

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRAFIA DO RIO ANIL DO
MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA**

**ALUNO: WESLEY LEANDRO MELO PEREIRA
ORIENTADOR: PROF. DR. LEONARDO SILVA SOARES
COORIENTADOR: ADILSON MATHEUS BORGES MACHADO**

**SÃO LUÍS
2023**

WESLEY LEANDRO MELO PEREIRA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRAFIA DO RIO ANIL DO
MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Oceanografia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal do Maranhão para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Dr. Leonardo Silva Soares

Coorientador: Dr. Adilson Matheus Borges Machado

**SÃO LUÍS
2023**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

PEREIRA, WESLEY LEANDRO MELO.

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRAFIA DO RIO ANIL DO
MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS MA / WESLEY LEANDRO MELO PEREIRA.

- 2023.

48 f.

Coorientador(a): ADILSON MATHEUS BORGES MACHADO.

Orientador(a): LEONARDO DA SILVA SOARES.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, SÃO LUÍS - MA, 2023.

1. Análise Ambiental. 2. Expansão Urbana. 3.
Morfometria de Bacias Hidrográficas. I. MACHADO, ADILSON
MATHEUS BORGES. II. SOARES, LEONARDO DA SILVA. III.
Título.

WESLEY LEANDRO MELO PEREIRA

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRAFIA DO RIO ANIL DO
MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Oceanografia do
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da
Universidade Federal do Maranhão para a
obtenção do grau de Bacharel em
Oceanografia.

Orientador: Dr. Leonardo Silva Soares

Coorientador: Me. Adilson Matheus
Borges Machado

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Dr. Leonardo Silva Soares
(Orientador/UFMA)

Prof. Dr. Denilson Da Silva Bezerra
(Examinador interno)

Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva
(Examinador interno)

DEDICATÓRIA

A minha família, Atevaldo Pereira, Edileusa Melo, Orlete Melo, Elissandra Melo e Horleildo Sampaio, por toda dedicação e esforço todos esses anos.

AGRADECIMENTOS

Eu, Wesley Leandro Melo Pereira, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta monografia.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo Silva Soares, pela sua orientação, paciência e conhecimento compartilhado ao longo deste trabalho. Sua orientação e conselhos foram inestimáveis e essenciais para o meu crescimento acadêmico.

Gostaria de agradecer também aos professores e demais membros da banca examinadora, Prof. Dr. Denilson da Silva Bezerra, Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva por dedicarem seu tempo e expertise para avaliar este trabalho. Suas críticas construtivas e sugestões foram fundamentais para o aprimoramento desta monografia.

Agradeço ao meu coorientador Adilson Borges por sempre está disponível e sempre tirar minhas dúvidas e aos conselhos para não me deixar desistir.

Agradeço também aos meus familiares e amigos que me apoiaram durante toda essa jornada. O incentivo, a compreensão e o suporte emocional que recebi de vocês foram essenciais para superar os desafios enfrentados ao longo desta pesquisa.

A melhor pessoa que conheci na UFMA Luciana Soares, que estava comigo desde o início da graduação, sempre estava para ajudar, sempre tinha um resumo em mãos. Obrigado por tudo!

Não posso deixar de mencionar meus colegas de curso, Kellia Lima, Marcele Silva, Brenno Franco, Nicolle Carvalho, Luara Durans, Luiz Renato, Paula Melo.

Em suma, sou grato a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso deste trabalho. Seus esforços e apoio foram cruciais e serão sempre valorizados.

RESUMO

Com o acelerado crescimento da população urbana e a pressão sobre os recursos ambientais, aumentou a necessidade de monitorar as mudanças na qualidade do meio ambiente. Este estudo tem como objetivo analisar as características morfométricas, de uso e cobertura da terra, e a avaliação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Anil. A área de estudo foi caracterizada por sua morfometria e paisagem panorâmica nos anos 1984, 2004 e 2020, juntamente com a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida para avaliar a diversidade de habitats em sete pontos. Os resultados mostraram que a bacia apresenta baixa tendência a enchentes, com formato alongado e padrão dendrítico. A análise do uso e ocupação da terra revelou um crescimento significativo de áreas construídas, enquanto manguezais e solo exposto apresentaram diminuições expressivas. No Protocolo de Avaliação Rápida, dois pontos mostraram alterações e cinco pontos foram impactados. Nas regiões da bacia hidrográfica que apresentaram grande degradação, predominaram áreas urbanizadas ou próximas à urbanização. O descarte inadequado de resíduos e esgotos a céu aberto emergiram como principais problemas observados em toda a bacia, não apenas nos pontos mais degradados, mas em todos os pontos analisados.

Palavras-chave: Análise Ambiental, Morfometria de Bacias Hidrográficas, Expansão Urbana.

ABSTRACT

With the accelerated growth of the urban population and the pressure on environmental resources, the need to monitor changes in the quality of the environment has increased. The present study aims to analyze the morphometric, land use and land cover characteristics and the environmental assessment in the Anil River watershed. The study area was characterized by its morphometry, panoramic landscape in the years 1984, 2004 and 2020; and application of the Rapid Assessment Protocol for the diversity of habitats in seven points. The results showed that the basin has a low tendency for flooding, has an elongated shape and a dendritic pattern. The use and occupation of the land showed that the class that had the greatest growth over the years was built area, mangrove vegetation and exposed soil were the classes that had the most significant decreases. In the Rapid Assessment Protocol, two points were altered and five points were impacted. In the hydrographic basin, the regions that present great degradation were the most urbanized or close to urbanization, in view of this the irregular disposal of waste and open sewers were major problems observed in the basin, not only in the most degraded points but in all points observed.

Keyword: Environmental analysis, Watershed morphometry, Urban expansion.

EPÍGRAFE

*“Nobody said it was easy, No one ever
said it would be so hard, I'm going back to
the start.”*

Chris Martin.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de localização da Bacia hidrográfica do Rio Anil.	20
Mapa 2. Mapa de Localização dos Pontos Visitados para O Protocolo de Avaliação Rápida.	24
Mapa 3. Modelo digital de elevação, rede de drenagem e ordenamento dos canais fluviais da bacia hidrográfica do rio Anil.	28
Mapa 4. Uso e cobertura da terra da BHRA para 1984, 2004 e 2020.	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma Metodológico de Morfometria.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 2. Imagens aéreas da BHRA	35
Figura 3. Imagens A e B respectivamente os pontos 7 e 4 mostram o desmatamento da vegetação nativa da BHRA.....	37
Figura 4. Imagens A e B respectivamente os pontos 5 e 6 mostram o acúmulo de lixo e descarte irregular de resíduos na BHRA.	38
Figura 5. Imagens A e B respectivamente os pontos 2 e 3 mostram a erosão das margens da BHRA.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área (km ²) do uso/cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Anil em 1984, 2004 e 2020.....	31
Tabela 2. Resultado da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats para a bacia hidrográfica do rio Anil.	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentagem das classes nos anos 1984, 2004, 2020	32
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Método de cálculo dos parâmetros morfométricos da bacia de drenagem...	22
Quadro 2. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias.	24
Quadro 3. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas.	25
Quadro 4. Características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Anil.	27
Quadro 5. Propriedades da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Anil.....	28
Quadro 6. Indicadores morfométricos da bacia hidrográfica do rio Anil.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. GERAL.....	19
2.2. ESPECÍFICOS.....	19
3. METODOLOGIA.....	19
3.1. ÁREA DE ESTUDOS.....	19
3.2. MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE DADOS MORFOMÉTRICOS.....	20
3.3. MÉTODOS E PROCESSAMENTO DOS DADOS PARA USO E COBERTURA DA TERRA.....	23
3.4. APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR).....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL.....	27
4.2. USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL	31
4.3. PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA.....	35
5. CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	41

LISTA DE SIGLAS E UNIDADES

Δa – Amplitude altimétrica
A - Área
amax – Altura máxima
BHRA – Bacia Hidrográfica do Rio Anil
Canais/km² – Canais por quilometro quadrado
Cm – Coeficiente de manutenção
Dd – Densidade de drenagem
Dh – Densidade hidrográfica
Dv – Distância vetorial
EPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
EUA – Estados Unidos da América
Gc – Gradiente de canais
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Ic – Índice de circularidade
Ir – Índice de rugosidade
Is – Índice de sinuosidade
Kc – Coeficiente de compacidade
Kf – Fator de forma
km/km² – Quilômetro por quilômetro quadrado
km² – Quilômetro quadrado
L – Comprimento do eixo da bacia
Lp – Comprimento canal principal
Lt – Comprimento total da rede de drenagem
m – Metro
m²/m – Metro quadrado por metro
MA - Maranhão
MDE – Modelo de Elevação
Nt – Número total de canais
Nt/km² – Número total de canais por quilômetro quadrado
P – Perímetro
PAR – Protocolo de Avaliação Rápida
Re – Razão de alongamento
Rr – Relação de relevo
Rrl – Razão de relevo relativo
SRTM – Shuttle Radar Topography Mission
T – Razão de textura
UFMA – Universidade Federal do Maranhão
unid – Unidade
UTM – Universal Transversa de Mercator

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas podem ser assimiladas como áreas que se definem através de sua topografia, possuem um curso d'água principal ou um sistema de corpos hídricos que se conectam a uma drenagem principal. No sistema hidrológico as bacias são de grande importância, fundamentalmente na fase terrestre do ciclo, que integra a absorção e drenagem (Linsley & Franzini 1978; Tucci, 1997).

