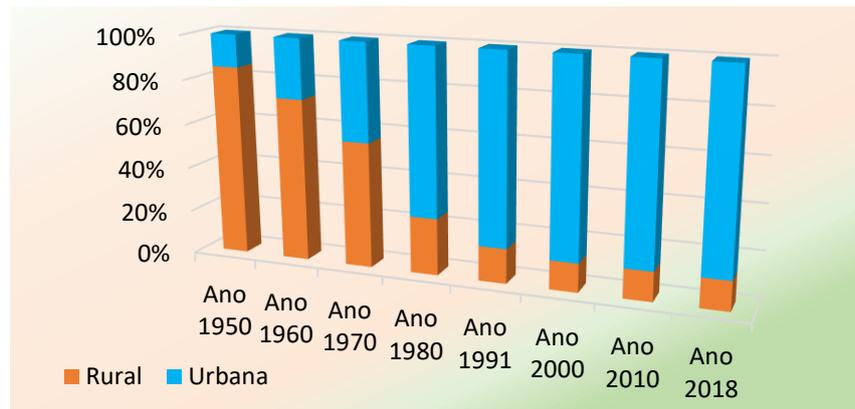
O padrão de urbanização de Timon não foge à regra brasileira, sendo de baixa densidade. Entretanto, em comparação com os outros municípios do estado do Maranhão, ele se destaca na 4ª posição dentre os 217 municípios. Timon, que apresentava 155.460 habitantes em 2010 (IBGE, 2010), com área da unidade territorial de 1.764,610 km<sup>2</sup> (IBGE, 2015), tem densidade demográfica de 89,18 hab./km<sup>2</sup>.

A população de baixa renda encontra-se segregada na periferia da área urbana e na zona rural, estando parcialmente desprovida de infraestrutura. Analisando a densidade média na área rural, encontramos um valor de 12,32 hab./km<sup>2</sup>. Já a densidade média na área urbana é de 1.485,45 hab./km<sup>2</sup>, tendo como base a classificação (urbano e rural) dos setores censitários do IBGE, (2021).

O crescimento populacional de Timon pode ser entendido inicialmente, como diz Sousa (2014) “pelo êxodo rural decorrente do enfraquecimento da produção agrícola de subsistência ocasionado pela ausência/insuficiência de políticas públicas direcionadas para essa região do estado” (SOUSA, 2014, pag. 123).

Contudo pode ser pela grande aproximação, uma conurbação com a cidade de Teresina, capital do estado vizinho Piauí, tendo assim viabilizado acessos mais facilmente a serviços demandados pela população, sobretudo saúde e educação. Sendo evidente a relação e o aumento populacional urbano, maior que na rural. (Figura 17).

Figura 17: Gráfico de Timon - População residente por zona



Fonte: IBGE - Censos Demográficos 1950/2018. Organização: Rafael José Marques (2021)

O crescimento urbano de Timon, assim como os demais municípios brasileiros, tem por base processos espaciais derivados do capital, não excludentes entre si, responsáveis pela organização espacial e mesmo de forma desigual na cidade, geradores de funções e formas e espaciais (CORRÊA, 2000). Este autor especifica os seguintes tipos de processos nos espaços urbanos e suas respectivas formas: centralização e área central; descentralização e núcleos secundários; coesão e áreas especializadas; segregação, o que também pode ser identificado em Timon (SOUSA, 2014). Assim, em Timon verificam-se importantes mudanças no processo de estruturação do seu espaço urbano a partir da redefinição do papel do centro da cidade e da multiplicação de áreas centrais, entendidas nesse estudo como “espaços que ancoram a constituição de centralidades, mas não a mesma coisa que elas” (SPÓSITO, 2013, p. 73).

Ressalta-se que Timon recebeu nas últimas décadas, grandes investimentos comerciais, como shoppings e a instalação do Parque Empresarial/industrial e crescimento imobiliário tipo condomínios residenciais horizontais e verticais, ampliando consideravelmente sua dinâmica urbana, provocando, ao mesmo tempo, um impulso econômico e problemas socioambientais, o que se refletem em impactos positivos e negativos para a cidade. E estes impactos no bojo do processo da urbanização mais recente, passaram a ser observados a partir da ocupação e modificação formas de relevo e do curso dos riachos, principalmente nas sub-bacias hidrográficas estudadas neste trabalho.

Para Sousa (2014), a cidade de Timon foi e é determinada pela especulação imobiliária. Tal afirmação pode ser referenciada pela observação da ocupação da terra por toda a cidade, principalmente nos últimos anos, quando foram expandidos vários bairros, a partir de loteamentos residenciais para classe média da população, construção de vários conjuntos residências para habitação da população de baixa renda, financiados pelo poder público federal,

tais como o residencial Novo Tempo, Joia, Primavera, Júlia Almeida e Padre Delfino, sendo que este último, localizado nas cabeceiras de drenagens da bacia do riacho Bacuri, uma das áreas foco desta pesquisa.

No entanto, Timon, ainda é desprovida de uma qualidade ambiental em sua área urbana que possa ser entendida como uma cidade sustentável com seus elementos físico-naturais: clima, ar, água, solo, flora e fauna, uso do solo, infraestruturas e serviços urbanos, inclusive os elementos políticos e sociais ligadas, planejamento e gestão urbana e participação social em constata equilíbrio sociedade natureza, nenhuma cidade é de fato. E estas condições certamente estão ligando a forma ao processo de ocupação no passado ao avanço da urbanização, principalmente ao rápido avanço imobiliário sem planejamento.

Observa-se, assim, que Timon passa por um acelerado processo de urbanização, sendo alvo de atividades antropogênicas intensas em sua paisagem, com aterramentos dos corpos d'água, compactação do solo, depósitos de tecnogênicos, modificação de canais fluviais, acelerando novos processos erosivos, causando consequências que vão se acumulando a curto, médio e longo prazos, muitas vezes de forma irreversível, como é o caso do processo de ravinamento no bairro Pedro Patrício, Timon.

O conhecimento da hidrogeomorfologia torna-se importante como uma ferramenta útil para o processo ao planejamento de expansão da cidade, para um bom aproveitamento do espaço, e direcionando tempo, energia e gastos com melhores infraestruturas, especialmente no que tange o terreno.

Timon, na década de 1980, marcada pelo crescimento populacional - e obras visando à melhoria da infraestrutura de bairros considerados até então periféricos, como a construção de 8.000 m<sup>2</sup> de calçamento e de bueiros para escoamento de águas pluviais por alguns bairros da cidade. Tanto no Conjunto Boa Vista quanto no bairro Parque Alvorada. Daí a necessidade de novas obras, para atender à crescente demanda por serviços públicos de saúde, educação e moradia, segundo Venâncio Lula (1991) apud Silva (2010).

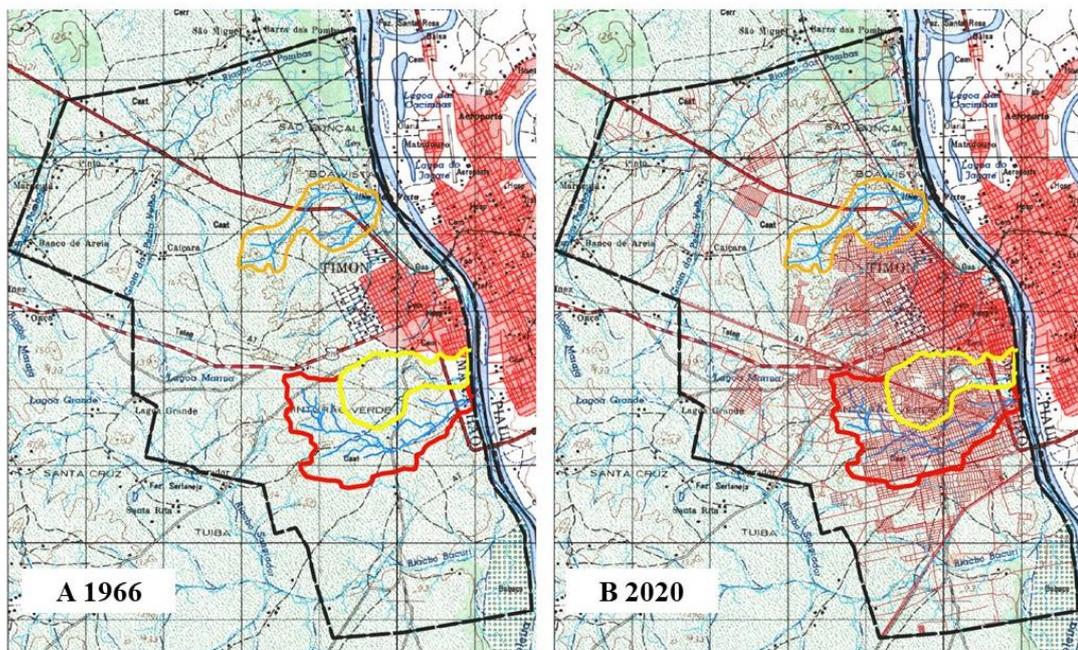
A partir dos anos de 1980 e 1990, a cidade de Timon, obteve uma tendência demográfica de crescimento populacional mais significativo e que tem sido acompanhado da ocupação dos espaços vazios da cidade e com a aplicação de obras que têm favorecido a valorização dos terrenos. E essa valorização, de terrenos, na perspectiva desta abordagem da pesquisa, equivale a modificações topográficos do mesmo. O parcelamento do solo de Timon é formado por um grande número de pequenos e médios agrupamentos de lotes, não muito densos, separados por grandes vazios urbanos que não ocorrem apenas em função de terrenos não loteados, com pouca de infraestrutura (SILVA, 2010).

### 4.3 Formas antropogênicas atuais

#### 4.3.1 As Sub-Bacias dos riachos Açude, Bacuri e Pedras

De acordo com Gouveia (2010) as morfologias originais, denominadas aqui de naturais, podem ser consideradas como áreas que ainda não sofreram modificações significativas geradas pelo homem, através da urbanização ou outra atividade como a mineração. Para melhor compreensão da expansão da cidade, a partir da carta topográfica DSG, a seguir, pode-se observar a espacialização urbana até o ano de 1966 e em 2020. Na imagem (A) se identifica uma visualização geral do tamanho da cidade de Timon na década de 1960, e em (B) a situação em que se encontra a partir do crescimento urbano na atualidade, portanto, o seu atual sítio urbano (Figura 18).

Figura 18 - Cartas DSG, mostrando o crescimento da cidade de Timon, MA, entre 1966 e 2020

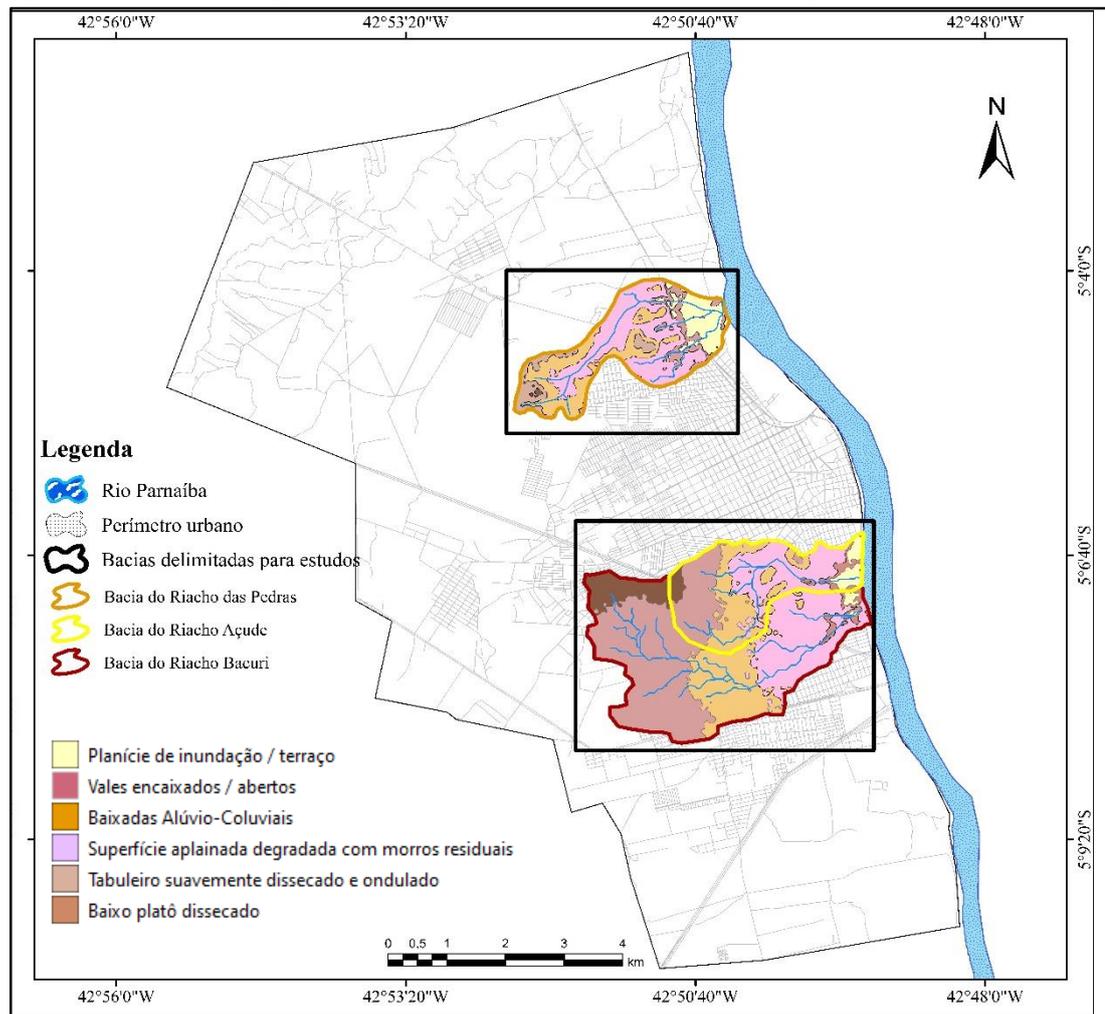


Legenda: Em A-1966, representa a cidade de Timon, com seu desenho das drenagens e a área edificada da época (em quadrículas na cor vermelha), e acrescida da delimitação das bacias do riacho Pedras (cor laranja); bacia Açude (cor amarela); bacia do riacho Bacuri (em vermelho). E em 2020, aplicação de uma sobreposição vetorial dos logradouros e o avanço urbano sobre as bacias, mostrando o aumento da cidade e surgimento de novos bairros. Base de dados: Carta topográfica - DSG (1966); IBGE (2020). Adaptação de Rafael José Marques (2021).

É possível observar que houve um grande crescimento urbano em Timon, sendo que a partir dos anos 90, possuindo um crescimento urbano e seu respectivo avanço imobiliário sobre as bacias em destaque na figura. E que a porção sul da cidade foi a que obteve mais avanços das construções na cidade. As bacias que demonstraram ter grande significativo crescimento da

urbanização foram as sub-bacias dos riachos Açude, com área de 3,96 km<sup>2</sup> e Bacuri, 7,6 km<sup>2</sup>, e dessa forma, essas duas bacias são as mais evidenciadas na pesquisa, mas sem ignorar a sub-bacia do riacho Pedras, com 4,39 km<sup>2</sup>. O mapa de compartimentação de relevo, permitiu identificar as formas de relevo e a drenagem naturais presentes e as suas modificações posteriores, a partir principalmente da intervenção urbana. Bem visíveis as sub-bacias urbanas dos riachos Açude, Bacuri e Pedras (Figura 19).

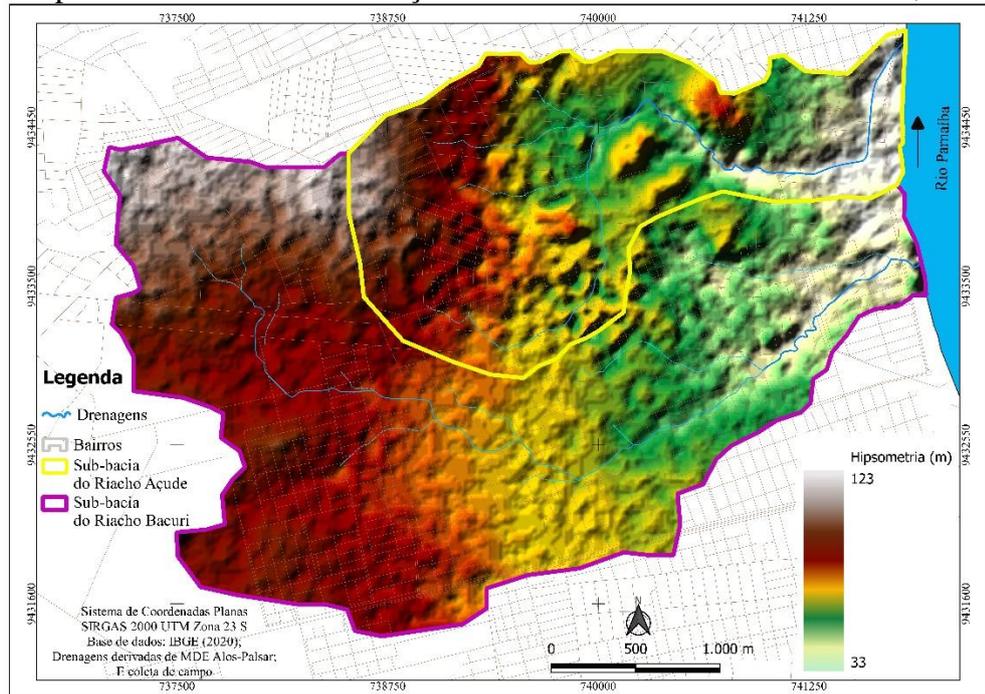
Figura 19 - Identificação das sub-bacias urbanas dos riachos Açude, Bacuri e Pedras



Fonte: IBGE (2020). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021)

A partir de algumas características morfométricas tais como a altitude e declividade, foram possíveis identificar e realizar mapeamento das formas de relevo das sub-bacias através de dados de modelos de terreno, observações em campo e com uso dos manuais do IBGE (2009) e CPRM (2021) constituiu uma base para definir os padrões de relevo (Figura 20 e 21).

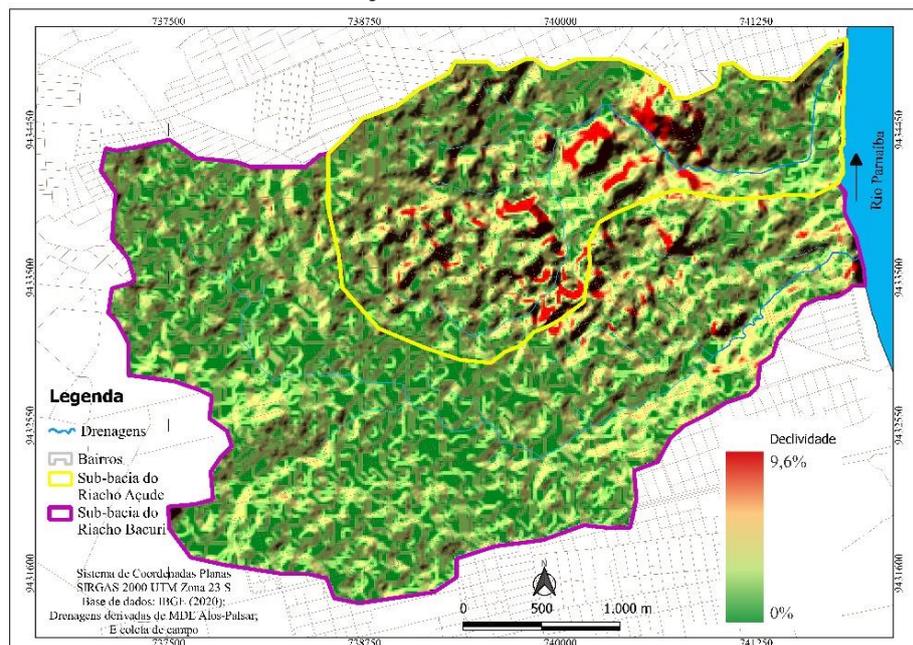
Figura 20 - Hipsometria das sub-bacias Açude e Bacuri na área urbana de Timon, Maranhão



Fonte: MDE, Alos Palsar (2011); Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

Observando a figura acima, pode-se notar a variação de altitude na área das bacias Açude e Bacuri que vai de 33 m a 123 m de elevação, representado por este modelo de hipsometria. E em sequência, com a declividade (Figura 21) com base na Embrapa (2006) possuindo porcentagem que varia de 0-3% (relevo plano); 3-8% (suavemente ondulado); 8-20% (ondulado) e 20-45% (fortemente ondulado) nas bacias do riacho Açude e Bacuri.

Figura 21 - Declividade das sub-bacias Açude e Bacuri na área urbana de Timon, Maranhão

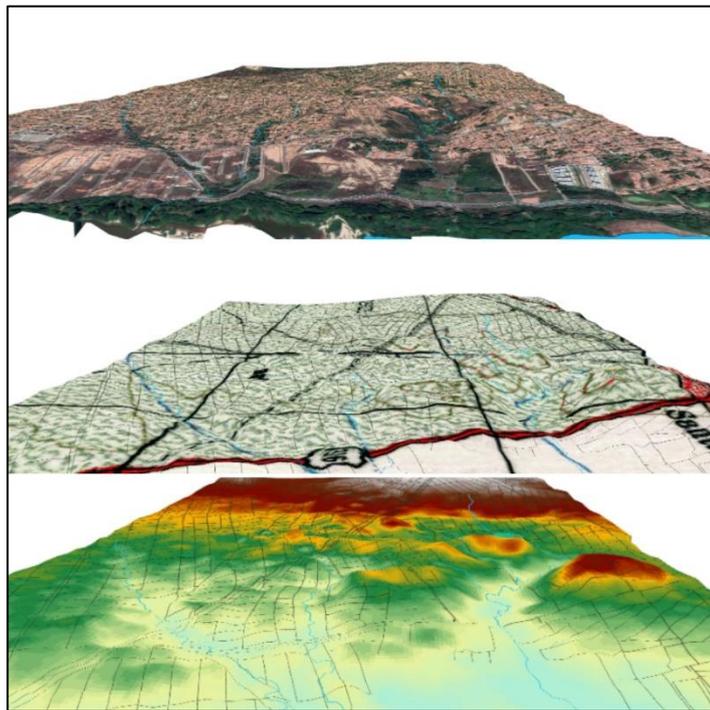


Fonte: MDE, Alos Palsar (2011). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

Observa-se, ainda, que na bacia do riacho Açude, a declividade é mais presente, estando na classe de fortemente ondulada, e ambas as bacias, Açude e Bacuri, possuem amplamente um modelado de relevo de dissecação, e com feições de topo de forma convexa. A drenagem ali presente, especialmente na bacia do Açude, possui levemente um vale encaixado, e com muitos alguns pontos já alterados, como aterros em canais, e desaparecimento das cabeceiras de drenagens pelo uso e ocupação urbana e tendo seu exutório alterado com mais surgimentos de aterros tecnogênicos.

Na bacia do Bacuri, também não é diferente, mesmo sendo maior, e com características de relevo muito mais dissecado de forma homogênea, como morros e colinas de vertentes convexizado e encostas suaves e com topos tabulares (Figura 22).

Figura 22 - Representação do modelado na sub-bacia hidrográfica do riacho Bacuri, 2020.

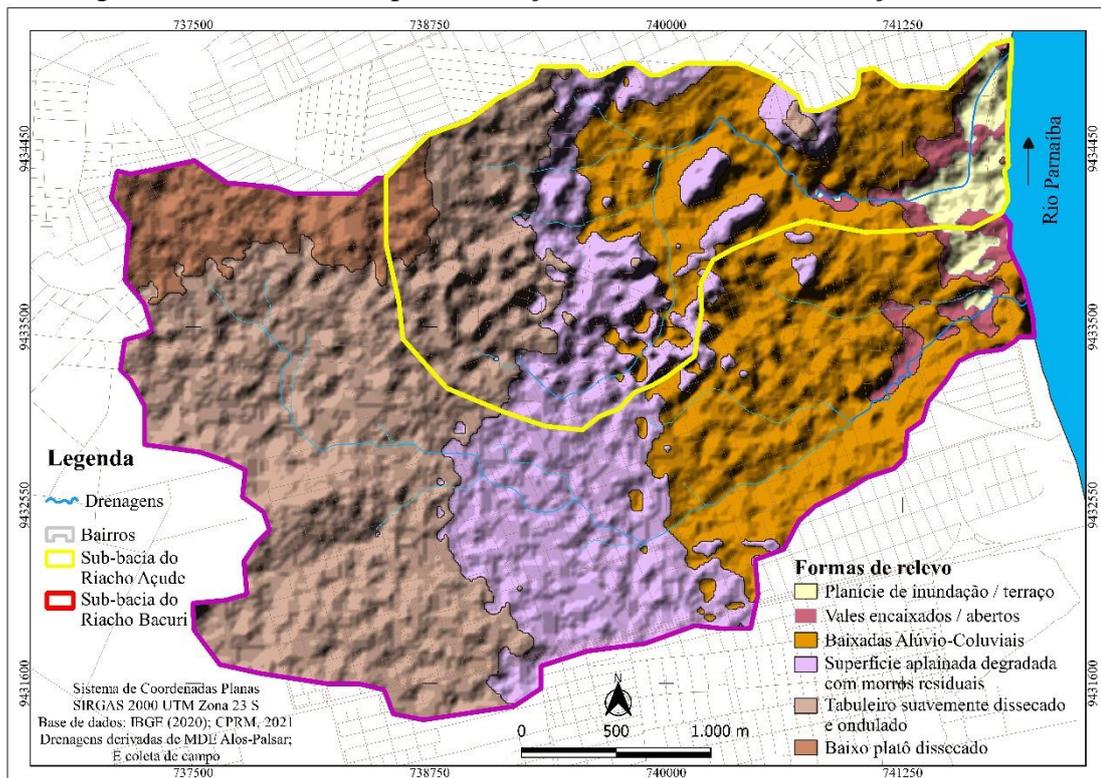


Fonte: MDE, Alos Palsar (2011), DSG (1966); Google Earth (2020); Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

Pelo processo de urbanização, parcialmente sem um planejamento adequado, a cidade apropria-se de forma a não conseguir realizar infraestruturas que possa gerar menos impacto, como desaparecimento dos pequenos afluentes, a própria ocupação urbana, a canalização do leito com construções de calçamento e galerias, gerando problemas de drenagens, com escoamento superficial concentrado e muitas das vias presentes nas bacias verificadas nesta pesquisa.