Rodrigues & Malafaia (2009) expuseram como os recursos hídricos degradados podem impactar na saúde pública, em consequência da transmissão de doenças por veiculação hídrica, pela dificuldade na limpeza de corpos hídricos e transmissão de vetores que estejam relacionados com a água. Por isso, pesquisas, programas e políticas públicas em bacias hidrográficas são ações necessárias para superar desafios e implementar convenções ambientais internacionais, visando o cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (Nações Unidas, 2022; Trevisan et al., 2021).

Estudo de morfometria em bacias hidrográficas ajudam a pressupor condições de erosão e fornecer uma compreensão dos processos hidrológicos da bacia hidrográfica auxiliando nas atividades de mitigação (Aher et al., 2014; Mahadevaiah & Narendra 2014). Atualmente esses estudos se tornam muito importantes, devido a identificação diferentes dinâmicas dentro da bacia que podem avaliar e prevenir áreas de possíveis enchente e erosão do solo (Sangeetha et al., 2019).

Com o efeito do aumento desordenado e expressivo da população, há a ocorrência do crescimento de áreas impermeáveis e redução da infiltração de água que provém da precipitação, que podem diminuir o reservatório de lençol freático. O Brasil possui histórico de desastre hidrológico, junto o histórico de baixa aplicação de investimentos e falta de planejamento de drenagens urbanas e infraestrutura relacionada a administração dos recursos hídricos que ocasiona crescente risco de enchentes. As áreas de drenagem urbanas são tratadas de certa forma somente após o acontecimento de catástrofes, geralmente ocorre de imediato do ocorrido, decisões tomadas que de certo modo não traz efeito a longo prazo nessas regiões (Tasca et al., 2017).

Nesse contexto insere-se a bacia hidrografia do rio Anil - BHRA, localizada na Ilha do Maranhão, no município de São Luís. Essa bacia constitui uma região da capital maranhense com grande adensamento populacional. Junior et al. (2014) julgam a bacia do rio Anil como a primeira a ser ocupada no início da colonização na ilha do maranhão, onde estão localizados os municípios de Paço do Lumiar, São José de Ribamar, Raposa e

São Luís, podendo ser apontada como a bacia hidrográfica mais ocupada de toda ilha do maranhão.

Na BHRA há uma população estimada de 250.000 habitantes residindo por toda sua extensão. Nota-se que essa bacia se mostra bastante urbanizada, com presença de casas feitas de madeira que foram retiradas da vegetação de mangue, exercendo pressão sobre o manguezal da região, modificando diretamente a paisagem e o ecossistema, tendo impacto direto sobre os recursos hídricos da bacia (Santos et al., 2019).

Há diversos fatores que podem interferir diretamente na dinâmica hidrológica de uma bacia, como por exemplo a retirada da cobertura vegetal e a degradação do solo, isso ocorre principalmente em regiões com ausência de planejamento ambiental, além disso, há alguns aspectos que merecem destaque, como por exemplo as características morfométricas e as formas de uso e cobertura da terra.

Com o processo de urbanização, o uso do solo e a ocupação inadequada, podem causar o comprometimento da cobertura vegetal na maioria das regiões urbanas, manejo inadequado dos solos, devido a compactação, redução da permeabilidade e desagregação, reforço no escoamento e processos de erosão (Dos Santos & De Lollo 2016).

O acelerado crescimento da população urbana e a pressão sobre os recursos ambientais, aumenta a necessidade de monitoramento das mudanças na qualidade ambiental (Rodrigues & Castro 2008). Existem diversas formas de analisar e caracterizar o meio ambiente, uma delas é o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), que tem como principal objetivo fazer uma análise qualitativa do ambiente. Os PARs proporcionam uma avaliação de regiões ambientais para determinar seu nível de degradação, deste modo, eles compõem um ótimo instrumento para planejamento e avaliação ambiental.

Para Krupek (2010) e Oliveira et al. (2021), a utilização do PAR se torna necessária pois as informações obtidas através dos protocolos podem ser utilizadas como forma de conscientização para a preservação de recursos hídricos e através de projetos ambientais pode se permitir uma análise que possibilite a inclusão da população moradora de áreas ambientais e para que possam monitorar essas áreas.

Esse procedimento é muito importante visto que pode ser usado sem demandar grandes investimentos, além de ajudar no controle e na criação de métodos para ambientes de formas mais concretas. O PAR atribui a oportunidade de monitorar regiões de bacias hidrográficas, e vincular os impactos antrópicos sobre os recursos hídricos.

Assim, diante da importância e complexidade da evolução da urbanização e suas pressões sobre os ecossistemas, estudos que visam a análise das características

morfométricas, de uso e cobertura da terra e da avaliação ambiental em bacias hidrográficas geram modelos propositivos que visam subsidiar o melhor planejamento e gestão ambiental nessas unidades territoriais.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Analisar as características morfométricas, a dinâmica de uso e cobertura do solo e as condições dos habitats da bacia hidrográfica do rio Anil, de forma a gerar contribuições para o planejamento e gestão ambiental.

2.2. ESPECÍFICOS

- Organizar o banco de dados cartográficos da bacia hidrográfica do rio Anil;
- Mapear as diferentes unidades de paisagem da área de estudo;
- Identificar os principais padrões e focos de alteração da paisagem da bacia hidrográfica do rio Anil;
- Caracterizar os indicadores morfométricos da bacia hidrográfica do rio Anil;
- Aplicar um Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats (PAR);

3. METODOLOGIA

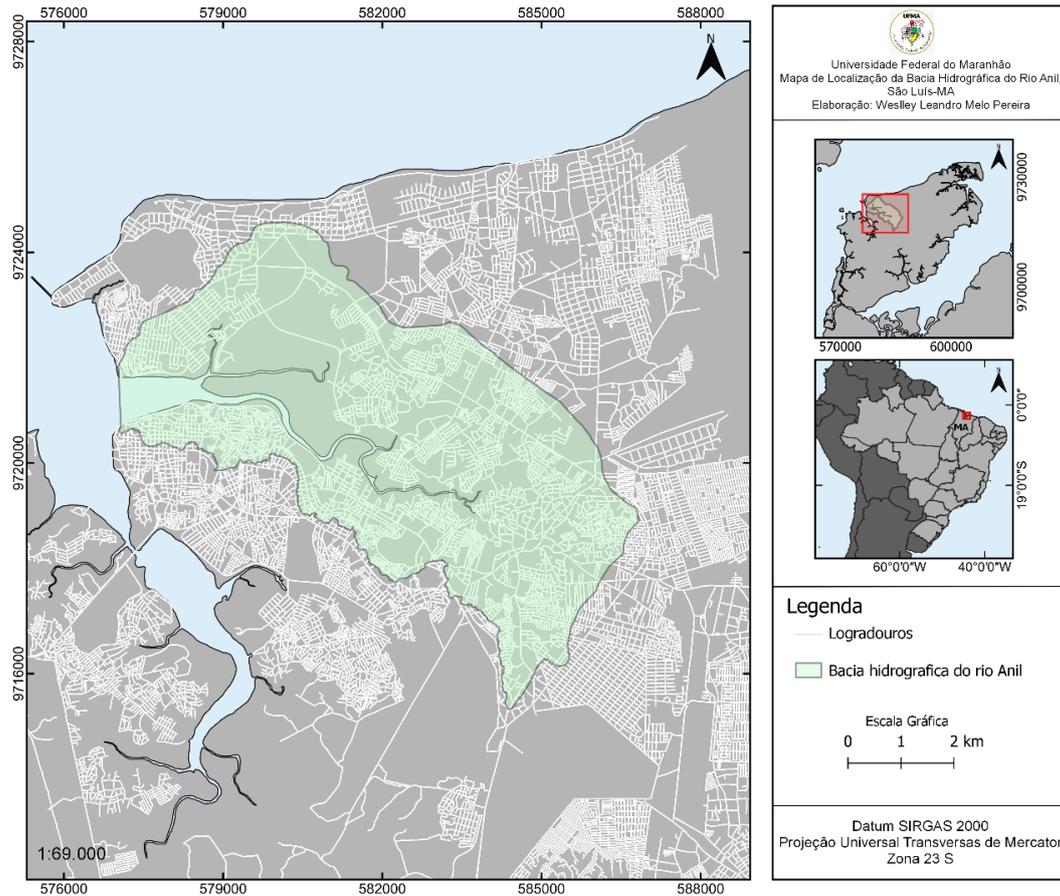
3.1. ÁREA DE ESTUDOS

A bacia do rio anil está situada município de São Luís, Ilha do Maranhão, Maranhão, Brasil. Situa-se ao Norte e ao Leste com a bacia hidrográfica do Paciência, e a Oeste, com a bacia hidrográfica do Bacanga. A Ilha do Maranhão está localizada na planície fluvio-marinha do Golfão Maranhense (Mapa 1).

Localizada na zona costeira da ilha do Maranhão, possui uma área de 40,16 km², tendo o rio principal uma extensão de 13,8 km. Apresenta grande importância ecológica, econômica e social. Está inserida em uma região que possui dois períodos sazonais bem definidos (chuvoso e estiagem), e ainda apresenta comunicação entre o ambiente continental e marinho.

O rio anil possui sua vazão fluvial reduzida em decorrência do aterramento de suas nascentes que causou uma redução da vazão fluvial do rio, esse padrão pode ser observado na espacialização dos valores de salinidade durante os períodos chuvoso e estiagem (Machado et al., 2022). Feitosa (1989) estimou que a vazão do rio Anil e mostrou que o volume passa de 15 m³ s⁻¹ no período chuvoso e 1 m³ s⁻¹ durante o período de estiagem.

Mapa 1. Mapa de localização da Bacia hidrográfica do Rio Anil.



Fonte: O autor.

De acordo com Pereira & Zaine (2007) a BHRA tem estratificação geomorfológica/pedológica subdividida, composta por sedimentos do Grupo Barreiras e possui boa parte de sedimento oriundo de deposições sucessivas de materiais transportados. Em boa parte de seu curso, mais específico na região nordeste, o rio Anil demonstra um formato mais sinuoso. Possui influência de maré super notável em boa parte de seu curso pois sua influência marinha pode chegar a 3,5 km (SOUSA, 2018).

Por conta do processo de urbanização que ainda ocorrem na Ilha do Maranhão, Silva (2011) ressalta que os solos de regiões urbanizadas sofrem grandes variações em relação à morfologia e composição física e química.

3.2. MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE DADOS MORFOMÉTRICOS

Para a caracterização morfométricas da bacia hidrográfica do rio Anil, foram cumpridas algumas etapas e recomendações de Soares et al. (2016), conforme procedimentos apresentados a seguir:

A primeira etapa iniciou-se com a obtenção dos dados cartográficos (configuração digital) nos sites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Instituto

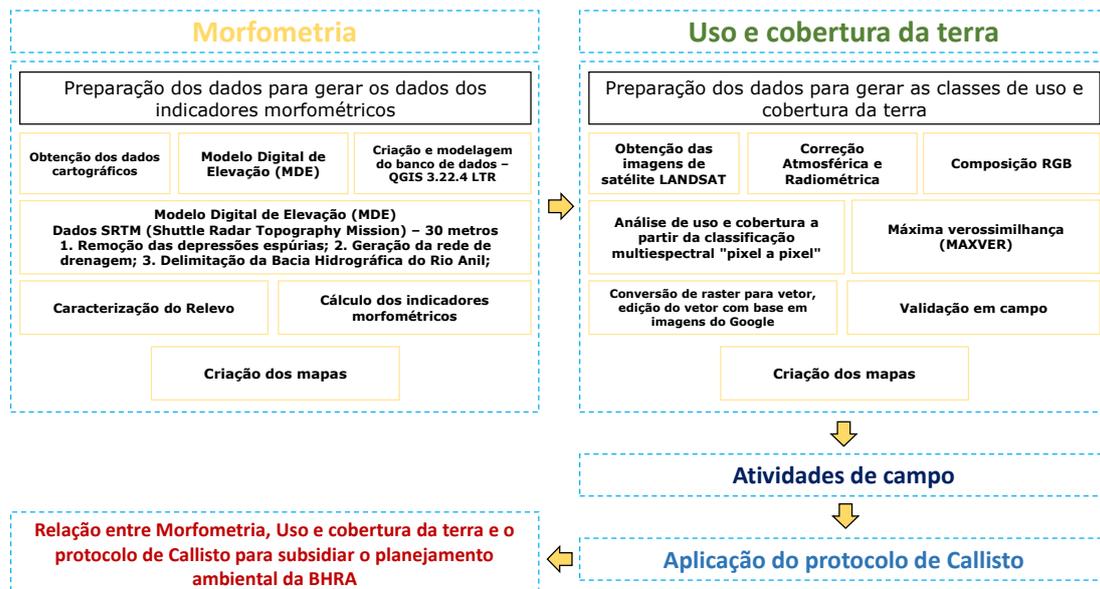
Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que foram utilizados para a elaboração dos mapas temáticos.

Na etapa seguinte, realizou-se a criação e modelagem do banco de dados, isto é, a obtenção e a descrição das categorias. Logo em seguida foram determinadas as demarcações da área de estudo, a projeção cartográfica e os demais parâmetros cartográficos. Foi utilizado a projeção Universal Transversa de Mercator, modelos da Terra em datum – SIRGAS 2000, zona 23 no hemisfério sul.

Na terceira etapa, foi adquirido o Modelo Digital de Elevação (MDE) dos produtos *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM ou Missão Topográfica de Radar Embarcado com resolução espacial de 30 metros. Após a obtenção, as técnicas de preenchimento das depressões espúrias e recorte foram realizadas para a área de estudo, utilizando curvas de nível com resolução espacial de 30 metros, utilizando o programa QGIS versão 3.22.4 LTR, através das técnicas de interpolação visando a criação de modelos digitais do terreno para processamento de dados hidrológicos.

Na quarta etapa as características morfométricas foram mensuradas com base nos estudos de Horton (1945), Smith (1950), Muller (1953), Schumm (1956), Strahler (1957) e Christofletti (1980) (Quadro 1). Os procedimentos metodológicos estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma metodológico do trabalho.



Fonte: O autor.

Quadro 1. Método de cálculo dos parâmetros morfométricos da bacia de drenagem.

Parâmetros	Descrição	Equação	Fonte
Relação de relevo (<i>Rr</i>)	Relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento do canal principal.	$Rr = \frac{\Delta a}{Lp}$	Schumm, 1956
Razão de Relevo Relativo (<i>Rrl</i>)	Relação entre a amplitude altimétrica e o perímetro da bacia.	$Rrl = \frac{\Delta a}{P}$	Strahler, 1958
Índice de rugosidade (<i>Ir</i>)	Razão entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem.	$Ir = \Delta a \cdot Dd$	Strahler, 1957
Coefficiente de compacidade (<i>Kc</i>)	Relação entre o perímetro e a área da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.	$Kc = 0,2821 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$	Lima, 1969
Fator de Forma (<i>Kf</i>)	Relaciona a forma da bacia com um retângulo, com a razão entre área da bacia e o comprimento do eixo da bacia.	$Kf = \frac{A}{L^2}$	Horton, 1945
Índice de circularidade (<i>Ic</i>)	Relação entre a área da bacia e a área de um círculo com a mesma circunferência do perímetro da bacia.	$Ic = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$	Muller, 1953
Densidade de drenagem (<i>Dd</i>)	Relação entre o comprimento total da rede de drenagem e a área da bacia.	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Horton, 1945
Densidade Hidrográfica (<i>Dh</i>)	Relação entre o número de segmentos de rios em cada quilometro quadrado da bacia e a área da bacia.	$Dh = \frac{Nt}{A}$	Horton, 1945
Razão de textura (<i>T</i>)	Relação entre o número de segmentos de rios e o perímetro da bacia.	$T = \frac{Nt}{P}$	Smith, 1950
Índice de sinuosidade (<i>Is</i>)	Relaciona o comprimento do canal principal com a distância vetorial do canal principal.	$Is = \frac{Lp}{Dv}$	Schumm, 1963
Coefficiente de manutenção (<i>Cm</i>)	Fornecer a área mínima necessária para a manutenção de 1 metro de canal de escoamento	$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000$	Schumm, 1956
Gradiente de canais (<i>Gc</i>)	Relação entre a cota máxima e o comprimento do canal principal.	$Gc = \frac{amax}{Lp}$	Horton, 1945
Razão de alongamento (<i>Re</i>)	Corresponde a razão do diâmetro de um círculo que representa a mesma área da bacia e o comprimento do seu eixo.	$Re = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} / L$	Schumm, 1956

Fonte: Soares 2021.

3.3. MÉTODOS E PROCESSAMENTO DOS DADOS PARA USO E COBERTURA DA TERRA

A primeira etapa realizada neste trabalho foi a obtenção de dados cartográficos em formato digital pelo IBGE e Google Earth Pro que foram usados para levantamento dos dados para vetorização do uso e cobertura do solo da área estudada e composição dos mapas temáticos.

Para a classificação supervisionada, foram obtidas imagens do satélite LANDSAT 5, sensor TM e LANDSAT8, sensor OLI dos anos de 1984, 2004 e 2020, órbitas e pontos: 221-61, 221-62, 222-61, 222-62 e 222-63 com baixa cobertura de nuvem.

O uso e cobertura da terra foram reconhecidos por meio da Orfeo ToolBox (OTB) algoritmo Learning no software QGIS versão 3.22.4 LTR. A ferramenta OTB é um programa de código livre para tratamento de imagens de satélite, no qual o pacote de algoritmos pode tratar imagens ópticas, multiespectrais e hiperespectrais de alta resolução. Podendo ser aplicada de várias formas, incluindo: classificação supervisionada ou não supervisionada, ortorretificação, extração de recursos e etc.

Para identificação, foram utilizadas as classes de uso e cobertura: água, praia, área construída, vegetação densa, vegetação rasteira, solo exposto. Os resultados de área (km²) do mapeamento foram transformados em porcentagem, com plano de reconhecer processos de mudanças da paisagem na área estudada.