Importante ter a aquisição e reconhecimento dos padrões e formas de relevo. E adquirir a aquisição de dados sobre a superfície da terra e que se faz através da identificação das formas em campo, depois ao processamento em carta topográfica para identificar o relevo, ali presente (FLORENZANO, 2008). Diante a isso, mapas das formas de relevo das bacias Açude, Bacuri e riacho Pedras são necessários como base a compreender o relevo base das bacias, para que em seguida possa ter o conhecimento das modificações dessas formas (Figura 23).

Figura 23 - Carta de compartimentação do relevo, sub-bacia Açude e Bacuri

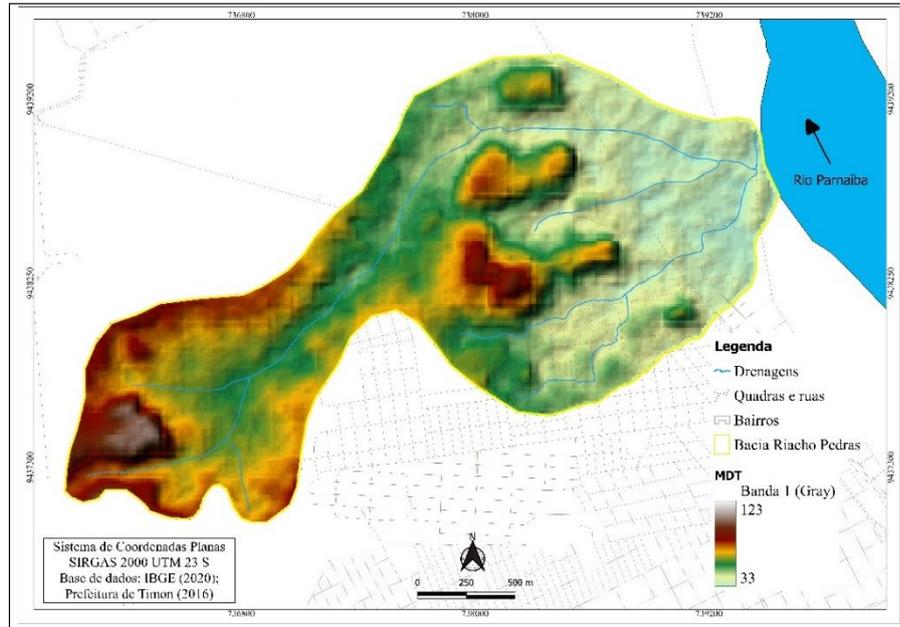


Fonte: MDE, Alos Palsar (2011), CPRM 2020; Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

Diante da identificação dos padrões e forma de relevo nas bacias Açude e Bacuri, verifica-se que, com base na CPRM (2021), e informações de campo, a primeira classe foram as Planícies de inundação e terraços fluviais existente, em confluência ao rio principal que o exutório leva, o Rio Parnaíba, em seguida tendo a formas de Vales encaixados e abertos, adiante, com formas de Terrenos Aluviais e Colúviais, em superfícies de aplanamento, em seguida os Tabuleiros suavemente e ou muito dissecado e mais, um Baixo Platô dissecado, onde localiza e se caracteriza as antigas cabeceiras de drenagens, hoje impactadas.

A partir da interpretação do mapa com a hipsometria, com relevo sombreado, da bacia da Pedras, pela altitude, podem-se identificar feições ou formas predominantes, tais como: colinas, morros e morrotes, vales (Figura 24).

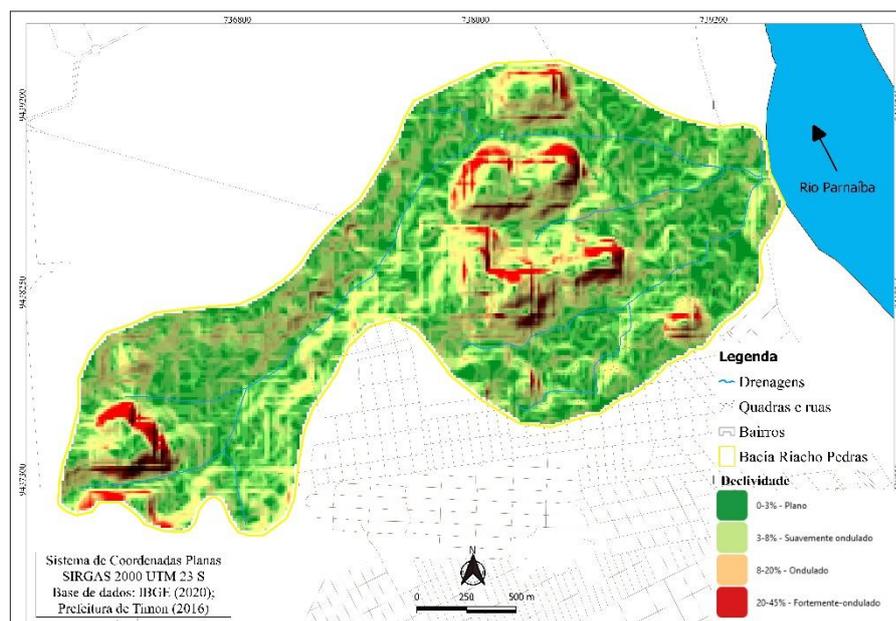
Figura 24 - Hipsometria e declividade da sub-bacia do riacho das Pedras



Fonte: MDE, Alos Palsar, (2011); Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

As classes altimétricas existentes no modelo digital de elevação desta bacia, expõem altitudes que variam de baixa a média e apresentam diminuição no sentido oeste para leste, em direção ao seu exultório junto ao rio Parnaíba. E acrescido de um mapa de declividade, mostra que os locais vertentes mais íngremes neste recorte de bacia (Figura 25).

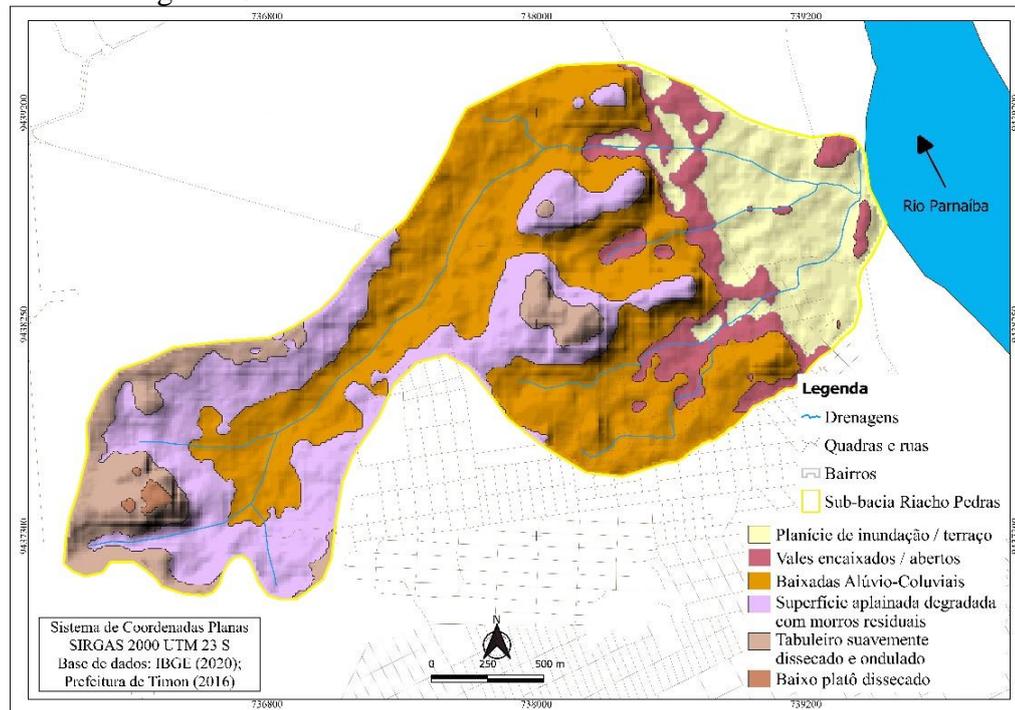
Figura 25 - Declividade da sub-bacia do riacho das Pedras



Fonte: MDE, Alos Palsar, (2011); Embrapa (2006); Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

A bacia do riacho Pedras, possui características morfológicas que podem ser descritas, primeiramente pela altitude, a hipsometria com variação de 33m a 123m do terreno, derivado de uma modelagem digital de elevação de um produto *raster* de 12 metros de resolução espacial. A declividade, que segundo Florenzano (2008), é a inclinação do relevo em relação ao plano horizontal. Seguindo a mesma aplicação metodológica da Embrapa (2006) de percentuais dos valores apresentado na modelagem de inclinação das vertentes, que varia de 0-3% (plano); 3-8% (suavemente ondulado); 8-20% (ondulado) e 20-45% (fortemente ondulado) (Figura 26).

Figura 26 - Formas de relevo da sub-bacia do Riacho Pedras

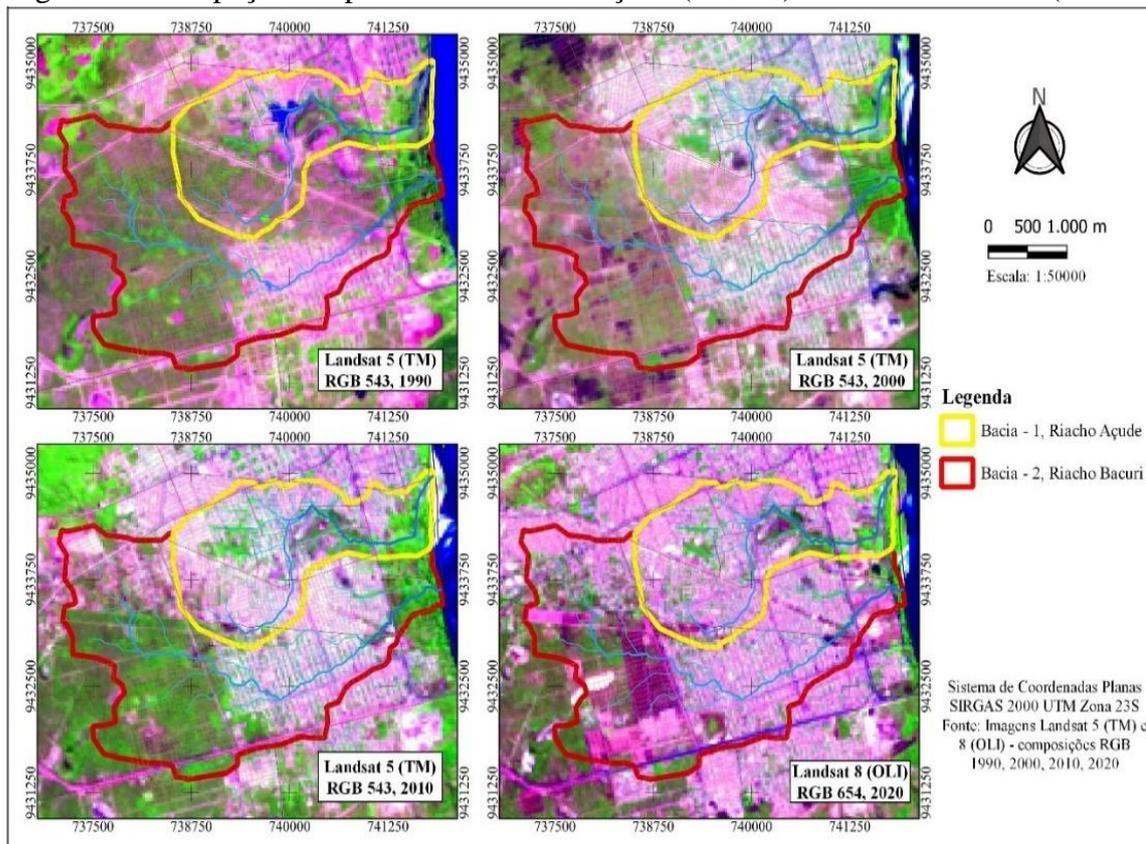


Fonte: MDE, Alos Palsar, (2011); CPRM (2021). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

Tendo em vista essas características morfológicas e morfométricas das sub-bacias, por diante, torna-se necessário a análise do processo de uso e ocupação, especialmente na escala temporal proposto na metodologia e que as transformações na superfície, nas compartimentações e nas sub-bacias hidrográficas, com relação sistêmica da compartimentação geomorfológica dessas bacias e ações moderadoras do homem.

Para tanto, foram trabalhadas imagens de satélite para as áreas estudadas, primeiramente na bacia do Açude e Bacuri e em seguida a bacia do Pedras, com uma série temporal iniciado em de 1990, para identificação dos respectivos usos, ocupação e cobertura da terra urbana, e finalizando no ano 2020, (Figura 27).

Figura 27 - Ocupação temporal da sub-bacia Açudefe (bacia 1) e sub-bacia Bacuri (bacia 2)



Fonte: Imagens *Landsat* (1990; 2000; 2010 e 2020). Organização e Geoprocessamento: Rafael Marques (2021).

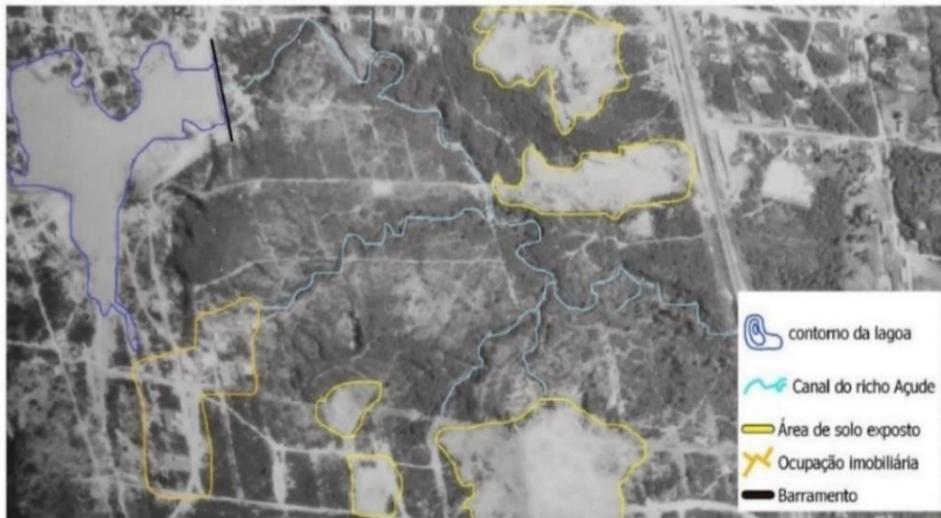
O avanço urbano sobre as sub-bacias do riacho Açudefe, em amarelo, sobre o riacho Bacuri, em vermelho. O registro de 1990, mesmo com baixa resolução espacial (30 m), da imagem do *Landsat* 5, é possível identificar as primeiras características ainda não muito modificadas em comparação à atualidade.

Como exemplo de utilização da bacia hidrográfica como unidade territorial para estudos tecnogênicos, cita-se os trabalhos de Perez Filho et al. (2001), e Rodrigues (2006) e Gouveia (2010) que avaliaram a ação antrópica sobre sistemas morfohidrográficos a partir da análise histórica do comportamento dos canais de drenagem em bacias hidrográficas. Importante salientar que o corpo d'água presente até o ano de 1990, pertencente ao canal do riacho Açudefe, e que sofreu grande processo antrópico, primeiramente por ocorrer um barramento no curso natural, e com a ocupação nos seus arredores foi tornando-se mais densa e desordenada e com modificações na forma do canal fluvial e que início da década de 1990, o corpo hídrico sofre drástica modificação, sendo totalmente antropizada nos seguintes anos 90.

Para uma comparação e análise dessa formação antropogênica, foi adquirida, junto a Prefeitura de Teresina, uma fotografia aérea de 1983, que na porção do território da cidade de

Timon, deste mesmo ano, foi registrado a lagoa ainda presente e com visível barramento e com certas características de solos expostos (Figura 28).

Figura 28 - Imagem aérea de Timon destacando a área da lagoa do riacho Açude, em 1983



Fonte: Prefeitura de Teresina / Cruzeiro S.A, março de 1983. Adaptado pelo autor (2022)

Nesta fotografia área de Teresina-PI, de 1983, captada na escala de 1:15.000, executado pela empresa Cruzeiro S.A que na época também fez os registros da cidade de Timon em grande parte de sua área urbana. Na imagem possibilitou realizar identificação de feições áreas já modificadas e com áreas em expansão. E em comparação, no mesmo local, com imagens do Google Earth, ano de 2020, com urbanização consolidada e modificações evidente no terreno, com as ocupações és residências e equipamentos públicos (Figura 29).

Figura 29 - Representação da área onde existiu a lagoa, riacho Açude, ano de 2020



Fonte: Google Earth Pro, 2022. Adaptado pelo autor (2022)

Verifica-se, com delimitação em azul, a ocupação onde era a lagoa, percebe-se, além do corpo d'água, as sinuosidades presentes no riacho Açude e seus canais afluentes e que já indicava significativa transformação ou perturbação com base em Nir (1982) e Rodrigues (1997; 2005; 2010).

Para França Junior (2010) o uso e a ocupação é uma análise multitemporal, e pode ser considerado como um geoindicador de mudança devido ao período de ocupação. Provavelmente com o avanço urbano, e ocupação da cabeceira de drenagem a nascente não mais corre água. Os registros dos fatos em imagens de satélite e em documento cartográfico, indicam uma representação e distribuição das áreas, podendo mostrar diferentes formas de uso do espaço, tanto rural como urbano.

A lagoa, em sua forma natural, pode ter alcançado, em cheia, em torno de 210.483 m<sup>2</sup> ou 21 ha. E no presente esse corpo hídrico não mais existe, ocasionado por aterramentos, até que ficasse somente um veio do talvegue de escoamento das águas. E no lugar, havendo um prédio público, escola.

Este prédio, uma escola de ensino médio, que no início os anos 90, foi constituído uma grande estrutura de escola secundarista para a época, uma escola modelo de ensino no país, sendo um Centro de Atenção Integral à Crianças - Caic. Um modelo de prédio replicado nos finais dos anos 80 e 90, derivado de uma política pública educacional a ser aplicado na cidade. Funcionou por alguns anos, porém, por questão de gestão passou anos depois sem funcionar e com danos a sua infraestrutura numa localização inadequada.

E hoje, com estrutura recuperada, a escola em funcionamento, com um novo modelo absorvido pela política educacional do estado do Maranhão, como escolas de ensino militar. E no pretérito não muito distante, era uma lagoa e de escoamento fluvial que passou por um significativo impacto negativo, um processo de modificação antropogênica.

Essa modificação se relaciona aos geoindicadores indicados no processo metodológico e este exposto nas figuras 27 e 28, indica o processo que descaracteriza totalmente um elemento natural, trazendo para si mudanças na paisagem e uma nova remodelação daquele relevo ali presente. Por seguinte a situação na atualidade e ação antrópica visível do ano de 2020, em períodos de chuvas e precipitações consideráveis, gerando um escoamento concentrado e carregado de sedimentos (Figura 30).

Figura 30 - Fotos do leito do riacho Açude, canalizado por traz da construção de uma escola e residências nas proximidades, Pedro Patrício, Timon.



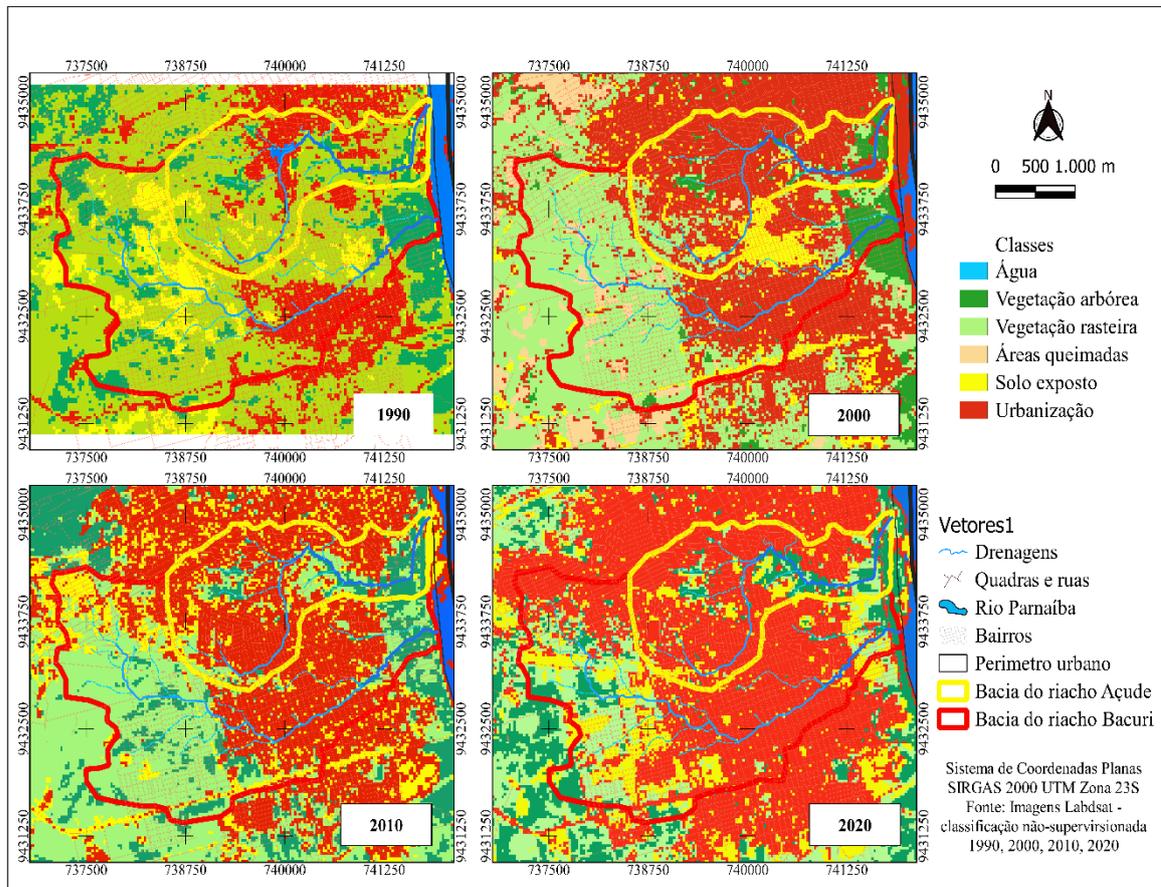
Fonte: registro de campo. Rafael José Marques (Abril, 2022).

Pode-se afirmar que o no caso o canal do riacho Açude, o estágio de urbanização implica em as derivações antropogênicas, como consequências de intervenção direta e certa negligência sobre os canais urbanos, com um avanço imobiliário sem planejamento, em áreas de residências e de prédios públicos, e como mostra a imagem acima, tendo uma escola sobre o canal fluvial modificado. E ainda é possível visualizar estruturaras não conservadas de sistemas de drenagem. À medida que a urbanização numa bacia hidrográfica se intensifica e se consolida, a participação do escoamento superficial na hidrodinâmica se torna ainda mais significativa.

A impermeabilização das superfícies (edificações, pavimentação de lotes e vias de circulação), a instalação de condutos pluviais e o próprio arruamento, diminuindo a infiltração de água no solo e, gerando impermeabilização e aumento do escoamento concentrado (GOUVEIA, 2010), gerando processos erosivos, e atraindo esgotamento sem tratamento e descarte de resíduos sólidos, principalmente.

Para compreensão utilizou-se imagens de uso e cobertura para retratar numa linha temporal as modificações nas bacias do riacho Açude, e Bacuri, ao norte da cidade. Foi utilizado a classificação supervisionada numa alternância e anos e com composições de imagens de satélites, dos anos de 1990, 200, 2010 e 2020 (Figura 31).

Figura 31 - Uso e cobertura, bacias do riacho Açude e Bacuri



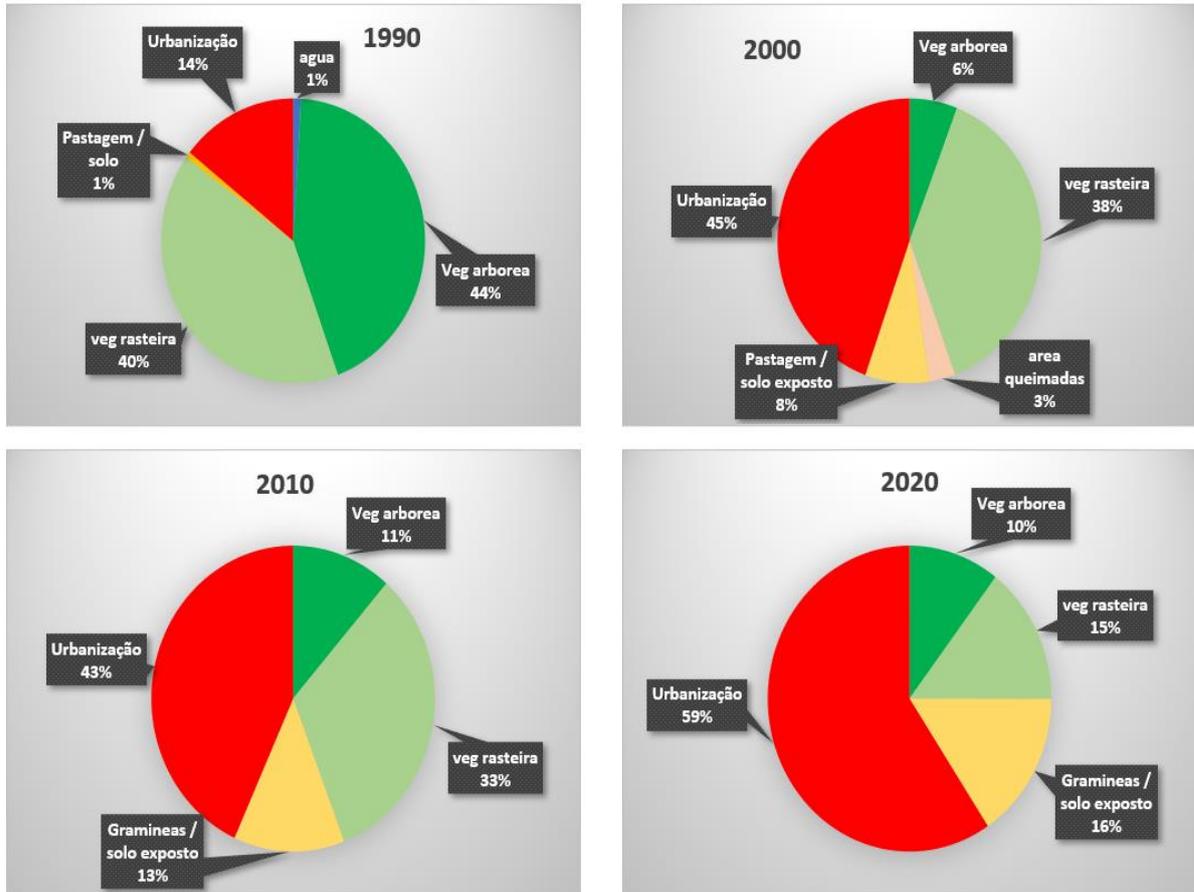
Fonte: Imagens *Landsat* 5 e 8 (1990; 2000; 2010 e 2020). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

Para uma melhor compreensão, utilizou-se classificação supervisionada, baseado em Fitz (2008), que é um método de interpretativo com vista a quem já conhece o território ou espaço estudado.

A imagem é classificada em determinadas classes pré-definidas por quem está mapeando o local. Com vetorização de feições ou atividades já preestabelecidas, dará uma contribuição no auxílio para uma classificação supervisionada para uma padronização e identificação das classes que se deseja registrar. A exemplo das classes intencionadas a espacializar presentes na imagem, o que chamamos de áreas de treinamento, (FITZ 2008).

Por tanto, ao analisar cada classe considerada, foram gerados valores tanto em porcentagem dos usos e coberturas existentes nos anos verificados, e que podem ser observados adiante (Figura 32).

Figura 32 - Gráficos de uso e cobertura das sub-bacias do riacho Açude e Bacuri, anos de 1990 a 2020



Fonte: Imagens *Landsat* 5 (1990; 2000; 2010) e *Landsat* 8 (2020). Organização: Rafael Marques (2021).

Observando tanto a figura, com respectivos gráficos, identifica-se o crescimento urbano nas áreas destas sub-bacias estudadas referente aos anos de 1990 a 2020, indicando que a área urbanizada cresceu, no período, apenas de 14%, para 31%, nas bacias nos riachos Açude e Bacuri e 28% na sub-bacia do riacho das Pedras.

À atenção para a redução significativa de uma lagoa, presente na bacia do riacho Açude, no ano de 1990, tendo uma porcentagem de 1%, nesta bacia e no ano de 2000 adiante, o seu total desaparecimento, como consequência da ocupação urbanana sub-bacia hidrográfica do riacho Açude e pelo processo de urbanização.

Considerando que a expansão urbana de Timon foi bem expressiva, para o norte e para o sul da área já ocupada na até a década de 1990, principalmente para áreas anteriormente consideradas como zona rural e, portanto, ainda mantendo intensa cobertura vegetal, na área das sub-bacias dos riacho Açude e riacho Bacuri, fez-se a utilização de uma média de

covariância de pixel amostrais das imagens do *Landsat*, 5 e 8 destas áreas, mesmo com uma resolução de 30 metros, optando-se por essas por serem representativas de uma séria histórica.

Dessa forma, por procedimentos da análise visual de imagens, com relação aos aspectos de padrão, tonalidade e cor, forma e tamanho, textura e sombra, e qualidade do produto, somadas ao conhecimento adquirido em trabalhos de campo na área de estudo para observação direta, foram identificadas e mapeadas as seguintes classes: Cobertura vegetal arbórea; Cobertura vegetal arbustiva; Pastagem com Área de queimadas e Solo exposto; Área urbanizada, em termos percentuais aproximados, buscando identificar as mudanças ocorridas entre os anos de 1990 a 2020 (Quadro 15).

Quadro 15 - Identificação de classes de cobertura e uso do solo nas sub-bacias dos riachos Açude e Bacuri, nos anos de 1990 a 2020.

Classes	Características da cobertura e uso da terra	Área em 1990 (Km <sup>2</sup> )	Área 2000 (Km <sup>2</sup> )	Área 2010 (Km <sup>2</sup> )	Área 2020 (Km <sup>2</sup> )
Vegetação arbórea	Vegetação secundária de médio a grande porte, típico da região com extensas áreas de palmeira babaçu com espécies do tipo cajazeiras e angicos, típicos de região ecótono de Mata de cocais ao bioma Cerrado.	44%	6%	11%	10 %
Vegetação rasteira	Vegetação secundária rasteira (com ou sem palmeira), com aumento da área imobiliária e avanço da urbanização.	40%	38%	33%	15 %
Área De queimadas	Cicatrizes de queimadas nas áreas de expansão residencial da cidade, diminuindo cada vez mais a mancha de vegetação rasteira.	---	3%	13%	--
Solo exposto	Solo desnudo, principalmente utilizada para retirada irregular de barro e argila para uso na construção civil, avançando sobre as formas de relevo, deixando vestígios como morros residuais.	1%	8%	13%	16%
Urbanização	Área edificadas e/ou pavimentada resultante dessa transformação pelo crescimento imobiliário, atual.	14%	45%	43%	59%

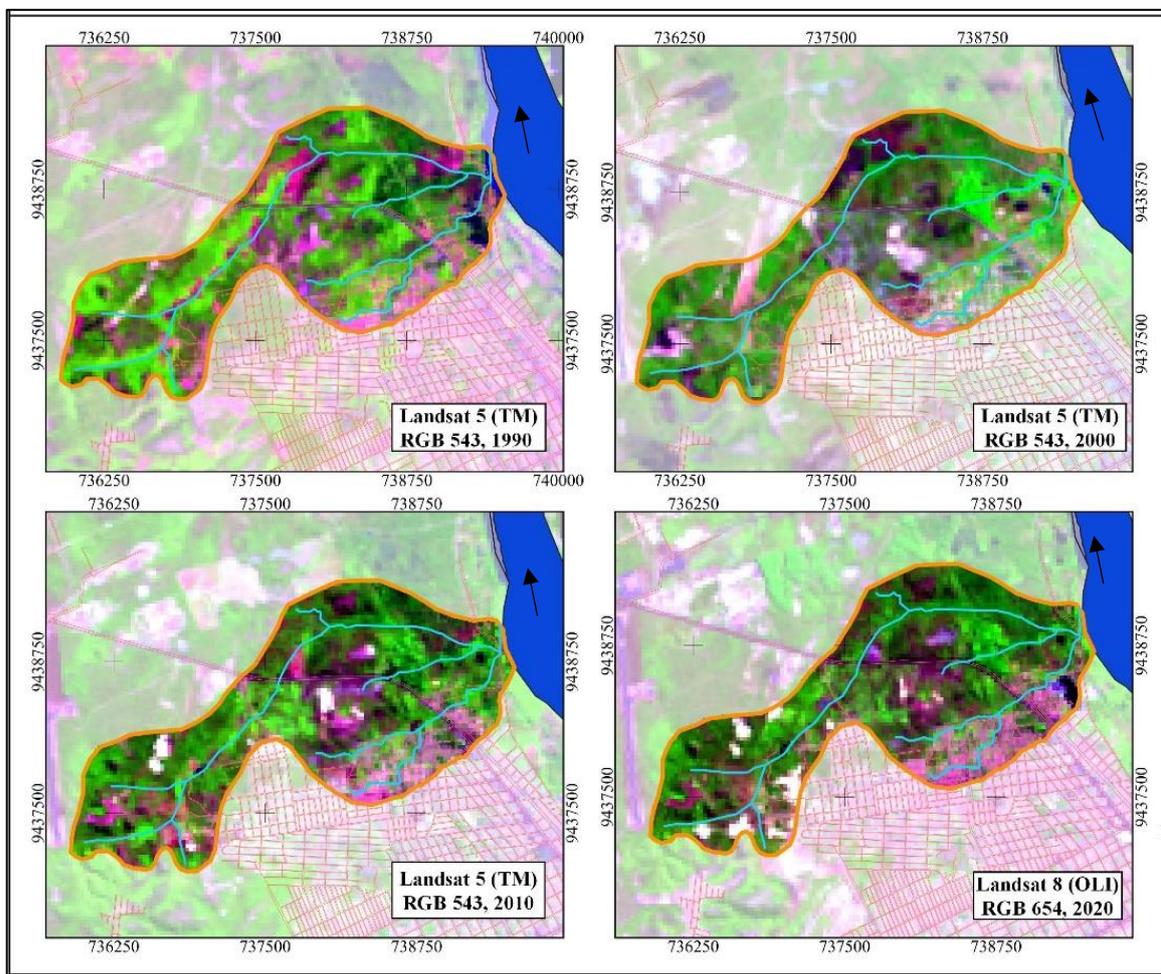
Fonte: Imagens *Landsat* 5 (1990; 2000; 2010) e 8 (2020). Organização: Rafael José Marques (2021).

O uso do solo dessas bacias estudadas, tem um total de áreas construídas em 59% ocupada, podendo ser considerada uma área impermeável pela passar dos últimos anos, com um quadro variado de construções civis, tais de imóveis / conjuntos residenciais, prédios

comerciais e públicos. Tendo seus canais de primeira ordem, dessas sub-bacias deformados ao passar do tempo.

Utilizando o processo de análise temporal por imagens de satélites a sub-bacia do riacho das Pedras obteve uma determinada ocupação ao passar dos anos de 1990 a 2020. Está ocupação áreas de atividades do por extração de determinados materiais para uso na construção civil (argila vermelha, saibro), e essa atividade gerou cicatriz que podem ser vistas pelas imagens de satélites como manchas brancas, de solo exposto (Figura 33).

Figura 33 - Ocupação urbana temporal da sub-bacia riacho Pedras, no período de 1990 a 2020



Fonte: Landsat 5 e 8; Sentinel 2<sup>a</sup>. Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

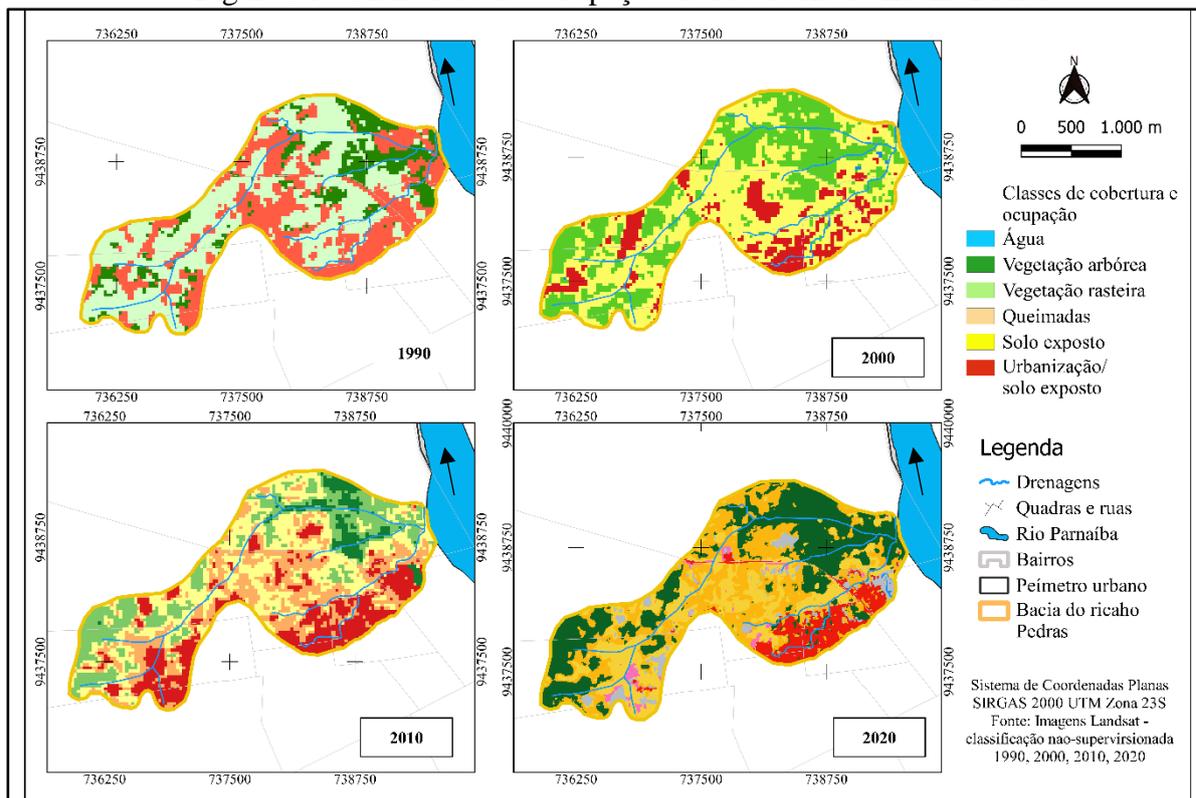
No contraponto a cidade, possui algumas leis que podem ou deveriam auxiliar na organização espacial. Tais leis são: Lei Municipal nº 2121 de 2018, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano; Lei Municipal nº 1384 de 2006, que dispõe sobre o Plano Diretor Participativo; Lei Municipal nº 1578 de 2009, que Cria Zonas de Especial Interesse Social e

Plano Habitacional de Interesse Social; Lei Municipal nº 1940 de 2014, que denomina e delimita os bairros do município de Timon-MA.

E ainda a Lei Municipal nº 028 de 2014, que dá nova redação ao Código Municipal de Postura do Município de Timon; Lei Municipal nº 033 de 2015, que Institui o Código de Obras e Edificações; Lei Municipal nº 2026 de 2016, que dispõe sobre nova delimitação do perímetro urbano da cidade de Timon-MA.

Adiante, analisou-se, por classificação não supervisionada e supervisionada, a ocupação da sub-bacia do riacho Pedras, entre 1990 e 2020. O processo, uso e ocupação dessa sub-bacia. Este mapa indica a distribuição espacial da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões em classes pré-determinadas na classificação através de análise em imagens por sensoriamento remotamente (Figura 34).

Figura 34 - Classes de uso ocupação da sub-bacia do riacho Pedras

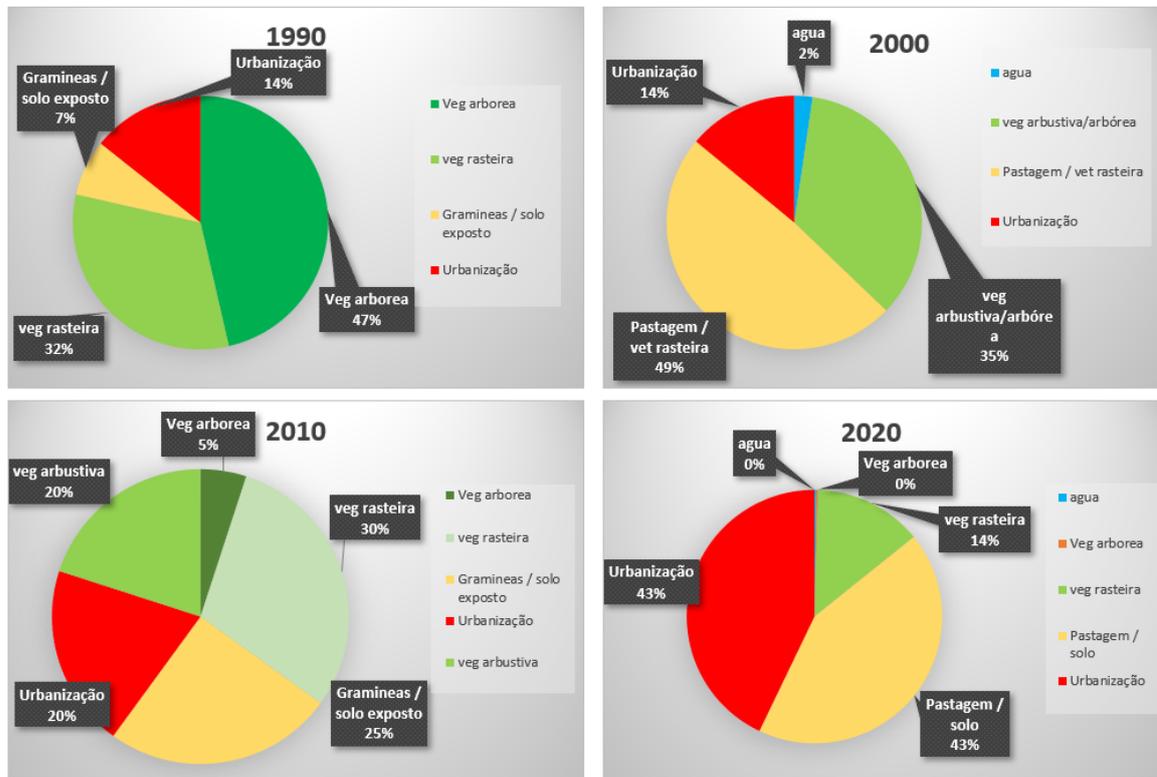


Fonte: Landsat 5 e 8; Sentinel 2A. Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2021).

As ocupações da bacia Pedras, que diferente das outras bacias verificadas, ainda se encontra sob processo inicial de urbanização, por situar-se ao norte, afastada da área central da cidade, sem um vetor de expansão imobiliária que tivesse atrativo para uma ocupação densa. No entanto, esta condição não inibiu determinados fatores para modificações em sua superfície, nela ocorrendo outras intervenções que resultaram em áreas de queimadas, pastos, supressão de

vegetação, e a apropriação e alteração de canais fluviais. Na figura 35 estão representadas as áreas das classes de uso e cobertura da terra de 1990 a 2020 desta sub-bacia do riacho Pedras.

Figura 35 - Gráficos de uso e cobertura das sub-bacia do riacho Pedras, anos de 1990 a 2020



Fonte: Imagens *Landsat* 5 (1990; 2000; 2010) e *Landsat* 8 (2020). Organização e Organização: Rafael José Marques (2021).

Para esta sub-bacia do riacho Pedras foram identificadas e mapeadas as seguintes categorias ou classes: Cobertura vegetal, Área de queimadas, Solo exposto e Área urbanizada, em termos percentuais aproximados, buscando identificar as mudanças ocorridas entre os anos de 1990 e de 2000. Ver quadro a seguir (Quadro 16).

Quadro 16 - Classes de cobertura e uso do solo na sub-bacia do Pedras, nos anos de 1990 a 2020.

Classes	Características da cobertura e uso da terra	Área (%)			
		1990	2000	2010	2020
Vegetação arbórea	Vegetação secundária de médio a grande porte, com extensas áreas de palmeira babaçu com espécies do tipo cajazeiras e angicos, típicos da Mata de cocais do bioma Cerrado.	47%	55%	5%	0%

Vegetação rasteira	Vegetação secundária rasteira (com ou sem palmeira), com aumento da área imobiliária e da urbanização.	17%	49%	30%	14 %
Queimadas	Cicatrizes de queimadas nas áreas de expansão residencial da cidade, diminuindo cada vez mais a mancha de vegetação rasteira.	--%	14%	20%	--%
Solo exposto	Solo desnudo, principalmente utilizada para retirada irregular de barro e argila para uso na construção civil.	2%	--	25%	43%
Urbanização	Área edificadas e/ou pavimentada resultante da transformação pelo atual crescimento imobiliário.	14%	14%	20%	43%

Fonte: Imagens *Landsat* 5 (1990; 2000; 2010) e 8 (2020). Organização: Rafael José Marques (2021).

Após essas características da morfológica destas sub-bacias analisadas, ambas em área urbana, verifica-se que sofreram mudanças nítidas pelo processo de urbanização, e esse processo com consequências na modelado do relevo. Essa observação não é exclusiva de Timon, provavelmente, com base em autores já vistos, seja mais comum em tantas outras cidades.

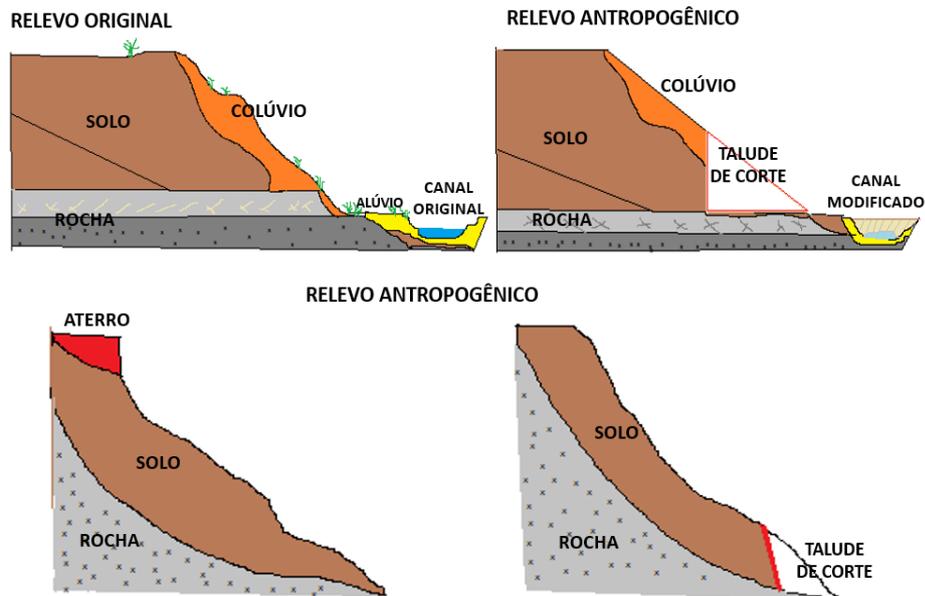
#### 4.3.2 - Estados de perturbação: relevos antropogênicos e depósitos tecnogênicos

A morfologia antropogênica de Timon presente nas bacias analisadas, apresenta feições relativamente de fácil reconhecimento, ou por taludes de corte em colinas ou por planificação do terreno, aterramentos e ainda por modificação de canais fluviais ou de lagoas. No entanto, o que mais chama a atenção nessa morfologia são os aterros tecnogênicos identificados nessas sub-bacias, o que pode ser atribuído, geralmente, a uma precarização da urbanização e que é confirmada pelas contradições do processo urbano em expansão com novos conjuntos imobiliários e, ao mesmo tempo, por uma permanência das periferias sem infraestrutura em vias não pavimentados, ou sem sistema de esgotamentos doméstico e pluvial.

A antropogeneização do relevo, considerada por Luz (2014), decorre de diferentes agentes de intervenção nos período pré-urbano, urbano, urbano consolidado e urbano atual. A investigação das condições geotécnicas das unidades de relevo mostrou a existência de espessos depósitos argilosos de origem quaternária na base dos depósitos tecnogênicos. Os principais depósitos tecnogênicos identificados foram os materiais de origem degradada, espólica, gárbica e úrbica. Com base nas características naturais e as configurações das modificações produzidas pelo homem nessas sub-bacias analisadas.

Foram elaborados desenhos esquemáticos que possam representar as formas modificadas locais identificados na cidade, com as características que correspondesse aos locais em estudo nas bacias com feições possuindo características de relevo antropogênico, ou seja modificados pela ação humana nas pequenas bacias urbanas delimitadas (Figura 36).

Figura 36 - Esquema do relevo antropogênico - bacias hidrográficas estudadas, Timon, Maranhão



Fonte: Elaboração com base nas observações em campo. Rafael José Marques (2022).

Pode averiguar aqui, as modificações que ocorrem em determinadas formas de relevo que o homem realiza, gerando cortes abruptos na vertente. Fujimoto (2005) destaca que pode se identificar configurações menores produzidas por processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzidas pela ação humana, tais como sulcos erosivos, cones de dejeção tecnogênicos ou cicatrizes de solapamento.