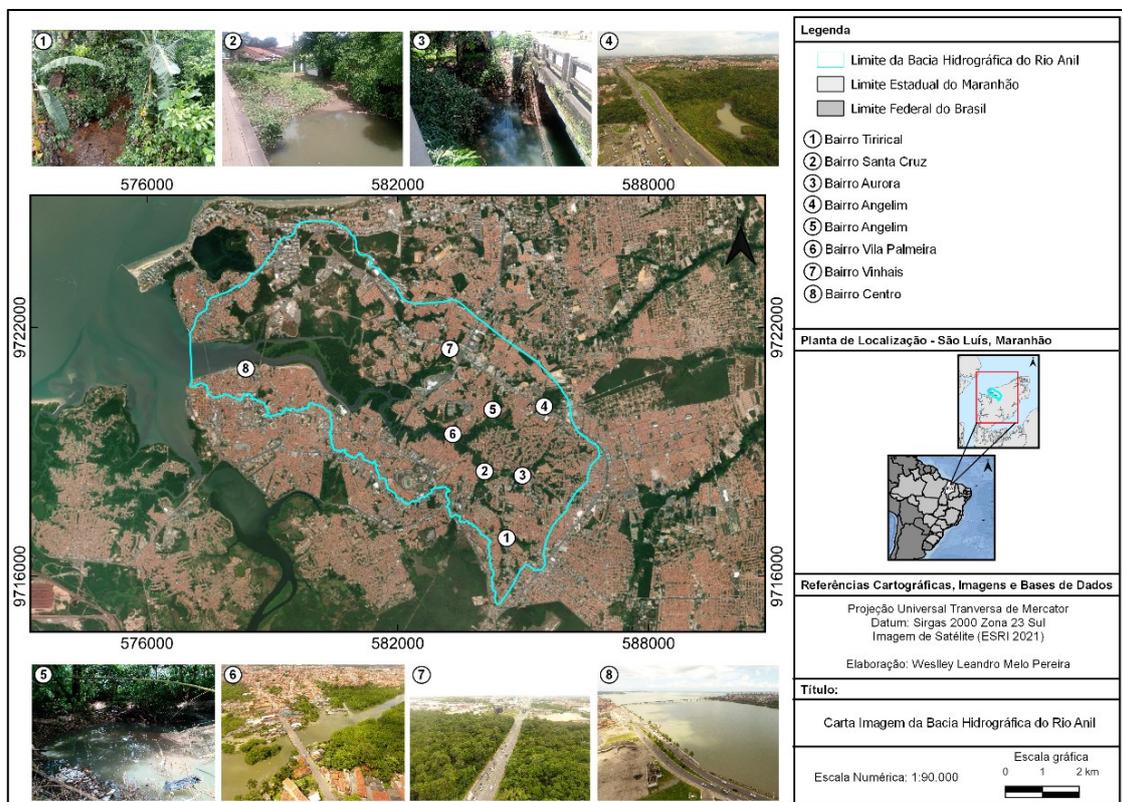
3.4. APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR)

A análise foi feita com base no que foi orientado por Callisto et al. (2002), em seu Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats, adaptado dos protocolos desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio, EUA (EPA 1987), que procura examinar as condições do local e seu grau de conservação natural (Quadro 1), Hannaford et al. (1997), que avalia o estado e nível de preservação ambiental da área estudada (Quadro 2).

Com base nos dois quadros, um conjunto de características foram avaliadas, no Quadro 1, se pontua de 0 a 4, e no Quadro 2 se pontua de 0 a 5. As pontuações são atribuídas dependendo dos fatores que foram observados em atividades de campo em 8 pontos de coleta distribuídos no alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, sendo que dos 8 pontos visitados para registros fotográficos, o protocolo foi aplicado em 7 pontos (P1 ao P7) (Mapa 2). O valor final foi obtido a partir da somatória dos valores atribuídos de cada parâmetro. Da pontuação final: entre 0 e 40 são classificados como

“impactado”, entre 41 e 60, como “alterado”, com valores superiores a 61, são classificados como ambientes “naturais”.

Mapa 2. Mapa de Localização dos Pontos Visitados para o Protocolo de Avaliação Rápida.



Fonte: O autor.

Quadro 2. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias.

Localização:			
Data de coleta:		Hora da coleta:	
Tempo (Situação do dia):			
Modo de coleta (Coletor):			
Tipo de ambiente: Córrego () Rio ()			
Largura:			
Profundidade:			
Temperatura da água:			
Parâmetros	Pontuação		
	4 pontos	2 pontos	0 pontos
Tipos de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	vegetação natural	campos de pastagem/ agricultura/monocultura/ reflorestamento	Residencial/ Comercial/Industrial
Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto/lixo)	Alterações de origem industrial/urbana (fábricas/siderúrgicas/canalizaçã/ reutilização do curso do rio

Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca/colorida
Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
Oleosidade do fundo	Ausente	Moderada	Abundante
Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado

Fonte: O autor.

Quadro 3. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas.

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 pontos
Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados/ pedaços de troncos submersos/ cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados/ habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados/ disponibilidade de habitats insuficientes/ substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvios; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso
Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.

Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
Alterações do canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídos no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).

Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL

Os principais resultados dos parâmetros morfométricos calculados para a BHRA são apresentados nos quadros 4 e 5. A área total da bacia e perímetro são de 40,16 km² e 34,50 km (Quadro 3), respectivamente Soares (2016), em seu estudo encontrou bacias com áreas entre 5,49 km² e 110,8 km², e afirmou que as mesmas são de pequena dimensão. Seguindo sua classificação a BHRA apresenta uma área total de 40,16 km², sendo classificada como de pequena dimensão.

Ainda segundo o autor isso pode ser considerado positivo na técnica de planejamento, porque possibilita a compreensão mais detalhadas das relações entre os componentes ambientais e atividades resultantes da ação humana, podendo facilitar a identificação de riscos que podem acontecer naquele local e auxiliar na criação de políticas públicas.

Quadro 4. Características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Anil.

Parâmetro	Unidade	Resultado
Área total	km ²	40,16
Perímetro	km	34,50
Perímetro	m	34500,47
Comprimento do canal principal	m	9862,07
Comprimento total dos cursos d'água	km	74,15
Número de cursos d'água	Unid	190,00
Altitude máxima	m	60,656
Altitude mínima	m	4,000
Altitude média	m	20,070
Amplitude Altimétrica	km	0,057
Amplitude Altimétrica	m	56,66
Comprimento do eixo da bacia	km	10,05
Altitude máxima do canal	m	33,34
Altitude mínima do canal	m	1,53
Distância vetorial do canal principal	km	9,85
Ordem da Drenagem	Adm	4ª

Fonte: O autor.

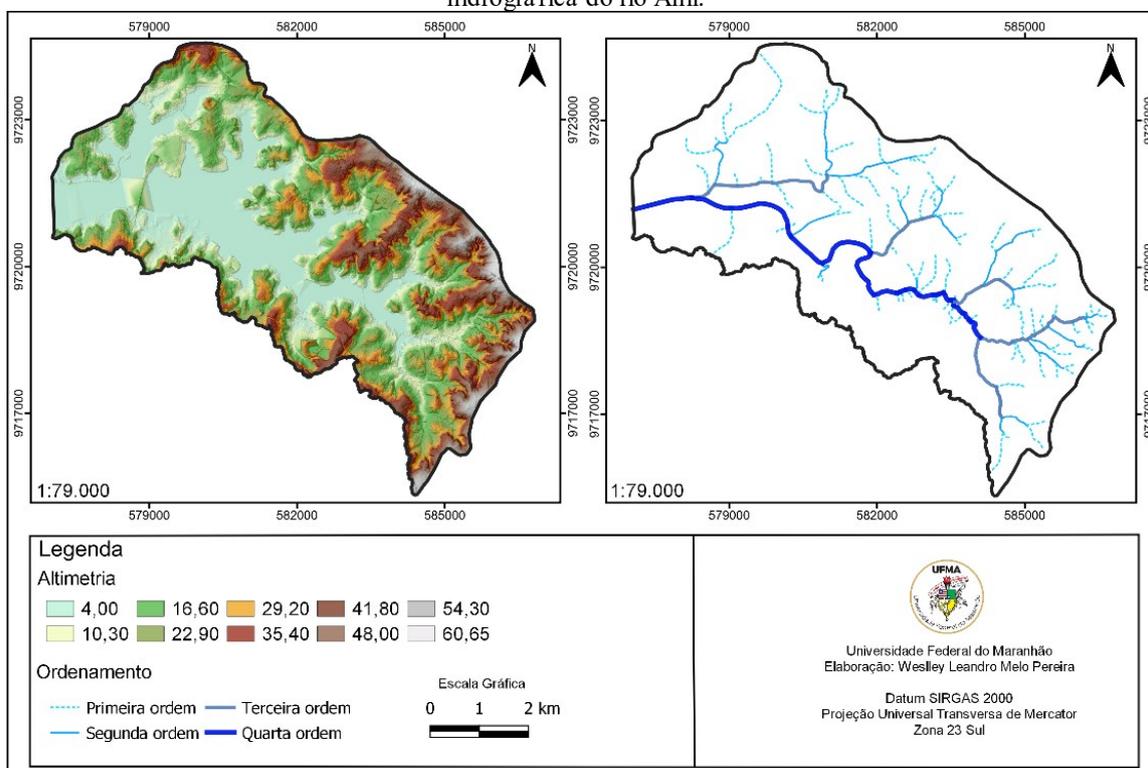
O perímetro da bacia é de 34,50 km, canal principal possui comprimento de 9,86 km. A altitude na bacia hidrográfica variou de 4 m a 60,65 m, sendo a altitude média de 20,07 m. Para Castro e Lopes (2001), a altitude média influencia na quantia de radiação que ela recebe e, por seguimento, influencia a evapotranspiração, temperatura e

precipitação. A bacia possui o comprimento do eixo de 10,05 km, distância vetorial do canal principal de 9,63 km, e possui canais de até quarta ordem.

Quadro 5. Propriedades da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Anil.

Propriedades	BHRA
Número de cursos d'água	190
1º ordem	95
2º ordem	42
3º ordem	29
4º ordem	24

Mapa 3. Modelo digital de elevação, rede de drenagem e ordenamento dos canais fluviais da bacia hidrográfica do rio Anil.



Fonte: O autor.

A rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Anil, somou 190 cursos d'água, sendo 50% de primeira ordem, 22% de segunda ordem, 15% de terceira ordem e 13% de quarta ordem (Quadro 6 e Mapa 3).

Quadro 6. Indicadores morfométricos da bacia hidrográfica do rio Anil.

Parâmetro	Fórmula	Anil
Padrão de drenagem	Christofoletti (1980)	Dendrítica
Relação de relevo (Rr)	$Rr = AA/Lp$	0,006
Razão de Relevo Relativo	$RRr = AA/P$	0,0016

Índice de rugosidade	$Ir=AA*Dd$	0,105
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc=0,2821xP/raiz(A)$	1,53579
Fator de forma (F)	$F=A/L^2$	0,40
Índice de circularidade (IC)	$IC=12,57xA/P^2$	0,42
Densidade de Drenagem (Dd) (km/km²)	$Dd=Lt/A$	1,85
Densidade hidrográfica (Dh) (canais/km²)	$Dh=N/A$	4,731
Razão de Textura (Nt/km)	$T = N/P$	5,507
Índice de sinuosidade (Is)	$Is=Lp/Dv$	1,00
Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm=(1/Dd)x1000$	541,6
Gradiente de canais (Gc)	$Gc=H-h/L$	0,006
Razão de alongamento (Re)	$Re=1,128XA/L$	0,40

Fonte: O autor.

Usando como base a classificação sugerida por Christofolletti (1980), os resultados da análise hidrográfica mostram que a BHRA possui padrão de drenagem do tipo dendrítica. Os índices morfométricos, relação de relevo (Rr) e razão de relevo relativo (Rrl), apresentaram valores baixos (Quadro 5). O valor de Rr foi de 0,006 e o valor de o Rrl foi de 0,0016. Essas características observadas indicam que a bacia hidrográfica possui uma relação baixa entre seus componentes de alongamento e baixa amplitude altimétrica (Soares, 2016).

O índice de rugosidade (Ir), apresentou coeficiente de 0,105, considerados baixos, visto que podem ser acometidos por consequências da amplitude altimétrica e densidade de drenagem (Dd). Apontado que a bacia do rio Anil possui uma vertente de ângulo baixo e pequena amplitude.

Em relação ao coeficiente de compacidade (Kc), o resultado foi um pouco distante da unidade (1), apresentando valor de 1,53, isso indica que a bacia está com menos tendência a ocorrer enchentes, caso esse ambiente tenha precipitações consideradas normais.

O formato geométrico de uma bacia hidrográfica é indicado por meio do fator de forma (Kf), e o índice de circularidade (Ic), que indicam a referência de cada região apresentada na análise. A forma da superfície de uma bacia hidrográfica é importante para determinar o tempo que é necessário para que a bacia consiga fazer a drenagem da superfície após ocorrer precipitações pluviométricas. O valor apresentado pela BHRA foi de 0,40, esse valor pode ser considerado bom, pois apresenta baixa tendência a ocorrência de enchentes (Tonello et al., 2006).

O Ic abaixo de 0,51, indica que a bacia tem tendência a ser mais alongada, que favorece o processo de escoamento da água (Schumm 1956). A bacia hidrográfica do rio

Anil apresentou o I_c de 0,42, K_c de 1,53, e K_f de 0,40, mostram que a bacia em estudo apresenta um formato mais próximo do alongado, um bom processo de escoamento em condições meteorológicas normais, e está menos propensa a enchente (Cardoso et al., 2006; Andrade et al., 2008).

A D_d é um parâmetro importante para indicar o grau de evolução de uma bacia. A D_d encontrada na BHRA foi de $1,85 \text{ km/km}^2$, esse índice pode alternar de $0,5 \text{ km/km}^2$, em bacias pobres de drenagem a $3,5 \text{ km/km}^2$, ou mais, em bacias muito drenadas, indicando que a bacia estudada tem capacidade média de drenagem (Villega & Mattos 1975).

De acordo com Lana et al. (2001), a densidade hidrográfica (D_h), mostra o potencial que as sub-bacias possuem de criarem novos canais. Esse índice acima de $2,00 \text{ canais/km}^2$, indica que a bacia tem grande potencial de criar novos cursos d'água. Na BHRA foi encontrado D_h de $4,73 \text{ canais/km}^2$. De acordo com os parâmetros estabelecidos por Lollo (1995), a bacia hidrográfica do rio Anil possui alta densidade hidrográfica.

A razão de textura (T), é a relação entre o número de segmentos de rios e o perímetro da bacia. As bacias hidrográficas podem ser classificadas como grosseira (Razão de textura $< 2,5$); média (Razão de textura entre $2,5$ a $6,2$); e fina (Razão de textura $> 6,2$) (Smith 1950; França 1968). De acordo com essa classificação a BHRA foi classificada como média, visto que o índice foi de $(5,50)$.

O índice de sinuosidade (I_s), é relativo à velocidade do escoamento nos canais de drenagem, ou seja, é o potencial do solo em proporcionar erosão junto ao escoamento do canal. O I_s encontrados foi de $1,0$, que indica que os canais de drenagem desta bacia hidrográfica têm padrão de formato retilíneo (Oliveira, 1999).

O coeficiente de manutenção (C_m), é parâmetro de qualidade da rede de drenagem de uma bacia, que é calculado pela ligação inversa da D_d e que fornece o local mínimo necessário para a preservação de um metro de canal de escoamento (Schumm, 1956). O gradiente de canais (G_c), apresentou valor baixo, $0,6\%$, isso afirma que a BHRA possui baixa declividade. Esse parâmetro é importante para a força do movimento do escoamento fluvial e na dinâmica dos processos de aporte, deposição e transporte de sedimento (Fernandes, 2014).

A razão de alongamento (R_e), de uma bacia, com base em Schumm (1956), corresponde a área da bacia e comprimento do seu eixo representados pelo diâmetro de um círculo, podendo indicar se as bacias são circulares ($0,9 - 1,0$), ovais ($0,8 - 0,9$), tendência alongada ($0,7-0,8$), alongada ($0,5-0,7$) e extremamente alongada (inferior a

0,5). Valores semelhantes foram encontrados por Singh et al. 2021, na Bacia Hidrográfica de Dudhnai, eles afirmam que a bacia de Dudhnai tem sua forma alongada por natureza. A BHRA foi classificada como extremamente alongada, pois apresentou valor de 0,40.

4.2. USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL

A análise do uso e cobertura da terra é uma ferramenta fundamental para compreender as dinâmicas antrópicas organizadas sobre meios naturais e compreender a sua distribuição espacial. O uso desse tipo de estudo é crucial para planejamentos espaciais visando explorar quaisquer tipos de complicações pertinentes a desenvolvimentos desordenados em determinadas regiões (Silva, 2020).

As atividades humanas que ocorrem diretamente nos ecossistemas costeiros têm gerando grandes preocupações ecológicas nos últimos anos. O mau uso do solo, junto ao crescimento desordenado populacional e as expansões da indústria vem provocando diminuição na qualidade da água em rios, lagoas e reservatórios. Diversos problemas relacionados a diminuição de qualidade de água e mau uso do solo tem como um dos seus maiores causadores o crescimento desordenado das atividades na indústria e o aumento desordenado urbano e agrícola (Menezes et al., 2016).

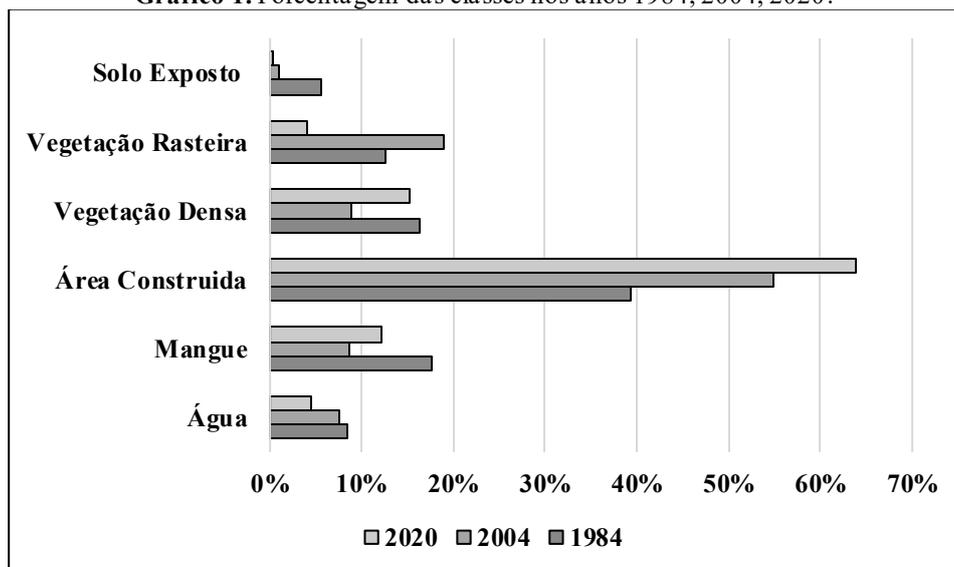
Tabela I. Área (km²) do uso/cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Anil em 1984, 2004 e 2020.

Classes	Área (km ²)		
	1984	2004	2020
Água	3,36	3,05	1,84
Mangue	7,12	3,49	4,84
Área construída	15,83	22,05	25,60
Vegetação Densa	6,52	3,54	6,15
vegetação Rasteira	5,05	7,64	1,60
Solo Exposto	2,28	0,39	0,14
Área Total da Bacia		40,16	

Fonte: O autor.

Após o processamento das imagens do satélite LANDSAT 5 e 8 com 30 metros de resolução espacial, foram realizadas três classificações supervisionadas e pós-classificações do uso e cobertura do solo da BHRA, visando validar os dados classificados, para os anos de 1984, 2004 e 2020 (Mapa 4).

Gráfico 1. Porcentagem das classes nos anos 1984, 2004, 2020.



Fonte: O autor.