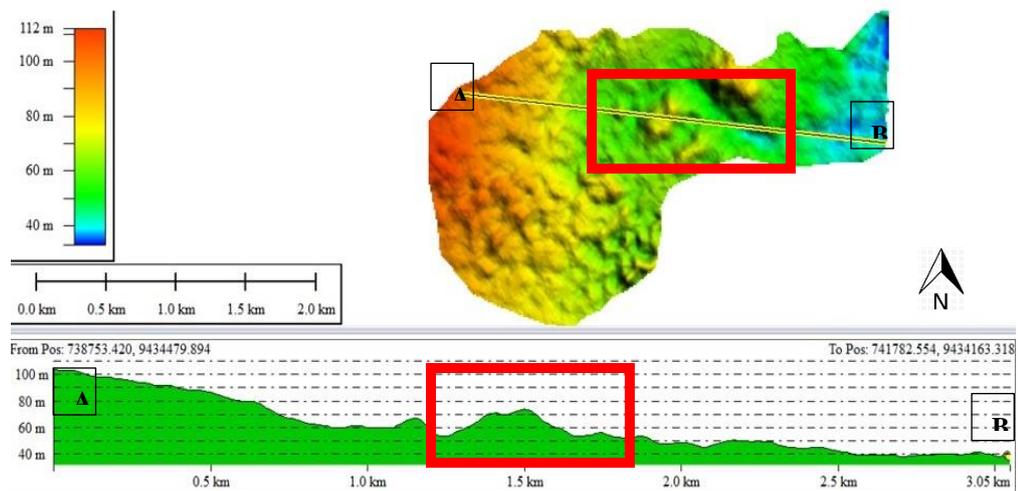
#### 4.3.3 Estado 1 de perturbação - Modificações dos canais nas sub-bacias

A compartimentação da bacia foi realizada a partir do método de análise topológica de redes fluviais, descrito por Christofletti (1980). E cada bacia possuindo morfometria com os seguintes dados: bacia 1 (A) com 3,968 km<sup>2</sup>; bacia 2 (B), 7,672 km<sup>2</sup>; bacia 3 (C) 4,281 km<sup>2</sup>. Para compreender as relações existentes entre as alterações do relevo e as modificações nas formas dos canais fluviais, parte-se da observação do entendimento do sistema bacia, suas características de uso e dinâmica de ocupação.

Essas áreas foram escolhidas por serem visualmente significativas para tentar explicar e compreender espacialmente as causas e as consequências dessa alteração morfológica. As análises preliminares dos dados obtidos em campo e em sistema de informação geográfica, para mapeamento geomorfológico com base na ordenação taxonômica de Ross (1992), com maior ênfase do quarto ao sexto nível taxonômico onde podem se destacar as formas antropogênicas.

Para detalhamento, e aprofundamento, elaborou-se modelos digitais de terreno, das sub-bacias analisadas com seus respectivos perfis topográficos, (Figura 37), (Figura 38) e (Figura 39).

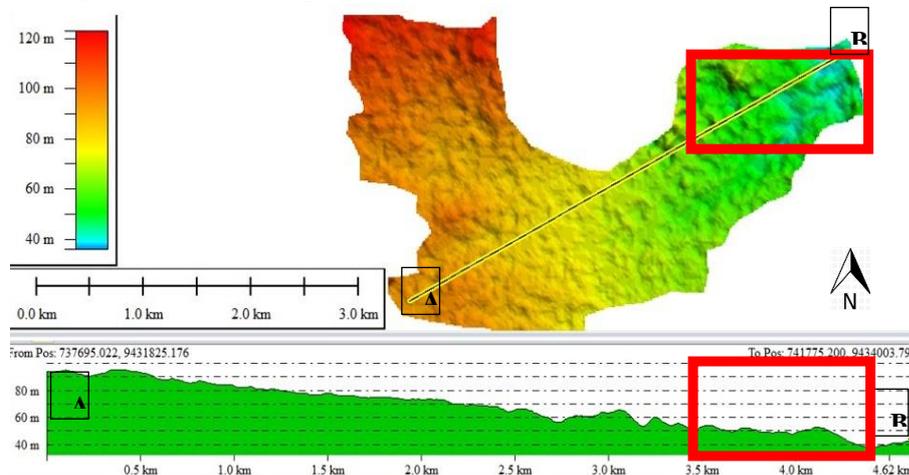
Figura 37 - Perfil topográfico das sub-bacia do riacho Açude.



Fonte: ASF-Alaska Satellite Facility. Alos Palsar/Prism, MDE (2011); Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022).

Foram realizados recortes determinantes em setores das sub-bacias para análise, especialmente os locais com maiores modificações identificadas. Nestes modelos são delimitados por um retângulo em vermelho nesses setores.

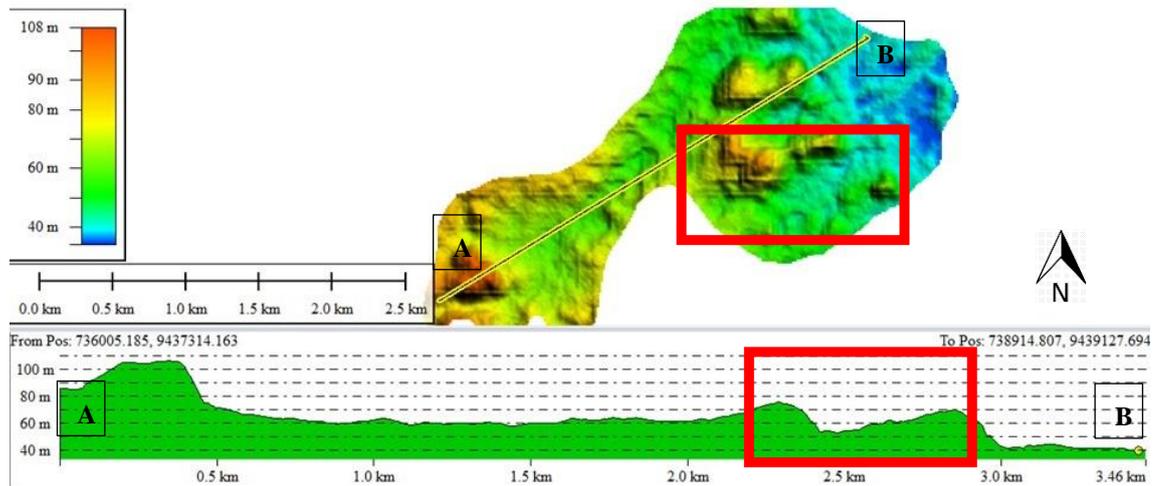
Figura 38 - Perfil topográfico das sub-bacia do riacho Bacuri.



Fonte: ASF-Alaska Satellite Facility. Alos Palsar/Prism, MDE (2011);  
Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022).

As altitudes do relevo, bacia do Açude e Bacuri, variam de 40m a 120 m altitudes e a bacia Pedras é de 40 a 108 m, como mostram os perfis sobre os MDE, gerado um modelo de terreno. As delimitações em vermelho, indicam locais com maiores cicatrizes de corte no relevo, com novas formas de relevo.

Figura 39 - Perfil topográfico da sub-bacia do riacho Pedras



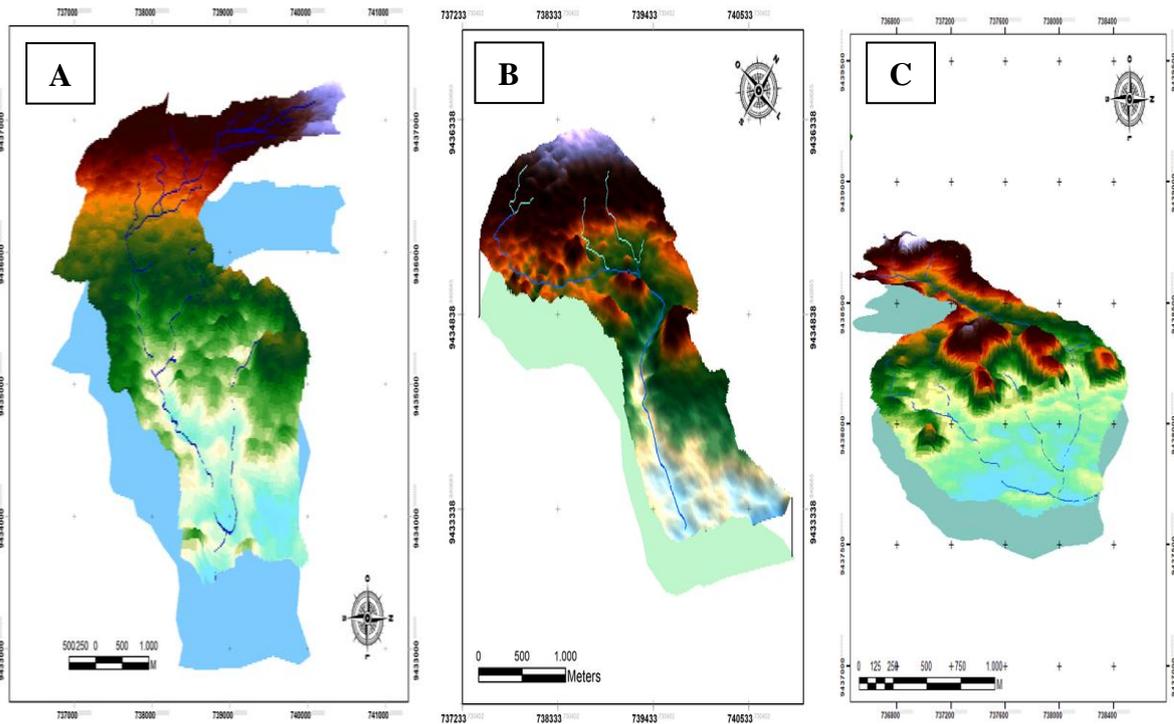
Fonte: ASF-Alaska Satellite Facility. Alos Palsar/Prism, MDE (2011); Organização e Geoprocessamento: Rafael Marques (2022).

Todos esses modelos de terreno, indicam, em seus perfis, a altitude e forma das feições mais nítidas do relevo, sendo que dependendo da resolução espacial do produto, e que neste MDT é de 12,5m de resolução espacial, derivado da STRM, de 30 m. E constituem uma importante fonte de dados para análise morfométrica e morfológica. E aqui, demonstra as altimetrias com perfis topográficos, sendo que a bacia Açude, tem variação de base com 40 m a 100m no topo, em corte de leste a oeste.

Já a bacia Bacuri, tem base de 40 m a 80m, de nordeste a sudeste, demonstrando uma dissecação mais significativa. E a bacia Pedras, também de base de 40 m ao topo com 100m, em corte de nordeste a sudeste, com morros residuais presentes. A dissecação mencionada, é um processo que acontece “da foz em direção à montante, alargando os fundos de vales e isolando pequenos morros.

As definições propostas para bacia hidrográfica assemelham-se ao conceito dado por Barrella (2001), sendo definido como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. Nas sub-bacias (A-sub-bacia Bacuri; B-sub-bacia Açude e C-sub-bacia Pedras), observa-se como exemplo o interflúvio, como o divisor, e as das bacias com seus respectivos elementos (Figura 40).

Figura 40 - Modelagem 3D das sub-bacias dos riachos Bacuri, Açude e Pedras



Fonte: ASF-Alaska Satellite Facility. Alos Palsar/Prism, MDE (2011); Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022).

Os dois modelos de representação mostram e representam as sub-bacias no foco destes estudos, indicam uma representação da superfície das bacias, suas rugosidades, suas formas, demonstrando bem a dissecação e o levemente ondulado do terreno, com morros baixos.

Dessa forma, a modelação aqui exposta, traz uma compreensão e visualização do relevo, e que, com base em Lima (2013), a superfície dissecada com baixos morros residuais se caracterizam pela ocorrência de vales dissecados e morros residuais arredondados (LIMA, 2013 apud BARBOSA, 2020). E ainda Lima (2013), destaca que a morfodinâmica destas áreas é resultado dos processos de dissecação dos vales, gerando pela bacia do Parnaíba e afluentes.

Ao estado de perturbação mencionado refere-se as mudanças na paisagem que são evidenciados nas transformações da paisagem, especificamente sobre o relevo e a drenagem pelo processo do avanço imobiliário e demais equipamentos da urbanização sobre essas sub-bacias, e que com o passar dos anos vão se acumulando e aumentando a intensidade de mudanças, muitas vezes sem possibilidade de recuperação ou melhorias no ambiente para a população (Figura 41).

Figura 41 - Imagens mostrando a retificação/canalização do leito do riacho Bacuri, no período de 2005 a 2020



Legenda: Em 2005, no trecho de sua foz, ainda com sua forma preservada; Em 2009, continua com mantendo sua vegetação e forma; Já em 2015, havendo mudanças na forma do canal; E em 2020, mudança de forma de meandros para canalização, e com loteamento implantado ao local. Fonte: Google Earth, adaptado. Rafael José Marques (2021).

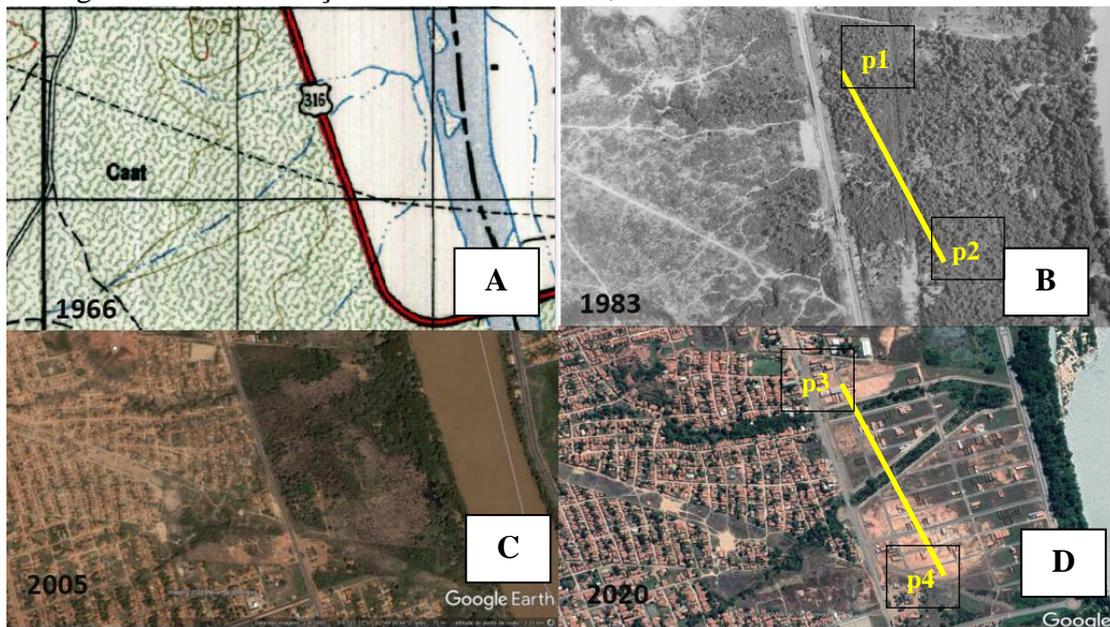
O estado de perturbação, como é mostrado nesta imagem, havendo modificação de terreno e canal fluvial devido a um empreendimento imobiliário, no ano de 2020, transformando a paisagem de parcialmente natural para um ambiente modificado, ou seja, uma característica de modificação do relevo, uma ação antropogênica.

Portanto, fica evidenciado o homem, através de suas atividades econômicas, como agente modelador do relevo, provocando mudanças rápidas na paisagem, e neste caso, na geomorfologia fluvial por atividades do processo de urbanização, principalmente sobre as leitos e margens de um canal e seu fluxo que, em alguns trechos, têm seu volume aumentado pela descarga de esgotos urbanos.

Assim, observou-se que as alterações mais significativas pela interferência humana na hidrografia são nos canais fluviais, tanto nas áreas de alto e baixo cursos dos riachos estudados, com modificação na forma original dos meandros, para uma forma retilínea em função da retirada do material dos baixos planaltos e morros para construção civil e dos aterros para o traçado das ruas, observados nos bairros localizados nas sub-bacias.

Essas mudanças foram identificadas na dimensão do canal, em relação ao fluxo, largura, profundidade, inclinação das margens trechos de retificação do meandro para canal retilíneo, como também a supressão de sua vegetação ciliar, implicando em as alterações na morfologia original das paisagens hidrogeomorfológicas urbanas em curto e médio prazos (Figura 42).

Figura 42 - Modificação do canal do riacho, no baixo curso da bacia do Bacuri



Legenda: Em A - Carta topográfica DSG, Em 1966; Em B - fotografia aérea de 1983, com corte transversal para compreensão topográfico na figura seguinte; C - Imagem do Google Earth, de 2005; e D - imagem do Google Earth de 2020. Adaptado pelo autor (2021).

O recorte temporal da pesquisa que se pretendeu iniciar em 1990, teve sua base de análise uma fotografia aérea da década de 1980, buscando verificar a morfologia original da área estudada. Os pontos p1 a p2 do perfil são de 1983, e os pontos numerados de p3 a p4 no perfil são datados de 2020.

As modificações identificadas nesta leitura dos perfis foram alterações no canal como: supressão da mata ciliar, alargamento do canal, o rompimento do dique marginal, o aumento da planície de inundação, e a formação de depósitos tecnogênicos.

Foi elaborada uma representação esquemática que também indicasse as modificações no relevo, no intuito de demonstrar as transformações de terreno de parte do leito menor da sub-bacia do riacho Bacuri. Foram identificadas as características gerais das alterações do relevo original e o estado atual na dinâmica de ocupação e uso da superfície. Foram elaborados perfis esquemáticos para demonstrar com maior grau de detalhamento essas modificações antropogênicas dos anos anterior a 1990, e para o ano de 2020, baseado na modelagem de França Junior (2010), demonstrando como o perfil do canal antes e depois com base em observações de campo e registros fotográficos (Figura 43).

Figura 43 - Perfil esquemático de modificação de canal fluvial do riacho Bacuri, Bairro Mateuzinho.



Fonte: Elaboração com base nas observações em campo. Rafael José Marques (2022).

Para representar a modificação do leito de um pequeno rio, este outro desenho esquemático representando o leito dos riachos Açude, Bacuri e Pedras, que sofreram essas transformações causadas por diversas atividades do homem. Atividades essas que começaram pela retirada da vegetação, queimada, e por seguinte colocação de aterros.

Pela cartografia histórica e análise temporal, as intervenções antrópicas nas sub-bacias em estudo, e que em específico a sub-bacia do Açude no quesito das modificações em ambiente lacustre, que passou por significativas transformações chegando a sua total inexistência. Essas formas de intervenções implicam em mudanças na dinâmica do canal fluvial, com erosão acelerada, sedimentação aluvial e assoreamento. Mudanças essas que não se limitam apenas à área próxima ao reservatório, mas podendo alcançar um longo trecho da bacia. E essa dinâmica implica na ocupação do leito menor ou maior ou até mesmo, no assoreamento do talvegue, através de técnicas hidráulicas das calhas fluviais, através de barramentos.

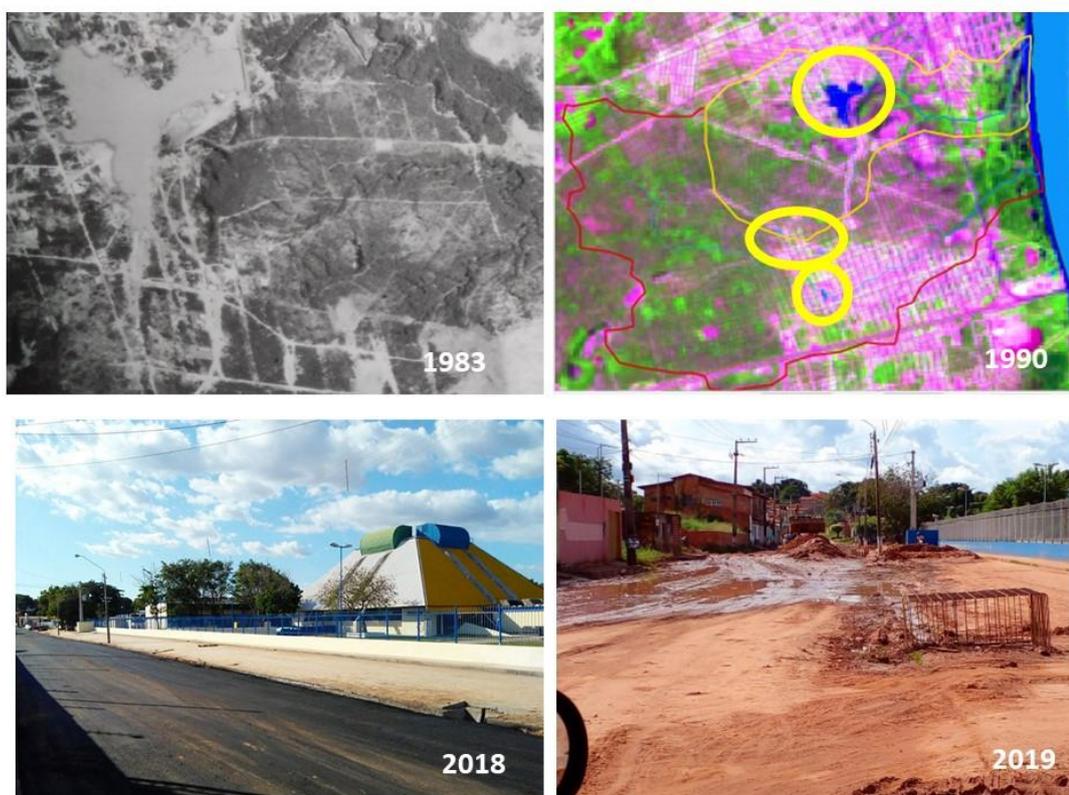
A lagoa passou por processos de aterramentos no passar dos de 1990 a 1992, ocorrendo grande lançamentos de sedimentos deposicionais e carreando a redução de nível de profundidade e ocupada anos pós anos com a urbanização. Mais e mais ocupações residenciais tomaram o espaço e o próprio poder público, o Estado, foi um dos vetores da ocupação. Havendo uma construção de um prédio escolar no local.

Com o passar dos anos, em detrimento das precipitações presentes no local, ocorrendo chuvas acima dos 40 mm, já podendo gerar enxurradas e carreamento de sedimentos, lama onde

existia um leito do riacho e onde era localizada a lagoa, sendo hoje, ocupado por uma escola de ensino médio.

Na figura adiante, estabelecido um mosaico de imagens para indicar essas ocorrências citadas e caracterizadas no parágrafo anterior, que no ano de 1983, a lagoa era vista e ampla, como também indicado em 1990, pela imagem de satélite Landsat 5, mostrando a lagoa em questão, mas também outras pequenas lagoas ali presentes na sub-bacia do riacho Bacuri (Figura 44).

Figura 44 - Imagem mostrando o processo de ocupação da lagoa, riacho Açude



Legenda: Em 1983, aerofotografia da lagoa pertencente ao riacho Açude, com presença de barramento; Em 1990, imagem de satélite Landsat 5, composição colorida, deixando claramente a vista o corpo d'água presente; Em 2018, Escola pública de ensino médio e pavimentação asfáltica recente, prédio onde era a lagoa; E em 2019, devido a precipitações fortes, ocorrem fluxo de lama e carreamento de detritos do antigo leito onde foi ocupado. Fonte: Rafael José Marques (2021).

#### 4.3.4 Estado 2 de perturbação - Extração mineral irregular em morros e colinas

A necessidade de exploração de materiais minerais, mais especificamente para a construção civil na cidade de Timon está relacionada à intensificação do processo de urbanização e do crescimento imobiliário ocorrido na cidade. A necessidade de material para a realização construção civil imobiliária e para aterros em locais específicos implicou na

supressão de morros baixos, morrotes, colinas tais os que estavam presentes na bacia do riacho Açude e Bacuri, podendo ser identificado na figura 36, destacado no tópico das perturbações nas bacias e mapa da geomorfologia pré-urbana nas bacias hidrográficas urbanas analisadas.

E essa necessidade causa mudança na morfologia das bacias, contendo morros e colinas, que marcam mudanças na morfologia do sistema interfluvial, e nos materiais superficiais. Esse fato possibilitou modificações ocorridas com a morfologia do relevo – bem como a evolução espacial, com a forma original, chegando com a expansão urbana, com possíveis modificações ao relevo, gerando novas formas derivadas.

A procura desses materiais, como areia, massará, seixos e até mesmo de pedras ornamentais para calçamento em paralelepípedo, foram e são necessários para a infraestrutura de ruas e construção de moradias populares na periferia. Portanto, o aumento das taxas de desenvolvimento urbano, do porte dessa cidade, impõe maior demanda e necessidade de consumo desses materiais.

Trabalhos desenvolvidos por Correia Filho (1997) no projeto de avaliação de depósitos minerais para a construção civil PI / MA, região de Teresina, e suas adjacências, também envolvendo Timon, permitiram conhecer, os minerais não metálicos de uso na construção civil na capital, objetivando avaliar economicamente as potencialidades minerais, ampliar as reservas conhecidas e descobrir novos depósitos. As substâncias minerais não-metálicas que ocorrem nesta região, sendo extraídas, são quase que exclusivamente os materiais para construção civil e constituem matéria-prima, essenciais para o sistema de urbanização municipal e desenvolvimento integrado da região, a exemplo da areia, da argila, da pedra de revestimento para calçamentos de vias públicas (CORREIA FILHO, 1997; CPRM, 2011).

Os materiais conhecidos são sedimentos conglomerático de cores e coloração variadas, creme, vinho, rosa, esbranquiçada, amarelada, e avermelhada, com matriz areno-argilosa, média a grosseira e, até conglomerático, ligante, de pouca consistência, facilmente desagregável (friável), contendo seixos brancos de sílica bem arredondados, com tamanho variando de subcentimétricos até cerca de 10cm (mais raros), predominando, contudo, o intervalo entre 1 e 3 cm (CORREIA FILHO, 1997).

Os materiais identificados na extração, mais comuns são massará e barro, argila, que servem para a construção civil, derivados e extraídos de morros e colinas, formas presentes na cidade, nas tanto na bacia do riacho Açude como o Bacuri. A argila representa matéria-prima importante e representativa para a região, tendo a sua vocação intrínseca para este bem mineral. As atividades de extração mineral ocorrem várias em regiões do município, algumas de forma regulamentada pela legislação junto aos órgãos competentes, já outras não, sendo de forma

indevida. Os locais de extração são formados por materiais inteperizados e com sedimentos, de aluviões, de rochas das formações Pedra de Fogo e Piauí, executando extração do material massara e barro, na sub bacia do riacho Bacuri, área urbana de Timon (Figura 45).

Figura 45 - Fotografias mostrando a modificação do relevo como resultado da ampliação da área urbana, sub-bacia do riacho Bacuri, entre 2019 e 2021



Legenda: Em A - Intervenção humana no relevo, com a retirada de material para construção de habitações na área do entorno, em 2019; e em B - Ampliação da retirada de material pelo homem no mesmo local, reduzindo a porção do planalto a uma feição residual, em 2021. Fonte: Rafael José Marques, (2021).

A atividade de extração de materiais do tipo argila, barro, silte causa impactos ambientais significantes tanto positivos, (emprego), ou negativos (deformando a superfície terrestre). Essas locais possuem, entorno de 2,42 ha, de área total Os empreendimentos que surgiram antes de vigorar a legislação ambiental vigente buscam minimizar os danos, comumente por meio do emprego de novas tecnologias, porém para materiais para construção sem uma devida fiscalização de órgãos competentes.

A atividade de extração de materiais para construção civil em Timon, continua a avançar, em função da expansão urbana e aparecimento e construção de novas áreas, lotes para imóveis em Timon, gerando um impacto positivo no mercado de trabalho e na economia local, entretanto, gerando alterações no modelado natural do relevo e surgido formas antropogênicas. Contribui ainda para a melhoria das condições de moradia da classe social mais pobre, em função do acesso a materiais de construção civil mais baratos (VIANA, 2013 apud BARBOSA, 2020).

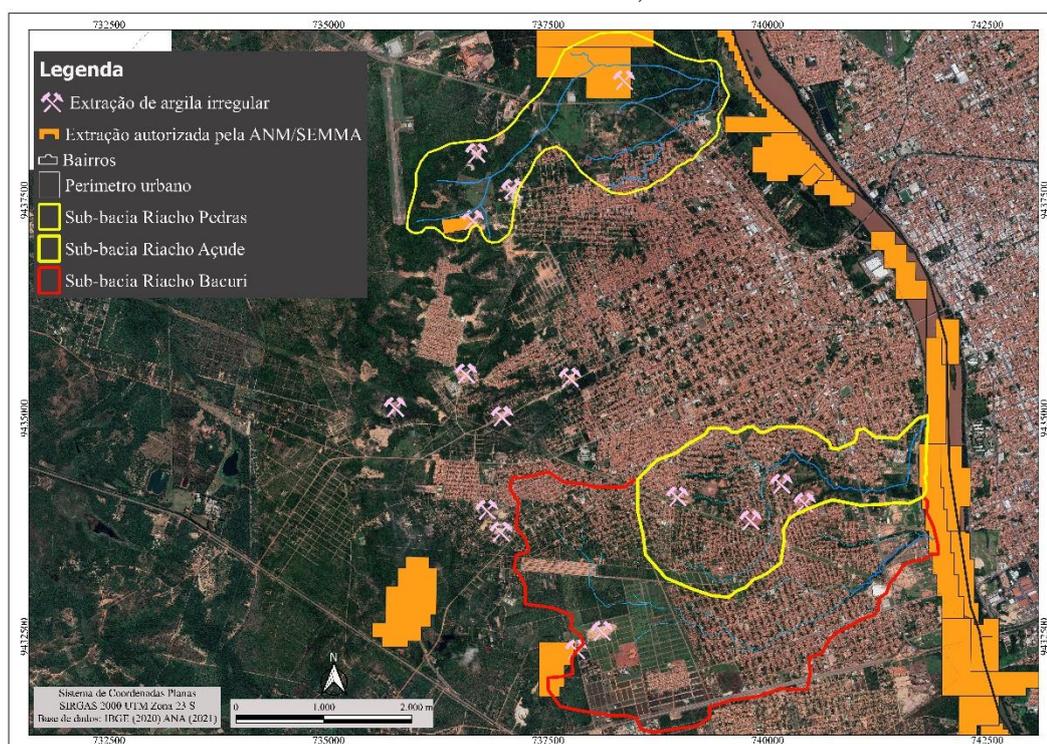
Essas áreas registradas evidenciam à extração de conglomerados, agregados, argila, barro, utilizados na construção civil, principalmente para a construção imobiliária, mas também para base de estradas e aterros. As feições antropogênicas identificadas anteriormente, imagem anterior, confirmam as modificações no relevo e alterações de aplainamento e rebaixamento do terreno, criando taludes de cortes que podem gerar riscos, como desmoronamento de terra.

Essas extrações ocorrem associadas à Formação Pedra de Fogo e em Cobertura Detrito-Lateríticas (CORREIA FILHO, 2011) que apresenta grande quantidade de argila em sua composição. Essas áreas, são “a céu aberto”, e sua extração é precedida pela remoção da vegetação e exposição de solo superficial.

Portanto, a atividade mineral de materiais para construção civil, gera visíveis modificações das feições topográficas, causando derivações no relevo, formas distintas, demonstrando que o homem é um agente de transformação da paisagem, do relevo. Atualmente, algumas áreas encontram-se abandonadas, outras não, ambas com cicatrizes. Essas atividades de extração de materiais para construção civil, provocam intensas alterações na geometria, criando degraus artificiais para mais retirada de material de argila, barro, massará, transformando e formando paredões verticalizados (taludes de corte), oferecendo riscos à população que ocupam áreas próximas.

Para uma compreensão espacial das áreas de extração, compilou-se um mapa para demonstrar as áreas devidamente licenciadas pelos órgãos competentes, tais como Agência Nacional de Mineração - ANM, e pelo órgão ambiental local, Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMMA, indicando, em polígonos, locais autorizados. E locais com atividade irregular, sendo essa a grande maioria (Figura 46).

Figura 46 - Áreas de extração de argila, licenciadas, no perímetro urbano, nas sub-bacias do riacho Bacuri e do riacho Pedras, Timon/MA



Fonte: ANM (2022); *Google Earth Pro*, 2020. Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022).

A mineração, de qualquer produto que for, é uma atividade com grande potencial de modificação. E o município do Timon possui grande número de áreas onde ocorre atividade mineradora relacionada à extração de argila, barro e outros materiais, parte dos locais de extração são por máquinas grandes e o resultado é o aplainamento quase que total do terreno (Figura 47).

Figura 47 - Fotografias mostrando os locais de extração de argila, bacia do riacho Bacuri



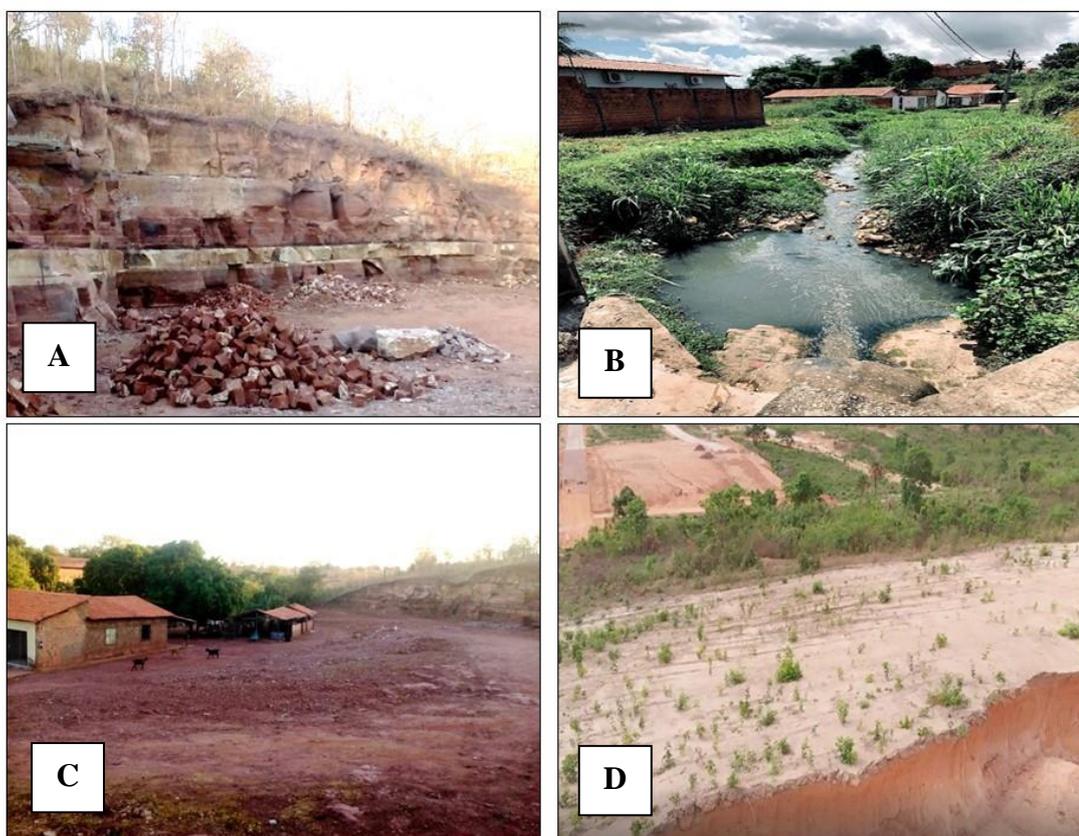
Legenda: Em A - Máquina escavadeira realizando extração de barro e argila., em 2019; e em B - Aplainamento onde havia uma forma de relevo de morro, em 2021. Fonte: Rafael José Marques (2021).

Essas atividades de extração mineral ocorrem destacadamente nas bacias do Açude e Bacuri, em áreas de depósitos minerais formados por solos de base litológica da formação Pedra de Fogo. “Excluindo a extração de areia, que ocorre em leito fluvial formado por sedimentos de natureza geológica diversificada, os Aluviões Holocênicos” (BARBOSA, 2020, p. 128).

A exploração é sem segurança na extração, com cortes escalonados nas vertentes, com talude gerados por escavadeiras, conferindo declividades próximas de 90°, sendo um risco de desmoronamento ou movimento de massa. Essa é uma das áreas de maior potencial erosivo, visto a nenhuma cobertura vegetal presente nesses taludes associada à exploração minerária atual.

As modificações do relevo durante e após as atividades de extração de argila, geram mudanças drásticas, devido a remoção de material, gerando feições côncavas na vertente, e outra a partir da deposição, que gera feições convexas. Na sub-bacia do riacho Pedras, também podem ser identificadas, locais de extração de rochas para uso em calçamentos de ruas, modificação de canal fluvial (Figura 48).

Figura 48 - Fotografias mostrando modificações na paisagem e relevo na sub-bacia do riacho Pedras



Legenda: Em A - extração de rochas para uso na construção civil e para pavimentação de vias, (2018); em B – Canal fluvial do riacho Pedras, altamente degradado, e com presença de material urbano; Em C – processo de aplainamento pela retirada do material (2019); e em D – Extração de massará de uma colina e ao fundo da imagem construção de lotes para um empreendimento imobiliário, 2021. Fonte: Rafael José Marques, (2021).

A necessidade de exploração desses materiais, são mais para a construção civil na cidade de Timon ou mesmo para outras cidades próximas, relacionada ao processo de urbanização e do crescimento imobiliário ocorrido na própria cidade. A perturbação identificada aqui, uma ação de modificação do relevo, com corte em talude e extração de fragmentos de rocha, do tipo argilito, siltito-argiloso, ambos da formação Pedra de Fogo, que são muitos utilizados na construção civil e na infraestrutura urbana para calçamentos em paralelepípedo, em parte das ruas da cidade de Timon.

Esse fato determinou maior procura de argila, barro, massará (saibro), areia e seixos e de rochas ornamentais para calçamento em paralelepípedo, necessários para a infraestrutura de ruas e construção de moradias populares na periferia. Também contribui para as construções comerciais, além de diversos equipamentos urbanos, entre outros fins.

A mineração de materiais de uso imediato na construção civil, desenvolvida a céu aberto, a exemplo da extração de argila, areia, massará e seixos, tem provocado problemas ambientais e diversos conflitos com outras formas de uso e ocupação do solo (LIMA, 2002). A atividade de extração mineral, que é uma das atividades que mais crescem nos municípios, e que está diretamente relacionada, ao crescimento da cidade de Teresina, provoca a completa retirada da cobertura vegetal e do solo, modifica a topografia do relevo, contribui para o afloramento do lençol freático, levando à formação de lagoas artificiais (VIANA; LIMA, 2018).

A atividade de mineração, do mesmo modo que a urbanização, se inicia pela retirada da cobertura vegetal. Esta atividade modifica drasticamente a topografia através do decapeamento (que é a retirada da camada de terra depositada sobre a rocha) da extração, construção de diques e barragens, de obras de terraplenagem, de modificações na rede de drenagem. Com relação aos materiais, a atividade promove o revolvimento do solo, a desestruturação de seus horizontes e aumento da compactação. O decapeamento e extração mineral podem promover a interceptação do lençol freático, rebaixando seu nível e modificando a dinâmica de recarga subterrânea (GOUVEIA, 2010).

Segundo Correia Filho (1997), a unidade geológica da Bacia sedimentar do Parnaíba de maior expressão geográfica é a Formação Pedra de Fogo. Sendo que o conjunto de rochas desta formação possui um largo emprego na construção civil, pois sua alteração e desagregação formam depósitos secundários e ou formações superficiais representadas por areias, argilas, cascalhos, aluviões, lateritas, massará e seixos.

A indústria extrativa mineral existente, apesar de bastante inexpressiva, está dirigida para lavra de pequenos depósitos que, de acordo com o Código de Mineração (1967), pertencem às classes II e VII, uma vez que compõem jazidas de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil e pequenas minas de minerais industriais e não-metálicos. Compreende a extração de materiais que estão sujeitos a regimes de licenciamento e são utilizados *in natura* para o preparo de agregados, pedra-de-talhe ou argamassa, não se destinando, como matéria-prima à indústria de transformação, exceção feita à argila que é usada na fabricação de cerâmica vermelha, em lavras rudimentares, a céu aberto.

A necessidade de exploração de materiais minerais, mais especificamente para a construção civil na cidade de Timon está relacionada à intensificação do processo de urbanização e do crescimento populacional ocorrido na própria cidade. Esse fato determinou maior procura de areia, massará, seixos e até mesmo de pedras ornamentais para calçamento em paralelepípedo, necessários para a infraestrutura de ruas e construção de moradias populares na periferia.

Devido a importância econômica do massará, seixo e areia para a construção civil, incluindo as pedras ornamentais para calçamento em paralelepípedo esses minerais serão caracterizados na sequência (Quadro17).

Quadro 17 - Materiais minerais de extração nas sub-bacias dos riachos Açude, Bacuri e Pedras

<b><u>Argilas</u></b> Sub-bacia Açude; Sub-bacia Bacuri e Sub-bacia Pedras	<b><u>Massará</u></b> Sub-bacia Açude; Sub-bacia Bacuri; Sub-bacia Pedras	<b><u>Areia</u></b> Sub-bacia Pedras	<b><u>Rochas argilito / siltito-argiloso</u></b> Sub-bacia Pedras
Apesar da escassez e do pouco conhecimento da existência de recursos minerais, a argila representa matéria-prima importante e representativa para a região, tendo a sua vocação intrínseca para este bem mineral. As argilas ocorrem em estratos, nos argilitos e folhelhos da Formação Mutuca, em aluviões dos diversos rios que drenam a região. Não obstante constituírem-se de depósitos de diferentes ambientes deposicionais, os resultados analíticos diversos, oriundos de análises físico-químicas e mineralógicas, constataram pequena variação entre os mesmos elementos analisados.	É um sedimento conglomerático de cores e coloração variadas, creme, vinho, rosa, esbranquiçada, amarelada, arrochada e avermelhada, com matriz arenoargilosa, média a grosseira e, até conglomerático, ligante, de pouca consistência, facilmente desagregável (friável), contendo seixos brancos de sílica bem arredondados, com tamanho variando de subcentimétricos até cerca de 10cm (mais raros), predominando, contudo, o intervalo entre 1 e 3 cm (CORREIA FILHO, 1997).	As areias são sedimentos inconsolidados, resultantes da desagregação de rochas pré-existentes, sendo constituídas essencialmente de grãos de quartzo de diâmetros entre 0,06 e 2,0 mm, podendo, ainda conter impurezas. As areias por serem matérias-primas abundantes, de preço relativamente baixo e de grande utilidade, passam a ser essenciais para a construção civil, sendo mineral de maior procura pela população. (CORREIA FILHO, 1997).	Constituem um dos bens minerais mais importantes, sendo utilizados como matéria-prima na construção civil composição de pavimentação e calçamento em paralelepípedo em vias públicas da cidade. Pertencentes da Formação geológica Pedra de Fogo e Piauí. Basicamente sedimentar, Folhelhos.

Organização: Rafael José Marques (2021).

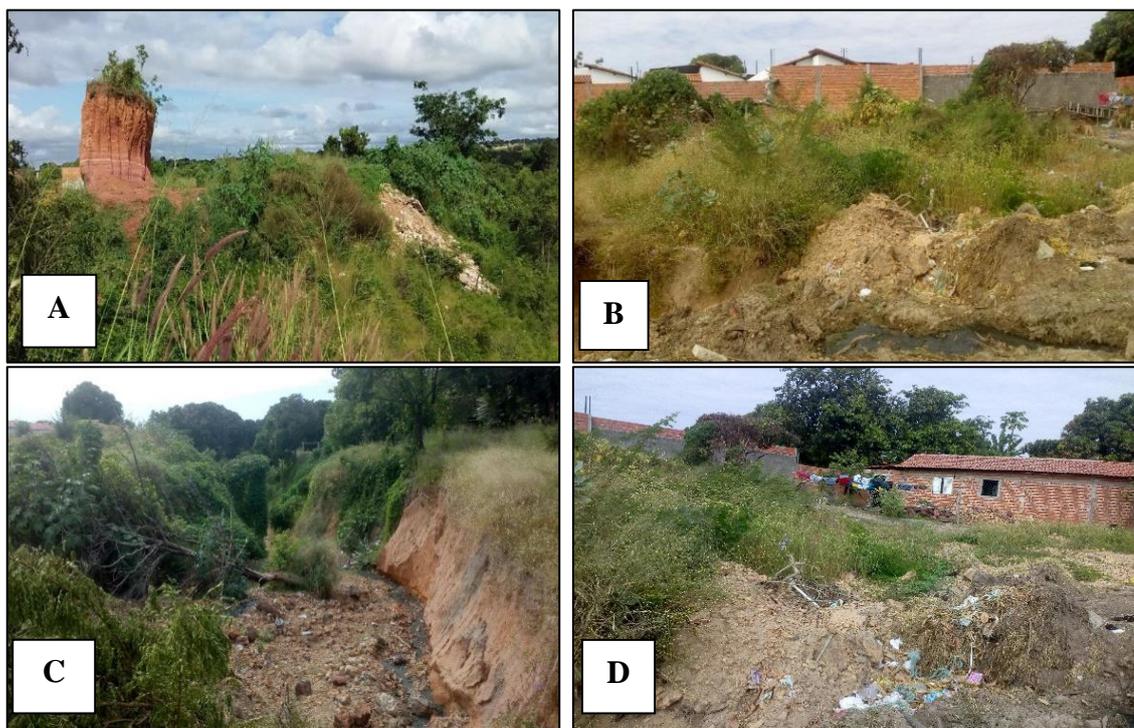
#### 4.3.5 Estado 3 de perturbação - Aterros e depósitos antropogênicos (terrenos tecnogênicos)

Com esse levantamento descritivo de tipos de materiais de depósitos tecnogênicos, com demonstrações em bacia do riacho Bacuri, expressas nas imagens A, B, C e D, respectivamente, foram identificadas em campo em distintos fragmentos, indicando o início do processo de depósito tecnogênico, e como apresentado, esse tipo de material é uma mesclagem de materiais úrbicos e materiais espólicos.

Os sedimentos pertencentes às deposições tecnogênicas são bastante arenosos, fato que, foi comprovado *in loco*, e isto pode contribuir para o processo erosivo, sendo classificado

como materiais úrbicos, materiais espólicos e materiais gárbicos. No campo realizado, observou-se alguns pontos de que evidencia o início do depósito tecnogênico, (Figura 49).

Figura 49 - Depósitos tecnogênicos: tijolos e vidro, predominantes no Bairro Pedro Patrício, sub-bacia do riacho Açude



Legenda: Em A - forma de relevo antropogênico, em forma um testemunho com camadas estratigráficas visíveis, em 2021; e em B - Aterros tecnogênicos, com material urbano, 2020; Em C - processo erosivo acelerado, com aluvião e materiais tecnogênicos, 2020; e em D - Continuidade aterros tecnogênicos em cabeceira de drenagem. Fotos: Rafael José Marques (2021).

Os depósitos tecnogênicos, nas imagens: A - materiais úrbicos; B e C - materiais úrbicos; C materiais espólicos e materiais gárbicos, identificados em determinados locais da bacia do Bacuri. Foram identificados depósitos tecnogênico gerados por materiais de entulho de construção, que seja para lançamento irregular, por não ter destinação adequada ou por fazer aterramento, modificando sua topografia de vertente.

O local observado nesta imagem, mostra o resultado com uma estrutura residual em testemunho (A), que corresponde a uma formação modificada, antes uma forma de relevo de morro. E esquerda deste testemunho, o canal, no seu, ainda leito, é possível verificar a presença de material tecnogênico misto (B, C, D), tais como: plásticos, metais, animais mortos, garrafas plásticas, entulhos de construção civil misturado aos fragmentos de rochas sedimentares e areníticas; materiais lenhosos: galhos, troncos, folhas; e a água servidas de lançamentos de residências das proximidades.

O Nível 3 de Perturbação, aterros e depósitos antropogênicos, foi identificado no bairro Boa Esperança. Neste bairro, há um processo significativo de atividade antropogênica de aterramento da área utilizando materiais úrbicos (Figura 50).

Figura 50 - Imagens mostrando a evolução do processo tecnogênico de aterramento no bairro Boa Esperança, sub-bacia do riacho Pedras

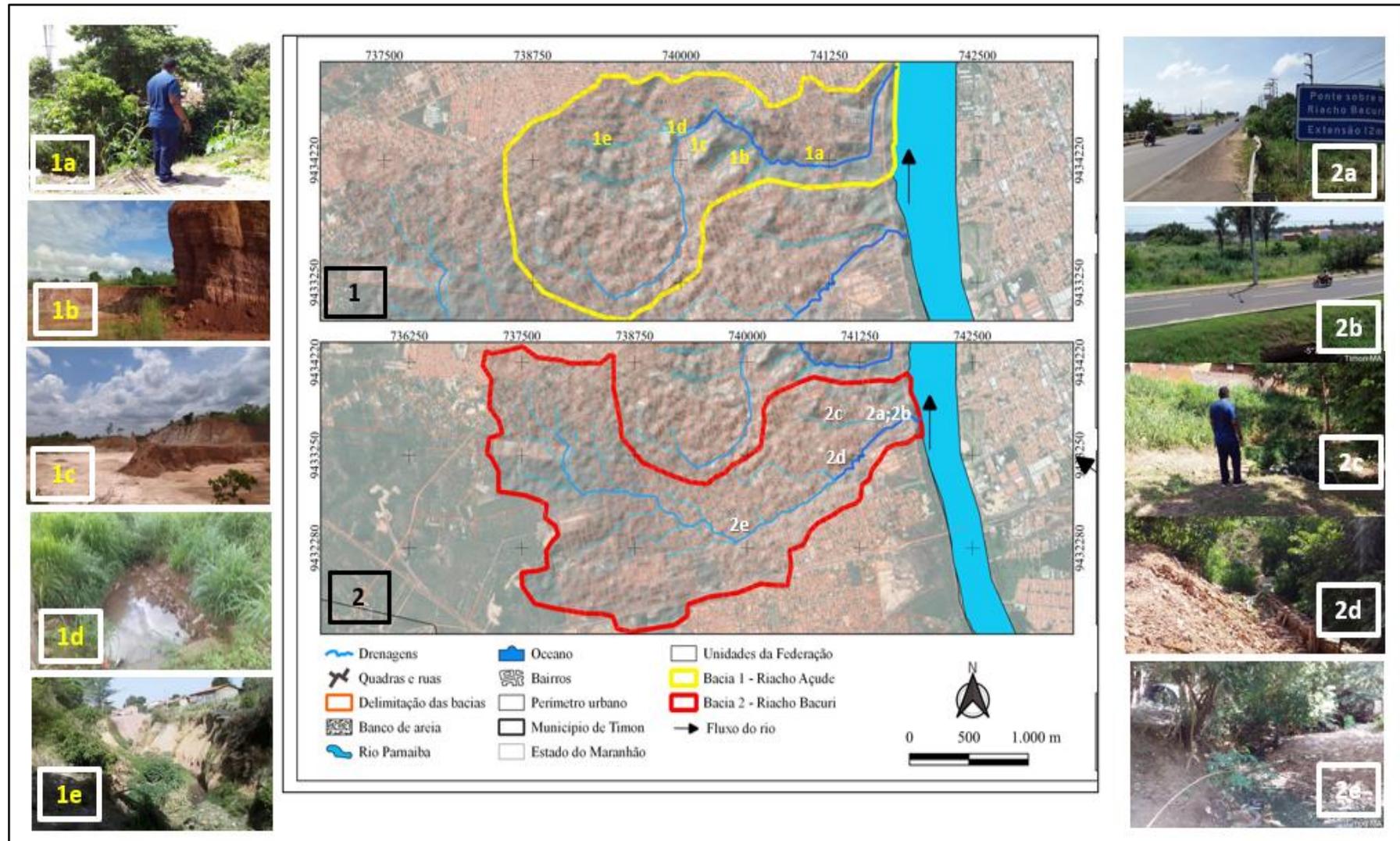


Legenda: Ao ano de 2005 e 2009, com intervenção humana no relevo, com a retirada de material para construção civil; Já em 2015, havendo uma redução da retirada de material e revegetação no local; E para o ano de 2020, uma leve recuperação do local, por revegetação natural rasteira no local. Fonte: Google Earth, adaptado. Rafael José Marques (2021).