O gráfico 1 mostra que em 1984, a área construída já era predominante, com 39% da superfície total da BHRA; por seguinte estava a área de mangue, ocupando 18%; as classes de vegetação densa e vegetação rasteira ocupavam em 1984, 16% e 13% respectivamente; a classe de água apresentava 8% e a área de solo exposto ocupava cerca de 6% da superfície da BHRA.

No ano de 2004, a área construída apresentou um crescimento de 16%, passando de 39% para 55%, a classe de mangue obteve um decréscimo de 9% em sua área, classe que ocupava 18% da superfície da BHRA, passou a ocupar 9%. A área de vegetação densa apresentou uma diminuição de 7%, passou de 16% para 9%, a vegetação rasteira mostrou um crescimento considerável, obteve aumento de 6%, a área que era de 13% em 1984, foi para 19% em 2004, o solo exposto mostrou-se menor, foi de 6% para 1%. A classe água, permaneceu inalterada, ocupando 8% da superfície da BHRA.

Observa-se, de acordo com a Mapa 4, que no ano de 1984, a área construída predominava na bacia com área de 15,83 km², percebe-se na transição entre os mapas de 1984 e 2020, um aumento considerável nessa área, que passou a ocupar equivalente a 25,60 km², totalizando mais da metade da área total da BHRA.

O solo exposto que devido ao aumento da área construída, obteve-se uma diminuição na sua área total, no ano de 1984 a área de ocupação por solo exposto era de 2,28 km², e no ano de 2020 sua área era de 0,14 km², diminuiu cerca de 93,73%. A diminuição da área de solo exposto está relacionada com o aumento da urbanização e por

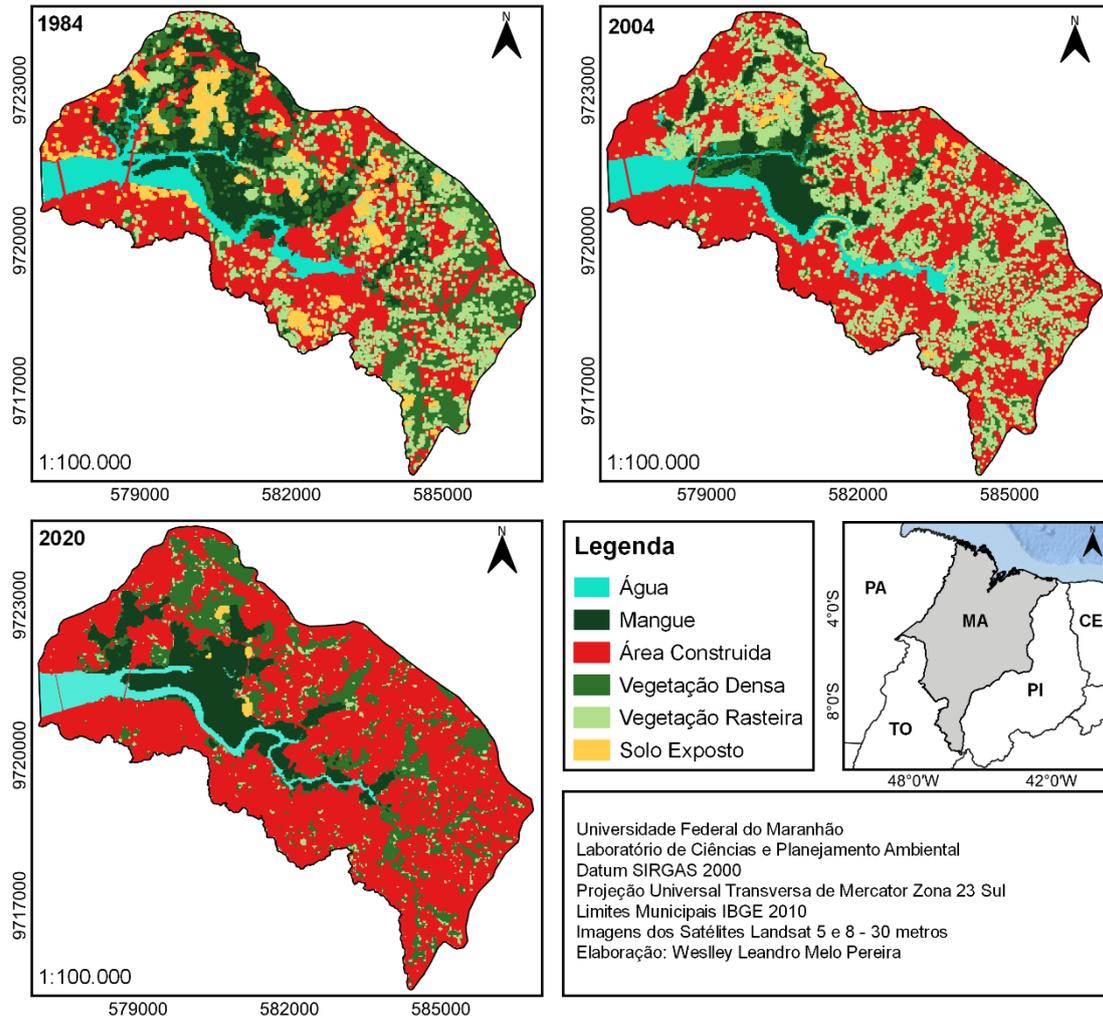
seguinte o crescimento da construção civil, observa-se que a área de solo exposto teve uma diminuição expressiva de 82,89%, entre os anos de 1984 a 2004.

A área de mangue em 1984, ocupava 7,12 km², equivalia a 18% da área total da BHRA, houve um decréscido de 51% dessa classe no ano de 2004, a área passou a ter 3,49 km², que passou a equivaler a 9% da área total da BHRA, esse declínio da área pode ser explicado pelo crescimento antrópico desordenado nessa região. No ano de 2004 para 2020 obteve-se um crescimento significativo da área de mangue, que passou a ter 4,84 km², 12% da área total da BHRA, podendo ser explicado por possíveis recuperações dessa vegetação.

A vegetação densa e rasteira, em 1984 possuíam área de 6,52 kmkm² e 5,05 kmkm², respectivamente, juntas equivaliam a 29% da superfície da área total da BHRA. Em 2004 a vegetação densa apresentou queda em seu percentual de área total em relação a 1984 de 6,52 kmkm², diminuindo para 3,54 kmkm², em 2004, perdendo cerca de 46% de sua área. A vegetação rasteira apresentou crescimento considerável de 51% no que se refere os anos de 1984 a 2004, área de 5,05 kmkm², aumentou para 7,64 kmkm².

Os valores podem ser explicados pela mudança na paisagem causada pelo desmatamento que por seguinte causa a diminuição na vegetação densa, aumentando a área de vegetação rasteira, solo exposto e área construída, também podem ser explicados pelo aumento da população do município de São Luís, e devido ao crescimento desordenado dos bairros na cidade. De acordo com o IBGE em 2004, a população de São Luís era de 959.127 habitantes e no ano de 2021 o IBGE estima que a população seja de 1.115.932 habitantes. No ano de 2007, a população que morava na área da BHRA, era de 300.000 residentes (Caridade & Santos 2007, P, 146).

Mapa 4. Uso e cobertura da terra da BHRA para 1984, 2004 e 2020.



Fonte: O autor.

A diminuição da área total de água na bacia pode ter sido causada pela urbanização acelerada da população dentro do território da bacia, que por seguimento veio causando diminuição na vegetação próximo as margens do leito do rio e conseqüentemente ocorre a degradação e erosão do solo. Em 1984 a classe água era de 3,36 km², em 2020 é possível observar a diminuição de 45% da área de água na bacia que passou a ter 1,84 km².

Estudos realizados na bacia do rio anil, por Bezerra (2008), indicaram que a área construída em toda bacia no ano de 2001 era de 21,24 km², mostrando que a bacia sofria uma espécie de fenômeno urbano o qual poderia ocorrer de duas maneiras, primeiro como ocupações subnormais, famílias de baixa renda, segundo por uma pressão imobiliária que ocorre em determinadas regiões dentro da área da bacia (regiões com que apresentavam grande expansão comercial).

4.3.PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

O protocolo de avaliação rápida (PAR) é uma ferramenta que pode auxiliar e desenvolver monitoramentos em áreas ambientais, principalmente em sistemas hídricos. Desse modo, podem ser levantados estudos para qualificar as áreas, e a partir disso, um diagnóstico ambiental do sistema hídrico é obtido. Na Figura 2, é apresentado um exemplo do uso de drones para realizar o monitoramento e coleta de dados nesse contexto.

Figura 2. Imagens aéreas da BHRA



Fonte: O autor.

A aplicação do PAR foi realizada no período chuvoso da região, todos os pontos em questão foram avaliados no médio e alto curso da BHRA. Na tabela 2, encontram-se as pontuações dos pontos analisados de acordo com cada parâmetro. Após a aplicação do PAR, dos sete pontos avaliados, cinco foram classificados como impactados e dois como alterados. A maior pontuação foi no ponto 1 (Bairro Tirirical), local que teve as melhores características de preservação com 56 pontos e a menor pontuação foi no ponto 6 (Vila Palmeira), com 29 pontos.

Tabela 2. Resultado da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats para a bacia hidrográfica do rio Anil.