A referida modificação, é indicada com existência de depósitos tecnogênicos, localiza-se numa área, onde, que na década de 90, foi um local de deposição material úrbico (entulho - tijolos detritos de demolição) e gárbico (resíduos sólidos (lixo orgânico, de origem humana) e que parte deste mesmo local, também era retirada material argila e barro. Um local com muitas características de modificação física, corte de vertente, geração de taludes de corte, ocorrências de erosão marginal, e depósitos aluvionares recobertos de gramíneas invasoras.

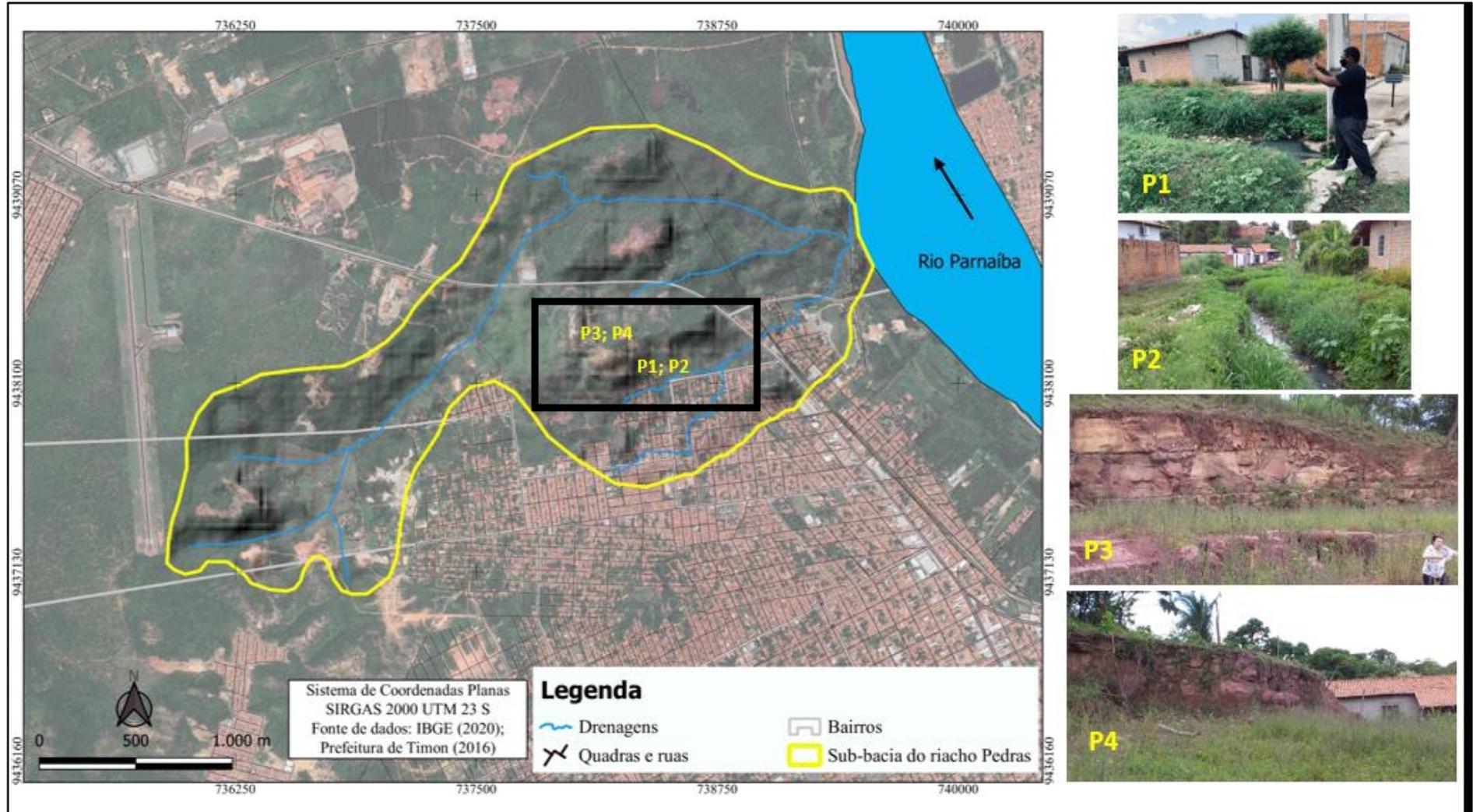
E para as bacias estudadas, foram elaboradas determinadas cartas com registros de campo que demonstram as modificações ocorrentes de depósitos antrópicos de materiais, e cortes em vertentes com canalização e assoreamento de canais, presentes nas subsequentes, figura 51 e figura 52.

Figura 51- Sub-bacia do riacho Açude (1) e do riacho Bacuri (2), pontos observados em campo



Fonte: Alos Palsar (2011) e Google Earth (2022). Pesquisa de campo. Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022)

Figura 52 - Sub-Bacia riacho das Pedras e os pontos observados em campo



Fonte: Relevo sombreado, Alos Palsar (2011) e Google Earth (2022). Pesquisa de campo.  
Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022)

Os registros realizados em campo, pontuam em ordenamento de 1a para 1e, sub-bacia Açude, com indicações de formas e feições antropogênicas que ocorrem ali, nesta bacia. E mais, na sub-bacia Bacuri, de 2a para 2e, com mais outras formas registradas com depósitos tecnogênicos do tipo úrbico, lançamentos de águas residuais e esgotos domésticos. E na sub-bacia Pedras, com pontos indo de p1 a p4, que mostram características de mais formas antrópicas no relevo, com terrenos suscetíveis e vulneráveis a riscos geomorfológico.

As alterações das morfologias dos topos, e das vertentes e dos fundos de vale foram provocadas, como indica as observações e coleta em campo, por atividades de extração de material para construção civil e para aplainamento do terreno para especulação imobiliária. Estas atividades são responsáveis por gerarem novos padrões de comportamento morfodinâmicos e geomorfológicos, (PEDRO *et al*, 2009).

Tais características, como aterros ou depósitos tecnogênicos, e essencialmente modificações morfológicas, gerando uma geomorfologia antropogênica pode ser vista no mapeamento realizado nas sub-bacias pesquisadas. E referente a sub-bacia do riacho das Pedras, delimitou-se um setor em específico para visitas de campo e registro para descrição e análise, como indicado na figura anterior.

No mapeamento referido, indica os principais locais registrado em campo nas sub-bacias dos riachos Açude, Bacuri e Pedras, ambas com identificação de formas antropogênicas e ou aterro tecnogênicos, sendo que essas formas são derivadas de processo de uso e ocupação, que posso denominar de apropriação, especialmente do relevo. Formas essas que, até então mantenham feições naturais e que passaram pela transformação devido a construção de lotes para residências, dando lugar a urbanização, que este material retirado, é matéria-prima para as construções desse processo.

As morfologias antropogênicas encontradas materiais de formas antropogênica foram Materiais terrosos escavados e depositados por operações de terraplanagem em minas a céu aberto, rodovias ou outras obras civis. Incluir-se-iam aqui também os depósitos de assoreamento, induzidos pela erosão acelerada.

Os trabalhos desenvolvidos por Peloggia (1998) e Fujimoto (2005) demonstram que a intervenção do homem na dinâmica da natureza pode causar consequências para o ambiente (tanto natural, principalmente, quanto ao já transformado. Os depósitos tecnogênicos do tipo úrbico, visto nas duas últimas figuras, tornam os terrenos suscetíveis a riscos geológico-geomorfológico, induz processos erosivos acelerados, pois o terreno, sofre modificações em sua forma, topografia e altitude da superfície do relevo (FRANÇA JUNIOR, 2016).

#### **4.4 Riscos e impactos derivados pelas formas antropogênicas**

Os riscos relacionados ao relevo, ligado à declividade em ambientes urbanos estão intimamente ligados aos processos morfodinâmicos tipicamente urbanos. Na cidade de Timon, não é diferente, com feições encontrados na área urbano, tais como: as áreas de erosão acelerada; pontos de movimentos de massa causados por processos naturais e/ou induzidos pela ação antropogênica; e as áreas de ocorrência de inundação e alagamentos.

Foram relacionados os fatores ocupação em relação as formas de relevo, necessariamente as causados pelo homem. A forma com que o ser humano tem interagido com o relevo dos locais que ocupa, seja em terrenos planos ou em vertentes, pode levar aos transtornos da ocorrência dos acidentes geológico-geomorfológico, que podem gerar desastre, danos aos bens materiais e até perda de vidas. A cidade de Timon, possuindo sua topografia com formação de morros baixos, levemente ondulada e plana em alguns trechos da cidade de áreas de colinas, abarca formas de planícies, superfície de vertentes e terraços.

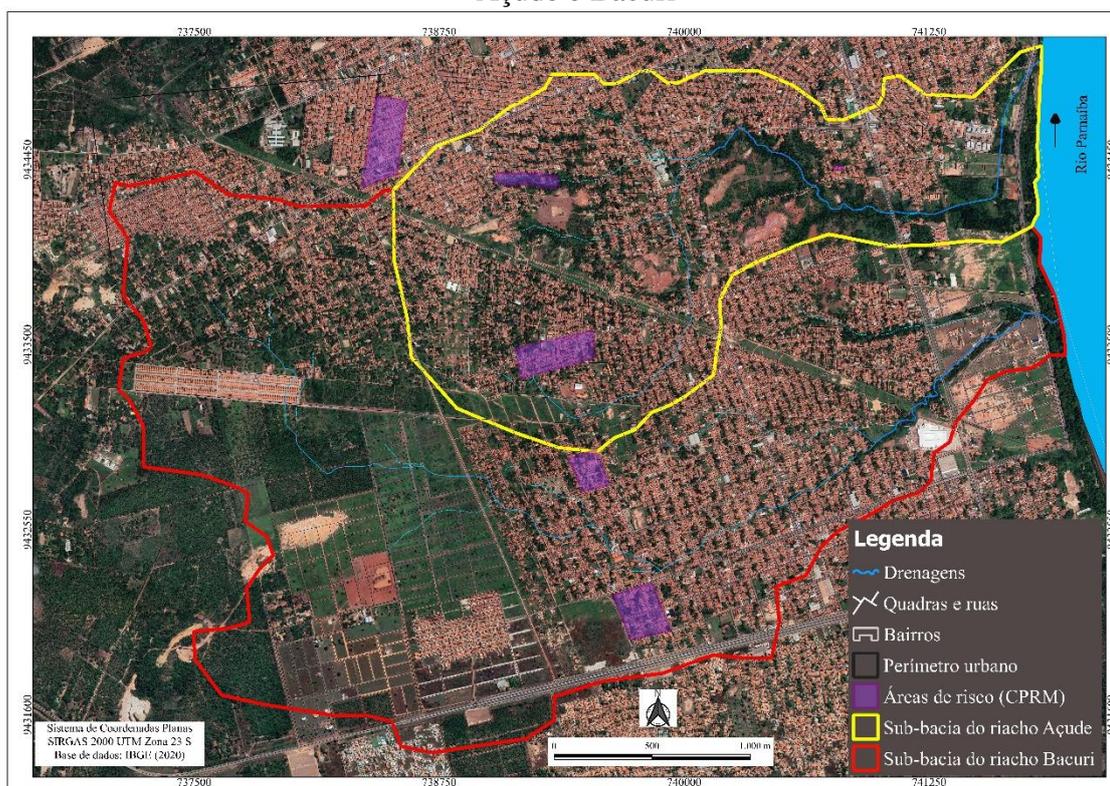
Áreas de risco foram mapeados pelo CPRM, em 2014, foram encontrados na cidade de Timon; áreas de risco geológicos e geomorfológicos, e ocorrência de inundação e alagamentos. Desses processos, os que estão na delimitação da pesquisa são erosão acelerada; pontos de movimentos de massa, que foram relacionados os fatores de ocupação em relação as formas de relevo modificadas.

Segundo a mesma instituição, os motivos de surgimento de áreas de risco, podem estar ligados ao crescimento acelerado e desordenado das cidades aliado à ausência de planejamento urbano, técnicas de construção adequadas que se efetivam em desastres por ocasião de eventos naturais, nos grandes e pequenos núcleos urbanos.

A ocupação de encostas sem nenhum critério técnico ou planejamento bem como a ocupação das planícies de inundação dos principais cursos d'água que cortam a maioria das cidades têm sido os principais causadores de mortes e de grandes perdas materiais.

Em Timon (MA, segundo dados do relatório de ação emergencial para delimitação de áreas de risco elaborado pela CPRM (2014), existem seis setores considerados de risco alto e muito alto em função de sua ocupação e de fenômenos naturais. E nesses setores, foram identificados basicamente três tipos de processos ativos: enchentes ou inundações graduais, movimentos de massa por escorregamentos ou deslizamentos planares e subsidência de terrenos com solos colapsíveis (Figura 53).

Figura 53 - Áreas de risco geológico-geomorfológicos nas sub-bacias dos riachos Açude e Bacuri



Fonte: Ortomoisaco Google Earth (2020); Áreas de risco (CPRM, 2014); Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022).

As áreas de risco identificadas pela defesa civil do município, juntamente com a CPRM (2014), estão localizadas nos seguintes bairros: Boa Esperança, ao norte; Pedro Patrício; São Marco; Cidade Nova e Parque Alvorada, ao sul. Nestes bairros, as áreas que apresentam risco geológico-geomorfológicos estão classificadas em alto e muito alto risco, que são processos ativos. E aqui, o foco é evidenciar os classificados em risco de movimentos de massa, escorregamentos ou deslizamentos planares e subsidência de terrenos.

A CPRM (2014), informa que escorregamentos ou deslizamentos são fenômenos provocados pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados de encostas, pendentes ou escarpas. No caso de Timon foi verificada a presença de deslizamentos planares. Esses escorregamentos podem ocorrer isoladamente, no tempo e no espaço, característica dos escorregamentos esparsos ou simultaneamente com outros movimentos gravitacionais, característica dos escorregamentos generalizados. A ocupação desordenada das encostas urbanas é a principal causa dos escorregamentos, causadores de graves danos ao homem.

Os principais fatores antrópicos de agravamento dos riscos de deslizamentos são: lançamento de águas servidas; lançamentos concentrados de águas pluviais; vazamento nas redes de abastecimento d'água; infiltrações de águas de fossas sanitárias; cortes realizados com declividade e altura excessivas; execução inadequada de aterros; deposição inadequada de lixo; remoção inadequada da cobertura vegetal.

Os níveis de risco Alto (R3) e Muito Alto (R4), classificação por BRASIL (2007) e identificados pela CPRM (2014), forma encontrados nas sub-bacias de estudo. Em ambas as sub-bacia pesquisadas. Esses níveis são caracterizados como: alto: drenagens ou compartimentos de drenagens sujeitas a processos com alto potencial de causar danos, média frequência de ocorrência e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade; muito alto: drenagens ou compartimentos de drenagens sujeitas a processos com alto potencial de causar danos, principalmente sociais, alta frequência de ocorrência e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade (CPRM, 2014).

Esses níveis são presentes nas sub-bacias, são potencializados pelas ocupações humanas no relevo, alterando em cortes de taludes e que podem ser representados em esquemas, para uma compreensão didática, de uma morfologia natural ou original para uma antropogênica podendo gerar o risco (Figura 54).

Figura 54 - Representação da transformação de uma morfologia original para uma morfologia antropogênica



Fonte: IPT, 2013, adaptado. Rafael José Marques (2022).

Com base na CPRM (2014) e a Defesa Civil Municipal (2018) o setor localizado no bairro Planalto Formosa que fica na bacia do Bacuri, é caracterizado por encosta e taludes de corte, constituídos por solo areno-argiloso, com inclinação variando entre 60° e 90°, com alturas entre 3 e 6 metros, com residência na base do talude, que sofreu corte pelo homem, (Figura 55).

Figura 55 - Ocupação residencial em encosta de taludes de corte, na sub-bacia do riacho Açude com risco potencial



Fonte: CRPM, 2014.

A vulnerabilidade das moradias varia de média a alta. Segundo relatos dos moradores existe histórico de pequenos deslizamentos de terra durante período de chuvas.

O risco potencial está localizado no bairro Pedro Patrício, na sub-bacia do riacho Açude. Caracterizado pela evolução de uma ravina, com potencial de evolução para uma voçoroca. Constituído por solo areno-siltoso pouco argiloso, com altura de talude variando de 1 a 6 metros. O local está em constante evolução devido à presença de solapamento e consequente desabamento, provocado pela ação de águas pluviais e sem rede de drenagem (Figura 56)

Figura 56 - Ocupação residencial em encosta, risco potencial na sub-bacia do riacho Açude



Fonte: registro de campo. Rafael José Marques (2020).

É identificado, a imagem referida, um processo erosivo acelerado, um ravinamento instalado distando entorno de 3 metros de residências em função da ausência ou inadequação de rede de drenagem de captação de águas pluviais. E isso também pode ser considerado como uma modificação da forma do relevo de forma indireta.

#### 4.5 Carta geomorfológica antropogênica das sub-bacias Açude, Bacuri e Pedras

As morfologias encontradas na unidade de relevo, na sub-bacia do riacho Bacuri, sofreu significativas intervenções antrópicas, que deixaram cicatrizes no terreno, transformando um relevo de morro para uma superfície aplainada. Após o mapeamento de elementos referentes ao 5º táxon (elementos das vertentes), se restringiu apenas às pequenas formas geradas por processos atuais antrópicos, presentes no e 6º táxon.

Dessa forma, infere-se que em Timon a exploração mineral é exercida sem qualquer tipo de licença ambiental sendo realizada, principalmente, por pequenas e médias empresas. Causa significativa degradação, não só pelo desmatamento da área de exploração, mas, sobretudo pela alteração do padrão topográfico e pela escavação realizada, afetando tanto o meio ambiente físico-natural, como o social, provocando transtorno à comunidade ali vizinha. Neste caso, uma vez que qualquer alteração das propriedades físicas, e constatado que a atividade que causou a devida transformação foi a de extração de material para construção civil, imobiliária. (Figura 57).

Figura 57 - Relevo modificado na sub-bacia do riacho Bacuri



Fonte: fotografia aérea, capturada por drone, registro de campo.  
Rafael José Marques (2022).

Percebe-se com certa facilidade a existência e a extensão das formas antropogênicas identificadas na sub-bacia do riacho Bacuri, onde se infere que os processos tenham se iniciado a partir da supressão da cobertura vegetal dos topos de morros de expressiva extensão, provocando um desencadeamento de aplainamento do relevo pela aceleração da erosão, redução da infiltração e modificação dos fluxos da drenagem local. Assim, estes processos desencadeados pela interferência humana no relevo fazem gerar paisagens antropogênicas, neste caso com urbanização na sub-bacia do riacho Bacuri.

Uma outra atividade que está intrinsecamente ligada à urbanização, especialmente ao crescimento imobiliário são os arruamentos associados às declividades das vertentes, que também podem ter contribuição na formação de relevos antropogênicos e aterros tecnogênicos.

Os arruamentos de um loteamento, mesmo respeitando determinadas legislações urbanística da cidade, podem contribuir para o surgimento de declives dos compartimentos geomorfológicos, podendo e interrompendo os fluxos hídricos de pequenas formas de escoamento pluvial em terrenos naturais, mas com geração dos lotes, ruas e criam-se padrões de drenagens artificiais. Com a urbanização, através de novos lotes e novas áreas para o crescimento imobiliário e ruas sendo impermeabilizado o terreno, começa a possuir um escoamento superficial, canalizando e direcionando o sistema de drenagem para determinadas áreas, gerando problemas urbanos de alagamentos, enxurradas.

E para representar o mais evidente, formas modificadas pelo homem, podem ser reconhecidas por cicatrizes no relevo, formas aplainadas e ou formas de testemunho de um local que sofrem extração de argila, barro e depois, se encontra abandonado, deixando apenas uma paisagem degradada, e restando taludes de cortes, feições residuais e um testemunho, que pode visto em melhor forma na imagem abaixo (Figura 58).

Figura 58 - Formas de relevo antropogênico, sub-bacia do riacho Bacuri



Fonte: registro de campo. Autor, 2021.

A extração do material, é realizada na totalidade, utilizando equipamento mecanizados como escavadeiras, trator de esteira, pá carregadeira e retroescavadeira, transportados por pequenos caminhões, mostrando que não é qualquer pessoa simples, sendo possível uma empresa com estrutura, sem uma devida autorização do órgão competente.

Todas as áreas observadas estão próximas a residências, apresentando processos erosivos do tipo laminar, potencial aceleração, iniciando pelo estágio de sulcos, ravinamentos. Devido a todas essas características de uma morfologia antropogênica das bacias hidrográficas de estudo, em área urbana de Timon, foi proposto um esboço dessa geomorfologia apresentando as principais mudanças no relevo devido ao avanço imobiliário.

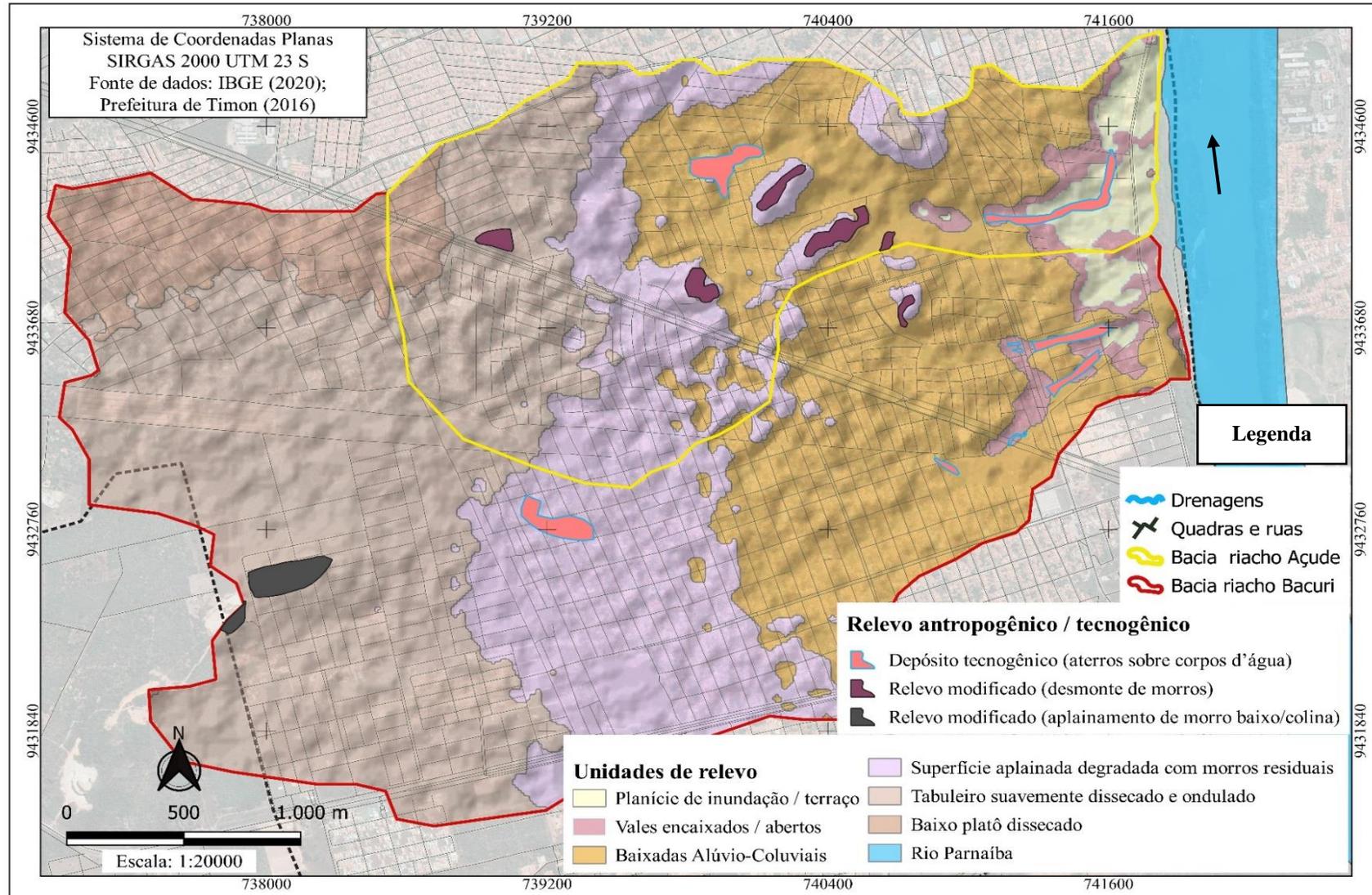
A apropriação do relevo pelo homem, como recurso ou suporte, é responsável pelas alterações substanciais do seu estado natural, como a implantação e o desenvolvimento de sistemas de cultivos e criação. Com recortes espaciais e temporais diversos e complementares, demonstrando a aplicabilidade da Antropogeomorfologia, a taxonomia do relevo e da Cartografia Geomorfológica. E através bases dessas, elaborar cartas de geomorfologia antropogênica das sub-bacias hidrográficas analisadas nesta pesquisa.

Com a taxonomia do relevo estabelecida por Ross (1992), que estabelece, no sexto táxon formas e processos atuais naturais e antrópicos são representadas como as mais recentes. Mediante a isto, elaborou-se um mapa geomorfológico de detalhe a que possa demonstrar formas atuais e com as características de relevo antropogênico com a respectiva, que indica as sub-bacias Açude e Bacuri (Figura 59), com as unidades de relevo representados. E acrescentado os locais registrados em campo, das áreas de relevos alterados. Demonstrando que a cidade passou por processo de crescimento imobiliário e urbano, transformando a paisagem e seguindo a logico de ocupação para avanço urbano, se apropriou do das formas de relevo e realizando a supressão dessas formas que realiza o mapeamento da sub-bacia Pedras (Figura 60).

Esta carta foi elaborada a partir da carta topográfica DSG, Uso do Solo, Mapas de unidades de relevo e observações de campo. Essa proposta de representação está elaborada em escala de 1:25.000. A legenda apresentada foi com base no guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial - cartas de padrões de relevo municipais, escala 1:25.000, da CPRM (2021).

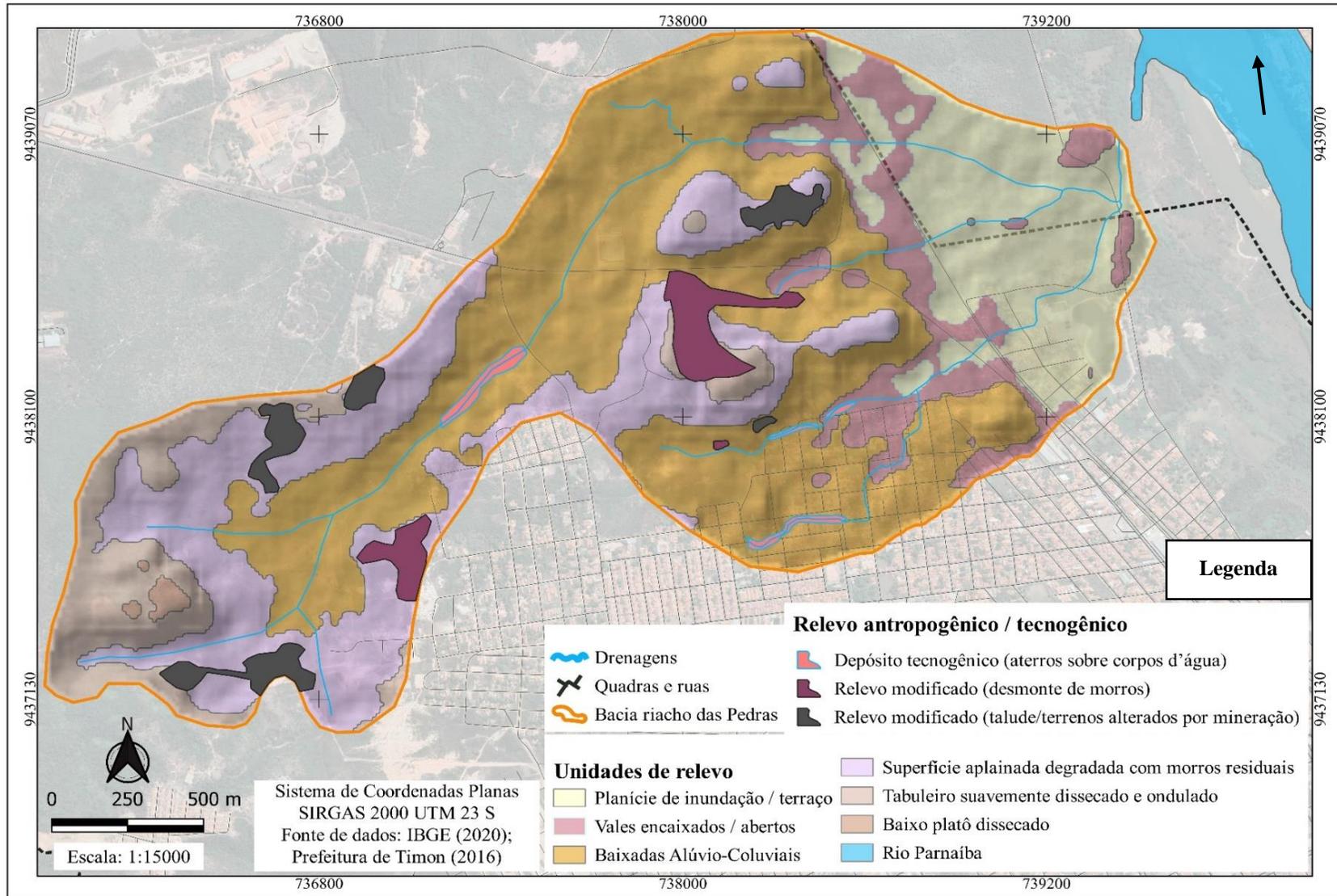
A proposta é transforma a carta geomorfológica de relevo antropogênico das sub-bacias, um documento técnico onde se possa indicar características, formas de relevo modificados e áreas potenciais ao risco geológico e geomorfológico, nas bacias Açude, Bacuri e Pedras.

Figura 59 - Carta geomorfológica antropogênica nas sub-bacias dos riachos Açude e Bacuri



Fonte: CPRM, 2021; Registro de campo (2020, 2021). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022).

Figura 60 - Esboço de carta geomorfológica antropogênica, sub-bacia do riacho Pedras



Fonte: CPRM, 2021; Registro de campo, (2020, 2021). Organização e Geoprocessamento: Rafael José Marques (2022).

Essas cartas, como propostas de um mapeamento geomorfológico antropogênico, demonstram as intervenções antropogênicas nas sub-bacias pesquisadas e que são capazes de produzir mudanças no modelado da superfície, em tempo muito acelerado. Na carta está, primeiramente, as formas de relevo mapeadas com base em campo e em materiais bibliográficos e de forma sobreposta, os locais com representações em legenda que indicam as formas antropogênicas observadas e analisadas. Nestas cartas de relevos antropogênicos são apresentadas mudanças no espaço físico em padrões de relevo numa cartografia geomorfológica baseado na proposta metodológica das cartas de padrões de relevo municipais em escala de detalhe da CPRM, (2021). Propõe-se um esboço de carta geomorfológica antropogênica, que em linhas gerais demonstram o 5º e 6º táxon hierárquico da metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por Ross (1992).

Nesta classificação indica-se os locais de nível um, dois e três de perturbação ativa, observados em campo e com simbologia temática genérica de extração de materiais, taludes de corte, processos erosivos acelerados, canais de escoamento alterados e retelinizados ou canalizados para instalação de arrumamentos sobre eles.

As perturbações mapeadas, como indicadas na legenda da carta, recebe as denominações de formações tecnogênicas (que representam terrenos alterados por mineração); Formações Tecnogênicas (indicam desmonte de morros), e que neste pode-se ligar as formas alteradas por extração de material para construção civil; e por último os depósitos tecnogênicos (aterros sobre corpos d'água). Os problemas de ausência de um planejamento territorial e ambiental se refletem no relevo e nas unidades identificadas apresentadas são basicamente relacionados ao crescimento urbano, e imobiliário da cidade.

Com base em Pellogia (1997; 2005), a relação do modelado antropogênico com as formase com a compartimentação original do relevo implica tanto em mudanças simples, muitas vezes não perceptível. Este autor adverte que é possível identificar morfologias antropogênicas não no nível do 6º táxon, mas também nos 5º e 4º táxons.

E ainda Pellogia (1997), afirma que:

[...] é possível relacionar as consequências da ação humana ao quinto táxon (formas de vertentes contidas em cada forma de relevo: encostas terraplanadas e mineradas, aterros) e mesmo ao quarto táxon (formas de relevo individualizadas dentro de cada unidade morfológica: é o caso das planícies fluviais aterradas e dos morrotes artificiais, como os grandes aterros sanitários). (PELLOGIA, 1997 p.7)

Com base em Ross (1992), inicialmente o mapeamento de detalhe foi realizado pelo 6º táxon, que abarca as formas resultantes de processos atuais, tanto naturais quanto antropogênicos. Neste mapeamento, buscou-se evidenciar as formas e processos de formação de relevo, principalmente de cunho antropogênico.

Nas sub-bacias hidrográficas analisadas, foram identificadas diversas formas de relevo antropogênicas, sendo estas denominadas com base no guia de mapeamento geomorfológico de detalhe da CPRM (2021), além de campo realizado e caracterizando as formas de processos atuais, com base no 6º táxon e observações de campo e descrições das feições e materiais e formas tecnogênicas vistos. Por diante, foram definidas, três principais classes: depósitos tecnogênicos (aterros sobre corpos d'água); relevo modificado, (tipo desmonte de morros); e relevo modificado (com taludes ou vertentes e terrenos alterados por mineração), (Quadro 18).

Quadro 18 - Classificação de terrenos tecnogênicos e identificação.

Sub-bacias	Classe	Categoria geológica geomorfológica		Terreno tecnogênico	Característica - feição antropogênica
<b>Sub-bacia riacho Açude</b>	Terreno tecnogênico de agradação e de degradação	Formações superficiais antropogênicas	Depósitos tecnogênicos Colúvios/alúvios	Terreno erodido	Depósitos tecnogênicos Construídos
					Depósitos tecnogênicos construídos recobrimdo terrenos escavados
				Aterrado e ou acumulado	Depósitos tecnogênicos E cortes na vertente
					Superfícies de escavação
					Depressões de subsidência criadas por processo induzido.
				<b>Sub-bacia riacho Bacuri</b>	
Depósitos tecnogênicos induzidos de vertente					
Superfícies de escavação					
<b>Sub-bacia riacho Pedras</b>	Terreno tecnogênico de degradação	Substrato rochoso exposto ou movimentado		Terreno erodido	Cicatrizes de erosão criadas por processos induzidos
				Terreno escorregado	Cicatrizes de escorregamento criadas por processo induzidos
				Terreno movimentado	
				Terreno escavado	Superfícies de escavação

Organização: Rafael José Marques (2022). Adaptado de Peloggia *et al.* (2018).

Peloggia *et al.* (2018) apresentam um quadro de classificação de terrenos tecnogênicos para ser utilizado em mapeamentos geológicos e geomorfológicos antropogênicos. E relacionado ao mapeamento construído aqui, com base em campo e na CPRM (2021), para gerar as nomenclaturas de classes foi proposto o mapa apresentado anteriormente.

Nesse mapa proposto da geomorfologia urbana e antropogênica, foram identificados como principais mudanças do relevo as cicatrizes da retirada parcial ou total de forma de colinas e morros, os preenchimentos de vales fluviais, desvio dos canais hidrográficos, resíduos sólidos de construção civil e pedreiras. Podendo gerar áreas de risco geomorfológico nas áreas urbanas e em destaque, nas bacias aqui pesquisadas, como já mencionado em páginas anteriores.

Para Girão e Corrêa (2004) citado por Barbosa (2021) enfatiza que o problema da ocupação urbana em áreas de risco, como planícies de inundação e terraços, se dá, principalmente, por fatores socioeconômicos. Essas ocupações adquirem fácil acesso a áreas baratas e são destinadas ao estabelecimento de residências ou comércios, próximos a encostas sem vegetação e com cortes nas vertentes, atrelando eventuais riscos (BARBOSA, 2021).

As formas consequentes dos processos antropogênicos verificados em campo, podem ser descritas como feições erosivas aceleradas, tais como sulcos, ravinas e voçorocas, que mesmo sendo de origem natural, passam por modificação na evolução dos processos. As feições erosivas têm seus processos intensamente acelerados devido a fatores como: supressão vegetal de áreas adjacentes; aumento do escoamento superficial concentrado; carreamento de sedimentos; a ocupação das áreas contíguas às voçorocas, ravinas e sulcos; e um o acúmulo de resíduos sólidos em encosta e vertente.

A investigação das condições geotécnicas das unidades de relevo mostrou a existência de espessos depósitos argilosos de origem quaternária na base dos depósitos tecnogênicos. Os principais depósitos tecnogênicos identificados foram os materiais de origem dragada, espólica, gárbica e úrbica. As análises dos resultados foram organizadas e aqui expressas como: Usos e ocupações do solo e estágios de perturbação, com análise das perturbações identificadas em três níveis como o exposto no quadro 19.

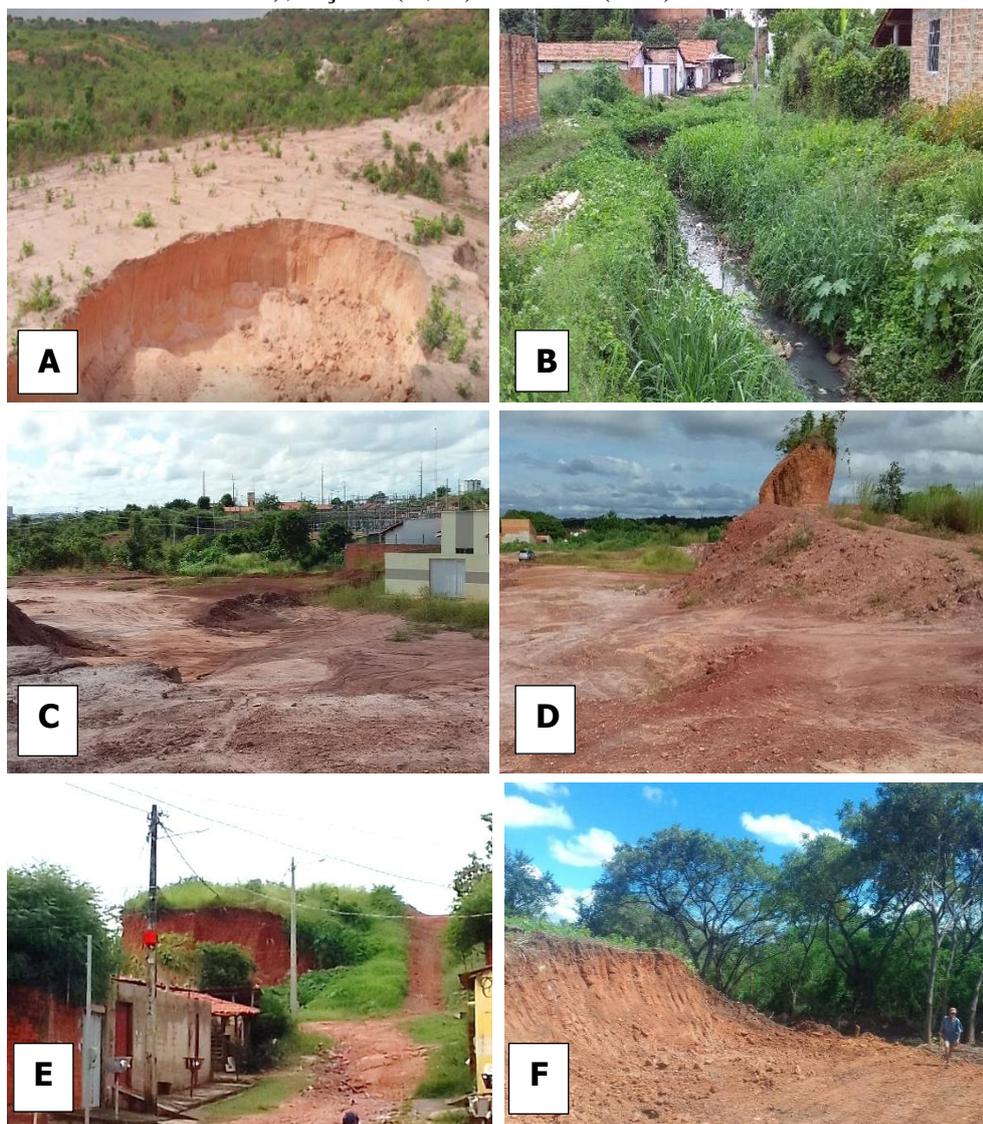
Quadro 19 - Estados de perturbação, das sub-bacias analisadas

Níveis de perturbação			
Estado 1	Alterações da drenagem das sub-bacias	Modificações dos canais	Sub-Bacia do riacho Bacuri e Açude
Estado 2	Extração mineral (argila e massará, rochas)	Modificações em morros, colinas	Sub-Bacia do riacho Pedras e Açude
Estado 3	Aterros e depósitos antropogênicos	Material urbico, gárbico, espólico	Sub-Bacia do riacho Pedras, Bacuri e Açude

Organização: Rafael José Marques (2022).

Os estados de perturbação 1, 2 e 3, foram indicados e representados, através de registros de campo (Figura 61), e avaliados como as principais modificações no relevo, ocorrendo atividades de extração de argila e derivando formas antropogênicas e aterramentos e lançamentos de depósitos tecnogênicos nos canais de drenagens, hoje degradados.

Figura 61 - Fotografias mostrando modificações no relevo, bacias dos riachos das Pedras (A, B); Açude (C, D) e Bacuri (E, F)



Legenda: Em A e B - representam algumas modificações ocorridas na bacia da bacia do riacho Pedras, com seus cortes e deixando o solo exposto e o canal fluvial muito degradado; C e D - indicam a bacia do Açude com aplainamentos e supressão de morro; Em E e F - mostram pontualmente alguns locais da bacia do Bacuri, com corte na vertente, solo exposto, com proximidades a residências. Fonte: Registro de campo. Rafael José Marques (2021; 2022).

Toda ação humana causa impacto na paisagem em níveis, graus ou estados distintos de perturbação. Havendo consequências desastrosas e contraditórias, por haver a necessidade de expansão da cidade, gerando mais transformações no terreno. Era neste ponto que deveria entrar o planejamento, mas aqui, é ausente. Não visto no recorte espacial investigado.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho estudou-se as alterações observadas acerca do processo histórico de uso e ocupação das áreas de três sub-bacias hidrográficas: Açude, Bacuri e Pedras durante o processo de urbanização de Timon, Maranhão, no período de 1990 a 2021, todas elas correspondendo a sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do médio rio Parnaíba. Buscou-se realizar uma análise antropogênica, para entendimento das intervenções humanas neste ambiente e as respectivas modificações introduzidas no relevo e na hidrografia, principalmente, e partir dos resultados encontrados, chegou-se as conclusões a seguir relatadas.

A cidade de Timon obteve um desempenho urbano de crescimento nos últimos anos, tendo uma expressiva urbanização de 14 % em 1990 passando para 59 % nas sub-bacias do riacho Açude e Bacuri e já na sub bacia Pedra havendo 14% no ano de 1990, e chegando a 43% no ano de 2020. Considerando-se a população residente, encontrando-se atualmente na quarta posição em relação às demais cidades maranhenses, tendo como vetor de urbanização o aumento de construções imobiliárias devido ao crescente populacional da cidade, fator este que é levando em consideração pela sua localização vizinha à Teresina, capital do Estado do Piauí.

Com relação as alterações da drenagem das sub-bacias, passaram por modificação do canal, ocorreram formações e transformações de terrenos tecnogênicos nessas áreas, classificados como:

- Na sub-bacia do riacho Açude, localizada na região centro sul da cidade, ocupando parcialmente nos bairros Cidade Nova, Formosa, Mateuzinho, Parque Aliança, Pedro Patrício, Planto Formosa e São Marcos. Esta sub-bacia encontra-se num estágio de perturbação com alterações na drenagem, canal modificado com aterramento com materiais tecnogênicos úrbicos e espólicos, evidenciando-se as seguintes transformações do relevo original para formas antropogênicas, como desmonte de morros e colinas, aplainamentos por aterros e cortes do relevo, cortes em vertentes e geração de taludes, tendo potencial surgimento de áreas de risco geomorfológico.

Com geração sedimentos aos canais fluviais, impactando a drenagem e as matas ciliares. Presença de terrenos tecnogênicos de degradação, do tipo terreno escavado. Estas formações estão relacionadas aos processos de canalizações no qual há a necessidade de alterações mecânicas no interior do fundo de vale (talwegues e margens), para recebimento de placas e tubulações impermeáveis. Modificações do padrão de drenagem, conjuntamente à diminuição dos canais, e ocorrência de formação de redução de profundidade do talwegue. E Terrenos tecnogênicos de degradação, como terreno erodido, terreno escorregado, terreno

afundado, sulcos, ravinas, voçorocas, escorregamentos, dolinas, poços sumidouros, depressões, cortes de terraplanagem, cavas de mineração.

- Na sub-bacia do riacho Bacuri, também localizado na porção centro sul da cidade, ocupando parcialmente determinados bairros como Cajueiro, Cidade Nova, Mateuzinho, Mutirão, Jóia, Vila Bandeirante, Parque Aliança e Parque Alvorada. E encontra-se em estágio de perturbação com modificações no canal fluvial, extração mineral de argila, barro, cortes em vertentes, aterros tecnogênicos do tipo urbico e espólico nos canais. E relevos antropogênicos, talude, aplainamentos, e geração de áreas de risco geomorfológico.

Com Presença de feições erosivas nos terrenos tecnogênicos de degradação, com posterior processo de urbanização: terrenos tecnogênicos de agradação, com presença de depósito construído de preenchimento. Ocorre inicialmente com remoção da vegetação e modificação da drenagem), aceleração da erosão em área com inclinação acentuada e aumento da carga de sedimento nos rios. Extração mineral (argila e massará) com presença de solo exposto: prováveis terrenos tecnogênicos de degradação, do tipo erodido. E Aterros e depósitos antrópicos ou tecnogênicos, áreas com presença de deposições de resíduos sólidos domésticos: terrenos tecnogênicos de agradação, com presença de depósitos construídos.

- E na sub-bacia Pedras, situado no a norte da cidade, nos bairros, Bela Vista, Boa vista, Boa Esperança, Cidade Industrial, Marimar, Parque São Francisco I e II. Com estágios de perturbações do tipo extração de barro, demonstração de morros, aterramento de canal fluvial, e relevo antrópicos de aplainamentos desses, cortes artificiais.

Havendo taludes artificiais ascendentes, representadas pela recomposição topográfica de morrotes; taludes descendentes, representadas pelas cavas de extração de argila e barro, e a canalização de parte da rede de drenagem em relação à expansão urbana. Criação de pedreiras com terrenos tecnogênicos de degradação em decorrência do desmonte de vertentes. Também com aterros e depósitos antrópicos ou tecnogênicos, áreas com presença de deposições de resíduos sólidos domésticos: terrenos tecnogênicos úrbicos, espólicos e de agradação, com presença.

Foram também estudados os potenciais riscos geológicos-geomorfológicos presente nas sub-bacias estudadas, e foram classificados pelo Serviço Geológico Brasileiro CPRM, (2014) como riscos, em nível de médio a alto risco.

Tais modificações geram desequilíbrio do atual sistema ambiental, provocando modificações nas drenagens, aterramento de planícies, intensificação do aporte sedimentar. Assim, o mapeamento, a quantificação e a análise das formas antropogênicas são de fundamental importância para o planejamento ambiental e territorial, além de poder disciplinar

futuros usos da terra, como forma de reduzir os impactos ambientais negativos decorrentes do processo de urbanização.

O estudo da Geomorfologia Antropogênica ou Antropogeomorfologia se apresentou como uma base e suporte para compreensão das mudanças do relevo na cidade de Timon-MA. E através dessa abordagem, demonstra que significativos indicadores e que o homem é um integrante do meio e que transforma a paisagem, e a modifica. Os atuais procedimentos metodológicos da cartografia para as geotecnologias, são cada vez mais necessários à ampliação do conhecimento da realidade ambiental em que se vive atualmente, e demonstram ser fundamentais para um uso do território mais sustentável para as cidades.

Nesta perspectiva, as discussões iniciadas nesta pesquisa permitiram evidenciar que a área urbana de Timon já mostra modificações introduzidas nas formas de relevo e na organização superficial da drenagem local pelo processo de urbanização dos últimos 30 anos, principalmente em função da expansão imobiliária e da atividade de extração mineral, sem adotar um planejamento ambiental. Pode-se inferir, ainda, que as ações antropogênicas na cidade de Timon vêm modificando as paisagens atuais, principalmente em relação às modificações do relevo e da drenagem local.

Nesse processo de transformação antropogênica, em que destaca a modificação da topografia pelo homem, introduzindo elementos derivados de suas atividades econômicas, podendo gerar formas antrópicas no relevo, feições na paisagem que trazem riscos geológico-geomorfológicos às populações no entorno a elas.

Alinhando a geomorfologia como norteadora do planejamento ambiental e da ocupação do espaço geográfico, somada a cartografia geomorfologia, prestam-se papel bastante relevante para a técnica e representação espacial das feições naturais e das atuais já modificadas. As formas antropogênicas que necessitam de estudos para não somente mostrar o evidente, mas procurar mitigações e melhorias urbanas, demonstram que o relevo e a drenagem são componentes relevantes como integrantes de um planejamento ambiental urbano, para um adequado uso da terra e dos recursos naturais urbanos. O mapeamento geomorfológico, torna-se um instrumento oportuno para debates relacionados à compreensão da gênese de formação do relevo em modelados agradacionais ou degradacionais.

No caso deste estudo, a quantificação dos dados da cartografia geomorfológica retrospectiva forneceu informações sobre a evolução dos geoindicadores, bem como respaldo à identificação de mudanças morfológicas do relevo no período de 1990 a 2020, nas respectivas bacias hidrográficas urbanas apresentadas como recorte desta pesquisa. Foi gerado, assim, um conjunto de dados com as informações das cartas de uso e cobertura da terra do mesmo intervalo

de tempo, o que permitiu dimensionar os efeitos das intervenções antrópicas que interferem nos processos morfodinâmicos na cidade de Timon, permitindo se identificar que essas bacias hidrográficas urbanas estudadas encontram-se no nível 1 de perturbação em relação às alterações da drenagem, principalmente pela modificação dos seus canais, no nível 2 de perturbação em relação às modificações nos morros e colinas, principalmente pela extração mineral (argila e massará, rochas) e em nível 3 de perturbação com relação aos aterros e depósitos antropogênicos. Esta classificação indica, assim, que é intensa a interferência nas formas de relevo da cidade de Timon, especificamente nos bairros localizados nas bacias hidrográficas dos riachos estudados.

Desta forma, a partir da aplicação do mapeamento geomorfológico com foco nas formas antropogênicas, se fez um diagnóstico dessas áreas, iniciando pelas características físicas gerais do município e em seguida no recorte dos locais de estudo, no contexto geológico, geomorfológico, solos, clima e a parte histórica da ocupação da área urbana. Tudo isso para que assim se possa compreender, de maneira integradora, os processos morfogenéticos antropogênicos que alteraram e vêm alterando a paisagem urbana de Timon.

As evidências antrópicas do uso do solo urbano são bem marcantes, a partir de geoindicadores como:

- aceleração de processos erosivos, transporte e deposição de sedimentos;
- Alterações no uso do solo provocando indiretamente alterações na dinâmica hídrica da bacia;
- aumento de áreas impermeabilizadas na bacia hidrográfica;
- geração de áreas de risco; e
- introdução de rápidas modificações nas paisagens urbanas.

Pôde-se inferir, então, que as ações antropogênicas na cidade de Timon vêm modificando a morfologia de suas paisagens principalmente em relação ao relevo e à drenagem local. Esta pesquisa pode favorecer novos mapeamentos para um zoneamento da cidade a partir das áreas das sub-bacias dos riachos afluentes da margem esquerda do rio Parnaíba: Pedras, Açude e Bacuri, para planejamentos tanto territorial como ambiental, bem como, oferece diagnóstico das modificações do relevo.

O estudo evolutivo das mudanças antrópicas no sistema físico dessas bacias sistematizado por meio da cartografia geomorfológica retrospectiva possibilitou avaliações qualitativas e quantitativas das mudanças ocorridas no espaço urbano de Timon no período de 1990 a 2000, gerando uma representação geomorfológica antropogênica, evidenciando o homem como agente modelador que se apropria e modifica o relevo, inerentes ao processo de urbanização, bem como poderá trazer subsídios ao planejamento ambiental da cidade de Timon, Maranhão.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. R. C. Bacia Hidrográfica: Unidade de Planejamento Ambiental. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.4, n. 4, 2012. p.201 - 209.
- ALVARENGA, M. I. N.; SOUSA, J. A. **Atributos do solo e impacto ambiental**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.
- ANDRADE, C. F. **Relevo antropogênico associado à mineração de ferro no quadrilátero ferrífero: uma análise espaço-temporal do Complexo Itabira (município de Itabira – MG)**. 2012, 129f. Tese (Doutorado em Geografia). Pós-Graduação do Departamento de Geografia/Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2012.
- AQUINO, C. M. S. de.; VALLADARES, G. S. **Geografia, Geotecnologias e Planejamento Ambiental**. Geografia (Londrina), v. 22, n.1, p. 117-138, jan./abr., 2013.
- ARAÚJO, G. H. de S. O Papel da geomorfologia no diagnóstico de áreas degradadas. *In*: ARAÚJO, Gustavo Henrique de Sousa. ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. e GUERRA, A. J. T. (ORG.). **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 5. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2010. p.53-p.60.
- BARBOSA, L. G. **Análise da Variação da Vegetação na Paisagem Baseada nos Princípios da Geocologia e na Cartografia da Paisagem: estudo de caso em Altos, Nazária e Teresina-PI**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Campus Presidente Prudente - SP. UNESP-SP. São Paulo, 2020. 175, f.
- BASBOSA, T. S; FURRIER, M. Geomorfologia antropogênica e a relação uso da terra com o risco geológico no município de João Pessoa - PB. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V, 18, nº 1. 2017.
- BASBOSA, T. S. **Geomorfologia urbana e antropogênica do setor central da região metropolitana de João Pessoa-Paraíba, Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba UFPB / CCEN. João Pessoa, 2021. 161, f.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Revista Ra'ega**, Curitiba, v. 8, p. 141-152, mai. 2004.
- BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Tradução: Messias Modesto dos Passos. Maringá: Massoni, 2007.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacias Hidrográficas. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações**. 5. ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2010. p. 269-293.
- BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. da; VITTE, A. C. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. Cap. 6, 2011. *In*: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. Teixeira (org.). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 153-188.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BRASIL. **Código de Mineração**. Decreto Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Brasília, Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2003. 118 p. v. 2.

BRASIL. Ministério das Cidades, 2007. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (orgs) Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, 176 p.

BROWN, E. H. O Homem modela a terra. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v.30, n. 222. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/19/bg\\_1971\\_v30\\_n222\\_maioujun.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/19/bg_1971_v30_n222_maioujun.pdf). Acesso em: 20 de fevereiro de 2021.

BURNETT, Carlos F L. **Planejamento e gestão de cidades no Maranhão: o executivo municipal e o controle do solo urbano** / Carlos Frederico Lago Burnett. [et al.]. - São Luís: EDUEMA, 2016.

CAPOIA, E. F. **Delimitação e cálculo de espessura de alterações antropogênicas no relevo: estudo de caso no município de São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de São Carlos Campus São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2021. 53f.

CARDOSO, J. A.; AQUINO, C. M. **Aspectos físicos e conflitos decorrentes do uso das terras da microbacia do riacho do Roncador em Timon (MA)**. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Piauí/Programa de Pós-graduação em Geografia, UFPI /PPGEO, Teresina, 2013.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CAPRA, F. **A Teia da Vida**. Cultrix, São Paulo, 1996.

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and general systems theory**. US Geological Survey Professional. Paper 500. 1962. P. 1-10.

CHRISTOFOLETTI, A. **Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical**. Natureza e Sociedade Hoje. São Paulo, Brasil: Editora Hucitec, 1997.

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

CHRISTOFOLETTI, Antônio. A ação antrópica. In: **Notícia Geomorfológica** 13/14, 1967.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

COLTRINARI, L.; McCALL, G. J. H. Geoindicadores: ciências da Terra e mudanças ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 9, p. 5-11, 1995.

COLTRINARI, L. Mudanças ambientais globais e geoindicadores. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 307-314, 2002.

CORREIA FILHO, F. L. **Projeto Avaliação de depósitos minerais para a construção civil – PI / MA**. Teresina: CPRM, 1997.

CORREIA FILHO, F. L. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Timon. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011. 31 p.

CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa Município de Timon-Maranhão**. Mar. 2014.

CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial**: volume 4. Cartas de padrões de relevo municipais, escala 1:25.000. (org.) Marcelo Eduardo Dantas. [et al.]. Brasília: CPRM, 2021.

CRUTZEN, P. **Geology of Mankind**. *Nature*. v. 415, p.23, Jan 2002.

CRUTZEN, P; STOERMER, E. The Anthropocene. **Global Change Newsletter**, v. 41, p. 17-18. 2000.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). Degradação Ambiental. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 337 - 376.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI (2), 2006.

FELDS, E. Geomorfologia Antropogenética. **Boletim Geográfico**: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, n. 144, p. 352-357, 1957.

FEITOSA, A. C. **Relevo do estado do maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica**. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. **Anais**. [...] Goiânia: UFG, 2006. Disponível em: [www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/476.pdf](http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/476.pdf). Acesso em: 16 set. 2020.

FERREIRA, A. J. A. A Questão Urbana Maranhense: problemas de um discurso desenvolvimentista que não prioriza a gestão e o ordenamento territorial. **Projeto de pesquisa “A atual configuração da rede urbana maranhense: 1990-2010”**, FAPEMA. Disponível em [xiisimpurb2011.com.br/app/web/arq/trabalhos/ddb07826212a4a67b4b161ffff052a04.pdf](http://xiisimpurb2011.com.br/app/web/arq/trabalhos/ddb07826212a4a67b4b161ffff052a04.pdf). Acesso em 14 de março de 2021.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.

FLORENZANO, T.G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. 1. ed. Oficina de Textos, São Paulo. 2008, pag. 105 - 128.

FORD, J. R.; PRICE, S. J.; COOPER, A. H; WATERS, C. N. *An assessment of lithostratigraphy for anthropogenic deposits*. **Geological Society, London, Special Publications**, v.395; 2014. p. 55-89.

FRANÇA JUNIOR, P. **Geomorfologia do tecnógeno e antropoceno: perspectivas teóricas e estudos aplicados em ambientes urbanos**. Pedro França Junior (org.). Ituiutaba: Barlavento, 2020, 426 p.

FURRIER, M. **Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa - 1: 100.000**. 2007. 213f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2007.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.º 16, p. 76-80, 2005.

GERASIMOV, I.P & VELICHKO, A.A. Complex paleogeographical atlases-monographs for the Anthropogene, and their prognostic value. *In: International Geological Congress*, 27, Moscou, 1984, v. 3, p. 129-154.

GIRÃO, O. (2007). **Análise de Processos Erosivos em Encostas na Zona Sudoeste da cidade do Recife** – Pernambuco. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, CCMN. Brasil. (p.305).

GIRÃO, O; CORRÊA, A. C. B. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**. UFPE. Recife. V. 21, nº 2, jul/dez. 2004.

GUERRA; A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2006.

GUERRA; A. J. T. (org.); SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 5. ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2010.

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

GOUDIE, A. S. **The Human Impacts on the Natural Environment**. 4. ed. Oxford: Blackwell. 1993.

GOUDIE, A. S.; VILES, H. A. **The earth transformed: an introduction to human impacts on the environment**. John Wiley & Sons, 2013.

GOUDIE, A.S; VILES, H.A. 2016. **Geomorphology in the Anthropocene**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, 380 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316498910>.

GROHMANN, C.H.; Riccomini, C.; Steiner, S.S; Aplicações dos modelos de elevação SRTM em geomorfologia. **Rev. Geogr. Acadêmica**, ISSN 1678-7226, v.2 n.2, viii. 2008, pag.73-83.

GUPTA, A. *Geoindicators for tropical urbanization*. **Environmental Geology**, v. 42, p. 736-742, 2002.

GOUVEIA, I. C. M-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**. Tese (Doutorado) Departamento de Geografia da FFLCH, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2010.

HAFF, P. K. **Neogeomorphology Prediction and the Anthropocene Landscape**. Durham: Division of Earth and Ocean Science, Duke University, 2001. 22p.

HOOKE J.M. **Human impacts on fluvial systems in the Mediterranean region**. **Geomorphology**, n. 79, 2006, p. 311–335.

HOOKE, R. L. **On the history of humans as geomorphic agents**. *Geology*. 2000, v. 28, n. 9. (p. 843–846).

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020**. Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes. Brasília, DF: INMET, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010 e Estimativa populacional 2019**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/timon/panorama>. Acesso em: 20 jun. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Zoneamento Geoambiental do Estado do Maranhão**. Diretrizes Gerais para a ordenação territorial. Salvador: IBGE, 1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas Topográficas. Folhas: Teresina/PI. SB-23 X-D-II/886**. Brasília: IBGE, 1984. (Escala 1:100.000); (Escala 1:50.000), disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas.html>. Acesso: 18 de julho de 2020.

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Evolução política-administrativa do Estado do Maranhão**. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. São Luís, 2010.

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Mais Itapecuru: subsídios ao planejamento e a gestão de recursos hídricos**. São Luís: IMESC, 2019. (v.1).

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA): meio socioeconômico, arranjos jurídicos-institucionais, dinâmicas de sobreposições e usos e cobertura da terra - Etapa Cerrado e Sistema Costeiro. v.1 / . [et al.] (Orgs)**. São Luís: IMESC, 2021.

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA): Meio físico-**

biótico – etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. v.1 / Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias... [et al.] (Orgs). São Luís: IMESC, 2021.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3ª ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. Capacitação para o mapeamento e gerenciamento de áreas de risco - Áreas de risco: informação para prevenção (vídeo). **IPT e Prefeitura de Mauá - Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR)**, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bhKWHx08jFA>. Acesso em: 15 mar. 2022.

JAMES, L.A.; MARCUS, W.A. **The human role in changing fluvial systems: Retrospect, inventory and prospect**. *Geomorphology*, 79(3-4): 152-171, 2006.

JORGE, M. C. O. **Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias**. In: GUERRA, Antonio José Teixeira. *Geomorfologia urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 117-145. (Cap. 4).

LIMA, I. M. M. F. (Coord.). Teresina, Agenda 2015: a cidade que queremos. **Diagnósticos e cenários – Meio Ambiente**. Teresina, 2002.

LIMA, I. M. M. F. **Morfodinâmica e meio ambiente na porção centro-norte do Piauí, Brasil**. 2013. 309 f. Tese (Doutorado em Geografia) apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LIMA, I. M. M. F.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Bacia Hidrográfica do Rio Poti: dinâmica e morfologia do canal principal no trecho do baixo curso. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Manaus-AM, 18 a 22 de outubro de 2014. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2014/trabalhos/6/6-322-554.html>. Acesso em janeiro de 2020.

LIMA, I. M. M. F. AUGUSTIN, C. H. R.R. Rio Parnaíba: dinâmica e morfologia do canal fluvial no trecho do médio curso. **Revista Equador** (UFPI), Teresina, v. 4 , p. 418-424 , 2015.

LIMA, I. M. M. F. Teresina: o relevo, os rios e a cidade. **Revista Equador** (UFPI), v. 5, n. 3 (Edição Especial 02), p.375 - 397, 2016.

LUZ, L. M. **Geomorfologia Antropogênica do sítio urbano de Belém-PA: Trajetórias de Evolução e Cenário Atual**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Rio de Janeiro 2017.

LUZ, L. M; MARÇAL, M. S. A perspectiva geográfica do antropoceno. **Revista de Geografia** (Recife) V. 33, No. 2, 2016.

LUZ, R. A. Mudanças Geomorfológicas na Planície do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização. **Tese (Doutorado)** em Geografia. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. 2015.

MACEDO, S. A.; MOREAU, M. S.; SPANGHERO, P. E. S. F. Caracterização morfométrica e uso e ocupação da terra da microbacia hidrográfica do rio água branca de Itabuna-BA. **Revista Geonorte**, Manais-AM. v.10, n.34, p.82-99, 2019.

MACHADO, A. H. et al. Mineração e relevo antropogênico, o exemplo da extração de esteatito em Santa Rita, Ouro Preto, Minas Gerais. **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia-MG v. 22, n. 81 jun./2021 p. 166–175 Página 166 DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG228155361>

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Org. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2007, p. 23 - 50.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Revista Geografia (Londrina)**, v.17, n. 2, p. 67-87, 2008.

MARQUES NETO, R. **Cartografia Geomorfológica: revisões aplicações e proposições**. Curitiba CRV. 2020, 174 p.

MARQUES, R. J. Mineração e meio ambiente: transformações socioambientais decorrentes da extração mineral em área urbana do município de Timon-MA. **Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Piauí - UESPI**, Curso Licenciatura Plena em Geografia. Teresina, 2011. 70f.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: A história de uma procura**. São Paulo, Brasil: Contexto, 2000.

MORAES. E. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. INPE, São José dos Campos. 2012.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalem: Keper Publishing House; Dordrecht: D. Reidel Publishing, 1983.

NUNES, J. O. R; P. C. ROCHA; **Geomorfologia: aplicações e metodologias**. 1 ed. São Paulo. Expressão Popular. UNESP. 2008, 192 p.

OLIVEIRA, A.M.S. 1990. **Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual**. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, 1990, Salvador, *Atas...* ABGE, v. 1, p. 411-415.

OLIVEIRA, A. M. S.; PELOGGIA, A. U. G. **O Antropoceno e o Tecnógeno: implicações geocronológicas da ação geológica da humanidade**. *Quaternary and Environment Geosciences*, vol.5, n.2, p.103-111. 2014.

PASSOS, M. M. O modelo GTP (Geossistema – Território – Paisagem): Como trabalhar. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 5, Nº 1, Edição Especial 1, p. 1–195, 2016. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>. Acesso em 14/04/2022

PEDRO MIYAZAKI, L. C. **Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: impactos e vulnerabilidades em ambientes urbanos - Presidente Prudente –**

**São Paulo - SP.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. UNESP, Campus de Presidente Prudente - SP. 2014.

PELOGGIA, A. **O Homem e o Ambiente Geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo.** São Paulo, Xamã. 1998, 271p.

PELOGGIA, A. U. G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. **Revista UNG – Geociências**, v. 16, p. 102-127, 2017.

PELOGGIA, A. U. G.; SAAD, A. R.; SILVA, R. V.; QUEIROZ, W. Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego Água Branca, Itaquaquecetuba (RMSP). **Rev. Bras. Geomorfol.** (Online), São Paulo, v.19, n.2, (Abr-Jun) p.245-265, 2018.

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**, São Paulo, 40 (1), 1-17, 2019. DOI 10.33958/revig. V. 40i1.626.

PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. dos S. Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. I Encontro do Tecnógeno. 2005. **Revista Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.** Disponível em: [http://www.abequa.org.br/trabalhos/0268\\_tecnogeno.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0268_tecnogeno.pdf). Acesso em 08/08/2021.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: BRASIL: IBGE, 1983.

PEREZ FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, 2011, p. 83-90.

PEREZ FILHO, A.; SOARES, P. R. B.; ESPÍNDOLA, C. R. **Processos erosivos e reativação de canais de drenagem no planalto ocidental paulista.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. Anais... Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2001. v. 1. p. 84-85.

PINTON, L. G. A Antropogeomorfologia na bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia/SP: Uma avaliação da dinâmica de uso da terra e sua adequabilidade a legislação ambiental e a capacidade de uso. 2011. 102 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** - Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

PINTON, L. G. **Evolução dos processos morfogenéticos em relevo cuestiforme: a bacia do Córrego do Cavalheiro - Analândia (SP).** Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Rio Claro, 2016.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Geossistema, Território e Paisagem – Método de Estudo da Paisagem Rural sob a Ótica Bertrandiana. **Geografia, Londrina**, v. 18, n. 1, jan./jun. 2009, p. 5-31. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>. Acesso em 23 out 2009.

PRUSKI, F.F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa, MG: UFV, 2006.

ROSOLÉM, N. P.; ARCHELA, R. S. Geossistema, território e paisagem como método de análise geográfica. **VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física**, Universidade de Coimbra, maio de 2010.

ROSS, J. L. S. O registro dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 6, 1992, pag. 17-29.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8. Ed., 3ª reimpressão. São Paulo, Contexto, 2010.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIA's - RIMA's. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 291 - 335.

RODRIGUES, C. **On antropogeomorphology. in: Anais da Regional Conference on Geomorphology**, Rio de Janeiro, 1999. p. 100-110.

RODRIGUES, C. Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros. **Tese (Doutorado)**. Departamento de Geografia, FFLCH-USP), São Paulo, 1997. 280p.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 14, n. 1, p. 69-77, 2001.

RODRIGUES, C. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da Geomorfologia: tributo a leituras geográficas. *in*: CARLOS, A. F. A. e OLIVEIRA, A. U. (Org) **Geografias de São Paulo: Representações e crise da metrópole**, vol.1, Ed. Contexto, São Paulo, 2004. p. 89-114.

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: Exemplo na Metrópole Paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 17. 2005a., p. 101-111;

RODRIGUES, C. Técnicas fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas, *In*: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo. 2005b. p. 147-168;

RODRIGUES, C. Avaliação do Impacto Humano da Urbanização em Sistemas Hidro-Geomorfológicos. Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia na Grande São Paulo, *in*: **Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Belo Horizonte, 2008. 18p.

RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos da Grande São Paulo. *In*: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.

**Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas.**: São Paulo: Oficina de Texto, 2013.

SALES, V. de C. A urgência do antropoceno. **Revista de Geociências do Nordeste**. v. 6, nº 2 (2020). <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID22217>.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de Concentração da Rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, 47-60, 2014.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 1ª ed.1996; 4ª ed. 8 reimpr - São Paulo: Edusp, 2014.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS FILHO, R. D. dos. **Antropogeomorfologia do povoamento em Petrópolis (RJ): análise ambiental urbana**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS FILHO, R. D. dos. Antropogeomorfologia Urbana. *In*: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro: 2011. p. 227 - 242.

SEMPPLAN/PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. **RIDE Grande Teresina**. Lei Complementar nº 112, de 19 de setembro de 2001, e regulamentada pelo Decreto nº 4.367, de 9 de setembro de 2002. Teresina: PMT, 2002. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/ride-teresina/>. Acesso em 10 dez.2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial**: volume 4 - cartas de padrões de relevo municipais, escala 1:25.000 (versão 1). (Org). Marcelo Eduardo Dantas ... [et al.]. - Brasília: CPRM, 2021.

SHERLOCK, R. L. **Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature**. London: High Holborn, 1922. 404 p.

SILVA, J. O. **Geotecnologias aplicadas em estudo socioeconômico da ocupação urbana: o bairro Cidade Nova do Município de Timon-MA**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP de Rio Claro-SP, 139 f. 2010.

SILVA, F. J. L. T. K. V. RIBEIRO e C. M. S. de AQUINO. As tendências temáticas e conceituais da geomorfologia no XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v.5, n.2, p.43-53, jul./dez., 2015.

SILVA, C. F. A; VALADAO, R.C. **Relevo Antropogênico: mineração de ferro e a interferência humana**. 1. ed. Curitiba: Appris, 147p. 2016.

SILVA, C. H. S.; LIMA, I. M. M. Fé; SILVA, Q. D. Taxonomia do relevo na zona costeira noroeste de São José de Ribamar - MA. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 6, Nº 2, p.120 - 136 Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador> ISSN: 2317-3491, 2017.

SILVA, Camilo V. T; FILHO, J. C. Ribeiro; SILVA Paulo Cesar Moura da; BRASIL José Bandeira. Caracterização morfométrica, uso e ocupação de uma bacia hidrográfica. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.25, n.5, p. 436-444, 2017.

SILVA, M. M., & LUPINACCI, C. M. (2021). Análise das alterações antropogeomorfológicas na Bacia do Rio Cabeça (SP) a partir do uso de geoindicadores. **Revista Geografias**, 29 (1), 1–22. 2021. <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2021.25303>.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Análise digital do relevo empregada no mapeamento de unidades geomorfológicas. **Revista Geografar**, v. 7, n. 2, p. 43-68, 2012.

SILVEIRA, R. M. P. **Proposta metodológica para mapeamento geomorfológico com uso da análise digital do relevo no estado do Paraná. Curitiba.** Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2019.

SOUSA, T. J. dos S. **O município de Timon (MA) dos anos 1980 a 2013: sociedade e espaços rurais em transformação.** Recife-PE: Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2014. 251 f.

STEFFEN, W.; CRUTZEN, P.J.; MCNEILL, J.R. **The Anthropocene are humans now overwhelming the great forces of nature.** *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol.36, n.8, p. 614-621, Out 2007.

SZABÓ, J.; DÁVID, L. LÓCZY, D. (Eds). **Anthropogenic Geomorphology - A Guide to Man-Made Landforms.** London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298p.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. Secretaria Municipal de Planejamento Coordenação. Levantamento de fotografias aéreas, escalas de 1:15000 e 1:60000. Aerofoto Cruzeiro S.A. 1983.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, 38: p.133-142, 1988.

THOMAS, W.L. 1956. **Man's role in changing the face of the Earth.** Univ. Chicago Press, Chicago,

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE / SUPREN, 1977.

TROPMAIR, H.; G. M. H. GEOSISTEMAS. **Mercator - Revista de Geografia da UFC,** E-ISSN: 1984-2201. vol. 5, núm. 10, 2006, pp. 79-89. Universidade Federal do Ceará Fortaleza, Brasil.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006.

TURNER, B.L.; KASPERSON, R.E.; MEYER, W.B.; DOW, K.M.; GOLDING, D.; KASPERSON, J.X.; MITCHELL, R.C.; RATICK, S.J. 1990. Two types of global environmental change: definitional and spatial – scale issues in their human dimensions. *Global Environmental Change*, 1(1): 14-22. [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(90\)90004-S](https://doi.org/10.1016/0959-3780(90)90004-S)

UEMA - Universidade Estadual do Maranhão. NUGEO. Núcleo Geoambiental. **Programa de Planejamento e Gestão Territorial. Bacias Hidrográficas: subsídios para o planejamento e gestão territorial**, Local: UEMA, 2011.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. *In: FLORENZANO, T. G. (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a. p.72-103. (Cap. 3).

VALERIANO, M. M; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. *Applied Geography (Sevenoaks)*, v. 32, p. 300-309, 2011.

VEIGA, J. E. **O Antropoceno e a Ciência do Sistema Terra**. São Paulo. Editora 34, 2019. 1 edição. 152 p.

VENEZIANI, Y. **A abordagem da geomorfologia antropogênica e de modelagens hidrológicas e hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes, (SP) para determinação de picos de vazão e da vulnerabilidade a inundações**. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo – USP. Orientação de Cleide Rodrigues, São Paulo 2014. 298 f.

VIANA, B. A. S. **Mineração de materiais para construção civil em áreas urbanas: impactos sócioambientais dessa atividade em Teresina, PI**, Brasil. 2007. 244f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007.

VIANA, B. A. S.; LIMA, I. M. M. F. Conflitos socioambientais urbanos em área de mineração em Teresina, Piauí. *In: SILVA, F.J. L.T.; AQUINO, R. P.; AQUINO, C. M. S. (Org.). Questões socioambientais urbanas no Piauí: diferentes enfoques*. Cap. 10, p. 176-195. Teresina: EDUFPI, 2018. ISBN: 978-85-509-0351-4.

VITTE, A. C., Os Fundamentos Metodológicos da Geomorfologia e sua Influência no Desenvolvimento das Ciências da Terra. *In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.) Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p 23 - 44.