Parâmetros	Bacia Hidrografia do rio Anil						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0	2	4	0	4
2	0	2	0	0	0	0	0
3	0	2	2	0	2	2	2
4	4	4	4	4	4	0	4
5	4	2	2	4	2	2	2
6	4	2	0	4	0	0	2
7	4	2	0	2	2	2	2
8	4	2	2	4	4	2	2
9	4	2	0	4	0	0	0
10	2	2	2	2	2	2	2
11	3	3	2	0	2	0	5
12	2	2	2	0	2	3	2
13	5	2	5	0	2	3	2
14	0	0	0	0	0	0	0
15	5	2	3	0	0	0	5
16	5	0	2	0	0	0	2
17	3	2	2	2	2	2	3
18	2	3	2	0	2	5	0
19	0	2	0	2	2	0	3
20	2	3	0	2	2	2	3
21	0	0	0	0	0	2	2
22	3	0	3	0	2	2	3
Pontuação	56	39	33	32	36	29	50
Avaliação	Alterado	Impactado	Impactado	Impactado	Impactado	Impactado	Alterado

Fonte: O autor.

Conforme cita Zamboni (2019), o processo de urbanização causa interferências direta nos rios urbanos e conseqüentemente afeta suas condições naturais. Os dois pontos menos afetados mostrado nos resultados, são de fácil percepção que os mesmos sofreram menos interferência pela urbanização em relação aos demais.

A maioria dos pontos apresentaram degradação da vegetação nativa, baixa densidade e fortes sinais de alterações antrópicas. Durante a aplicação do PAR em praticamente todos os pontos foram encontradas alterações na vegetação nativa e mata ciliar proveniente de atividades antrópicas em poucos trechos foram observados presença da vegetação conservada.

Foram observadas lâminas d'água consideráveis para aqueles locais, podendo ser explicadas pelas chuvas que marcam essa região nesse período tendo em vista que no dia

anterior da pesquisa tenha ocorrido uma forte chuva e também deve ser levado em consideração que em alguns pontos a BHRA recebe influência da maré.

Em todos os pontos visitados, a oleosidade do solo e da água foi o parâmetro mais observado, junto ao lixo, erosão das margens e desmatamento da vegetação nativa, assim como mostra a Figura 3. A BHRA por ser uma bacia urbana, sofre com a descarga de efluentes que ocorre de forma direta. Com o despejo de efluentes *in natura* no leito do rio pode-se ocorrer várias consequências, como a eutrofização, processo que ocorre devido ao excesso de nutrientes no ambiente aquático, que por seguinte ocorre produção de fitoplâncton e conseqüentemente a produção de matéria orgânica que ao ser consumida por bactérias decompositoras ocorre uma diminuição do oxigênio na água, causando uma alteração em todo o ecossistema (Eschrique, 2007).

Para Gualberto e Albani (2018), a coloração da água junto a presença de espumas e de aspectos oleosos, possivelmente foram providos de substâncias oleosas, o que torna muito difícil o processo de purificação da água de mais encarecidos.

Figura 3. Imagens A e B respectivamente os pontos 7 e 4 mostram o desmatamento da vegetação nativa da BHRA.



Fonte: O autor.

O descarte irregular de resíduos sólidos junto a falta de tratamento de esgoto torna o ambiente insalubre e no decorrer do tempo acabam trazendo maiores impactos negativos, como a contaminação da água e do solo freático. O problema de descarte irregular de lixo se mostrou presente em todos os pontos no decorrer da BHRA (Figura 4). No Brasil existem a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece diretrizes para gerir e gerenciar os resíduos sólidos, porém ainda são precisos avanços, conforme observado em campo, ilustrados nos registros fotográficos.

Figura 4. Imagens A e B respectivamente os pontos 5 e 6 mostram o acúmulo de lixo e descarte irregular de resíduos na BHRA.



Fonte: O autor.

As erosões das margens podem ser potencializadas com a retirada da vegetação nativa e da mata ciliar, o desmatamento dessas tipologias vegetacionais pode ser caracterizado como degradação ambiental. A erosão das margens é responsável pelo acúmulo de sedimento no leito do rio e logo desencadeia a diminuição da lâmina d'água no decorrer da bacia devido ao processo de assoreamento e acúmulo de sedimentos no leito do rio (Figura 5).

Figura 5. Imagens A e B respectivamente os pontos 2 e 3 mostram a erosão das margens da BHRA.



Fonte: O autor.

No decorrer dos anos, durante o período chuvoso, a população do município de São Luís, testemunhou diversos episódios de inundações nas ruas e alagamentos em córregos. Todavia, o principal responsável por implementar medidas para sanar esses problemas é o poder público municipal, que precisam de medidas que possuem como principal objetivo extinguir tais problemas (Jacinto et al., 2020).

Pinheiro (2019) mostrou que o avanço da urbanização torna favorável o surgimento de plantas invasoras, devido ao crescimento de ambientes preferidos para essas espécies como terrenos baldios e regiões onde ocorreu o desmatamento e a retirada de matas ciliares. No município de São Luís, a invasão das áreas citadas por esse tipo de espécie invasora tem sido muito observada, como por exemplo a *Leucaena leucocephala* (Leucena); *Terminalia catappa* (Amendoeira) e *Calotropis procera* (Saco de Velho). Essas espécies invasoras são conhecidas por se distribuírem rapidamente em ambientes que não são seu natural e provocar mudanças na estrutura e configuração dos ecossistemas.

Durante a avaliação foi possível observar a grande diferença entre os pontos em relação a vegetação ciliar, com o avanço da urbanização, é notório que quanto maior é o desenvolvimento urbano, menores são as áreas com vegetação nativa.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou o potencial das geotecnologias baseadas nas características de drenagem, categorias de cobertura do solo em atividades de campo e aplicação do protocolo de avaliação rápida integrado para identificação de áreas com riscos e impactos ambientais.

A integração dos parâmetros morfométricos e categorias de cobertura da terra complementada pela verificação de campo mostra a importância do entendimento do comportamento hidrogeológico de uma bacia de drenagem e o nível de estado ambiental de uma bacia hidrográfica urbanizada como é a bacia hidrográfica do rio Anil, portanto, indicar áreas susceptíveis a degradação ambiental se torna indispensável para a adoção e desenvolvimento das melhores práticas de gestão para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos.

Os resultados dos parâmetros morfométricos na bacia hidrográfica do rio Anil mostraram que a bacia possui um padrão de drenagem dendrítico e formato alongado, fazendo com que a bacia tenha um bom processo de escoamento e poucas chances de ocorrer enchentes em condições meteorológicas normais.

Os usos e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Anil demonstrou o quanto a bacia hidrografia tem diminuído sua vegetação natural e aumentado o crescimento populacional. É de extrema importância que tenha políticas e planejamento para fiscalização e controle dessas áreas. Vale ressaltar que as classes que obtiveram maiores expressões entre os anos de 1984 e 2020 foram de vegetação rasteira e solo exposto, que

por sua vez tem como resposta o crescimento populacional na cidade de São Luís – MA, e conseqüentemente o crescimento de imóveis e edifícios naquela região. Dentre as 6 classes estudadas o solo exposto foi a classe que apresentou maior área no ano de 2020.

Os PARs demonstraram o potencial para avaliação do estado de degradação ambiental de bacia hidrográfica. Na bacia hidrografia do rio Anil as regiões que apresentam grande degradações foram as mais urbanizadas ou próximo da urbanização, a vista disso o descarte irregular de resíduos e esgotos a céu aberto foram grandes problemas observados na bacia, não somente nos pontos mais degradados porem em todos os pontos observados. Do mesmo modo, esses tipos de impactos causado na bacia hidrografia realçam o quando a mesma esta suscetível a qualquer tipo de alteração, sejam em vegetações ciliares que ajudam na conservação das margens do rio ou no adensamento populacional, que degradam e deixam a bacia mais sujeita a grandes enchentes.

Assim o presente estudo traz contribuições e gera subsídios para a melhoria do planejamento e gestão dos recursos hídricos da Ilha do Maranhão a partir de uma caracterização das condições e estruturação dos ecossistemas da bacia hidrográfica do rio Anil. As características fisiográficas desta da BHRA mostram que se fazem necessárias a eliminação dos locais de lançamento de efluentes existentes que ajudará a melhorar a qualidade da água.

Em estudos futuros é imprescindível a implementação de programas de melhorias da ocupação do solo nos 8 pontos analisados por meio de programas de tratamento de esgoto, apoio aos pequenos agricultores, recuperação de nascentes, restauração de matas ciliares, bem como incentivo ao manejo orgânico, que são práticas que visam a conservação que podem ainda contribuir para a melhoria da qualidade da água, permitindo o desenvolvimento sustentável para toda a população residente na bacia, reduzindo prejuízos à saúde dos usuários.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, N. L. R. et al. Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso – MT. **Geociências**, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.
- AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR S. D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, v. 511, p. 850–860, 2014.
- BEZERRA, D. S. **O ecossistema manguezal em meio urbano no contexto de políticas públicas de uso e ocupação do solo na bacia do rio Anil, São Luis, Maranhão**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão. 2008. 122 p.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M.D.C.; PETRUCIO M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 14:91-98
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30, p.241-248, 2006.
- CARIDADE, E. O. & SANTOS, M. C. F. V; Análise Espacial da Situação Sanitária e Sua Consequência na Distribuição de Casos de Hepatite “A” na Bacia do rio Anil, São Luis/MA. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59/02, p. 1808-0936, 2007.
- CASTRO, P.S.; LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas - Série Saneamento e Meio Ambiente, n. 296, 84p. 2001
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: **Edgard Blücher**, 1980. 188 p.
- DOS SANTOS, F. M.; DE LOLLO, J. A. Cartografia digital para estimativa de escoamento superficial visando ao planejamento urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 663-675, 2016.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Biological criteria for the protection of aquatic life. **Columbus: Division of Water Quality Monitoring and Assessment**, v. 1-3, 1987.
- FERNANDES, M. R. 2014. **Parâmetros básicos de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 18 p.
- FEITOSA, A.C. 1989. **Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão**. 196 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.
- FRANÇA, G. V. de. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicadas aos solos da região de Piracicaba**. Piracicaba. 1968, 151p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1968.
- GUALBERTO, L. B., & ALBANI, V. 2018. Ocupação De Rios Urbanos: Estudo Do Rio Santa Maria Do Doce Em Colatina-Es. **Encontro Nacional De Tecnologia No Ambiente Construído**, 3891-3899.

- HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. 1997. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, n. 4, p. 853-860.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. v. 56, v. 3, p. 275-370, 1945.
- JACINTO, M., COELHO FILHO, M. H., COSTA, A., PRAZERES, M., & SILVA, B. Análise Da Problemática Em Macrodrenagem Estudo De Caso Do Canal Cohab-Cohatrac Na Ilha De São Luís–Ma. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, 2020.
- KRUPEK, R. A. Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 147-158, 2010.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do rio do Tanque, MG - Brasil. **Revista da Escola de Minas**, v.54, n.2, p.1-1212, 2001.
- LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. 1978. **Engenharia de Recursos Hídricos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, EdUSP, 798 p.
- LOLLO, J.A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- MACHADO, A M B et al. 2022. Distribution of physical and chemical variables in the water column and characterization of the bottom sediment in a macrotidal estuary on the Amazon coast of the state of Maranhão, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, 17.
- MAHADEVAIAH, T.; NARENDRA, B. K. Prioritizing subwatersheds from drainage morphometric parameters for erosion studies in Chitravathi watershed, Chickballapur District, Karnataka. **Nature Environment and Pollution Technology**, v. 13, n. 2, p. 297, 2014.
- MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016.
- MULLER, V. C. A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area. **New York: Virginia and Tennessee**. Dept. of Geology. n. 3, p. 30, 1953.
- NAÇÕES UNIDAS. UN Agenda 2030. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. (Acesso em 26 março de 2022).
- OLIVEIRA, E. S.; VELOSO, J. H. P.; ROSSONI, H. A. V. Aplicação do protocolo de avaliação rápida (par) na caracterização da qualidade ambiental de trechos do Rio Piumhi, Minas Gerais-Brasil. **ForScience**, v. 9, n. 2, p. e00968-e00968, 2021.
- OLIVEIRA, J.B. **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. 112p. (IAC. Boletim Científico, 45).
- PEREIRA, E. D.; ZAINÉ, J. E. 2007. Mapa geológico-geotécnico da bacia do rio Bacanga - São Luís (MA). **Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 45-54.

- PINHEIRO, C.U.B., LINHARES, J.F.P., 2019. Levantamento e mapeamento da ocorrência, identificação de espécies e avaliação de ambientes infestados por plantas invasoras na ilha de São Luís, Maranhão. **Revista Brasileira de Geografia Física** 12, 1484-1508.
- RODRIGUES, A.S.L. & MALAFAIA, G. (2009) Degradação dos recursos hídricos e saúde humana: uma atualização. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 13-23.
- SANGEETHA, G., SRINADH, A., CHETHAN, B., VISHAL, K., & NITHIN, Y. Morphometric Analysis and Prioritization of Microwatershed of Bisalpur Reservoir using Geospatial Techniques. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, v. 8, n. 12, p. 2991-2997, 2019.
- SANTOS, T. T. L.; MARINS, R. V.; DIAS, F. J. S. Carbon influence on metal distribution in sediment of Amazonian macrotidal estuaries of northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, p. 1–16, 2019.
- SCHUMM S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, p. 597-646, 1956.
- ESCHRIQUE, S.A. **Hidrogeoquímica do fósforo no estuário do Jaguaribe (CE)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE. 100 p. 2007.
- JUNIOR, C. S., SILVA, F. B., PEREIRA, D. C. A., ALMEIDA, H. D. M., & SANTOS, J. R. N. Mapeamento da Suscetibilidade Natural a Movimentos de Massa para a Bacia Hidrográfica do Rio Anil, São Luís–Ma. In: **Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress**. 2014. p. 118-122.
- SILVA, A. S. Solos Urbanos. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 43-69.
- SILVA, YAN BRENO AZEREDO GOMES DA. **Análise das mudanças de uso e cobertura do solo em diferentes classes de relevo e suas influências na ocorrência de desastres na bacia hidrográfica do Rio São Mateus (ES/MG)**. 2020.
- SMITH, K. G. Standards for grading textures of erosional topography. **American Journal of Science**, v. 248, p. 655–668, 1950.
- SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização das bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do departamento de geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016.
- SOARES, L. A. **Avaliação ambiental das bacias litorâneas do município de São Luís–MA**. 2021. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.
- SOUSA, P. R. de. **Análise de áreas degradadas por processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, Ilha do Maranhão**. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transaction of American Geophysical Union**. v. 38, p. 913-20, 1957.
- TASCA, F.A., FINOTTI, A.R., POMPÊO, C.A., GOERL, R.F., 2017. O papel da drenagem urbana na prevenção de desastres hidrológicos na bacia hidrográfica do Rio Itajaí Açu. **Revista Brasileira de Cartografia** 69, 129-142.

TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Ganhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p. 849 – 857, 2006.

TREVISAN, D. P.; RUGGIERO, M. H.; BISPO, P. D. C.; ALMEIDA, D.; IMANI, M., BALZTER, H.; Moschini, L. E. Evaluation of Environmental Naturalness: A Case Study in the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin, São Paulo, Brazil. **Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 3021, 2021.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). 1997.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

ZAMBONI, M. **Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios como subsídio para análise da influência da urbanização no Lajeado Passo dos Índios**. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2019.

ANEXOS

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGO “ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS”

Tamanho dos artigos

Artigos podem ser de qualquer tamanho necessário para a apresentação e discussão concisa dos dados, mas mantendo-se conciso e cuidadosamente preparado tanto em termos de impacto quanto de legibilidade. No entanto, artigos não devem exceder 50 páginas, incluindo todos os itens (figuras, tabelas, referências, etc.), a menos que possua autorização prévia do Editor-Chefe.

Página de rosto

A página de rosto do artigo deve apresentar os seguintes itens: **1.** Título do artigo com até 150 caracteres, sem abreviações e com a tentativa de manter o interesse amplo da comunidade científica; **2.** Nomes completos de todos os autores. Utilize números sobrescritos para indicar a filiação de cada autor. **3.** Endereços profissionais e ORCID de todos os autores, incluindo instituição, departamento, rua, número, CEP, cidade, estado e país; **4.** Key words (de 4 a 6 em ordem alfabética e separadas por vírgulas); **5.** Running title (versão resumida – e não abreviada - do título com até 50 caracteres, incluindo espaços); **6.** Seção dos AABC à qual o artigo pertence; **7.** Nome, endereço, telefone e e-mail do autor para correspondência, a quem serão enviadas as mensagens mais relevantes do processo de avaliação. Este autor ou autora deve ser indicado com um asterisco após seu nome.

Não cumprir com qualquer dos requisitos acima fará com que o artigo seja devolvido (unsubmitted) para correções.

Abstract:

O abstract deve conter até 200 palavras e apresentar as principais descobertas do artigo, incluindo uma breve introdução, os objetivos do trabalho e uma conclusão baseada nas presentes descobertas. Caso os autores estejam submetendo uma revisão convidada/autorizada, o abstract deve abordar o principal tema da revisão e explicitar a contribuição de tal revisão à área. O abstract não deve possuir títulos nem citações/referências.

Texto do manuscrito

Todo o texto deve ser escrito com espaçamento duplo utilizando a fonte Times New Roman tamanho 12 ou equivalente, desde que mantida a legibilidade. Por favor, organize seu texto nas seguintes partes sempre que possível: **1.** Página de rosto; **2.** Abstract (em página separada, 200 palavras ou menos, sem abreviações); **3.** Introduction; **4.** Materials and Methods; **5.** Results; **6.** Discussion; **7.** Acknowledgments, se aplicável; **8.** Author contributions (se o artigo tiver mais de um autor); **9.** References; **10.** Legendas de figuras e tabelas, se aplicável.

Artigos de algumas áreas, como por exemplo Ciências Matemáticas, devem seguir seu formato padrão. Em alguns casos, pode ser aconselhável omitir a seção (4) e juntar as partes (5) e (6). Quando aplicável, a seção Materials and Methods deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em seres humanos ou as normas seguidas para tratamentos experimentais em animais. Todos os procedimentos devem ser detalhadamente descritos. Utilize inglês norte-americano para escrever o texto. Nomenclaturas da área de Química devem ser fornecidos de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Cepas de organismos também devem estar identificadas. Informe nomes de fornecedores de reagentes e/ou equipamentos. Utilize unidades e símbolos de acordo com o Bureau International des Poids et Mesures (SI) sempre que possível.

Acknowledgments

Devem ser incluídos ao fim do texto, antes das referências. Agradecimentos pessoais devem preceder nomes de instituições e agências. De forma ideal, notas de rodapé devem ser evitadas, mas, quando necessário, devem estar numeradas. Agradecimentos a financiamentos, subsídios, bolsas de estudo e dívidas com outros colegas, bem como menções à origem do artigo (como uma tese, por exemplo), devem estar nesta seção. Favor incluir o nome completo da agência de fomento, país e número do projeto (se aplicável).

Abreviações

Devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto por abreviações padrão e oficiais. Unidades e seus símbolos devem estar em conformidade com as aprovadas pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

Legendas de figuras

Esta informação deve ser fornecida ao fim do manuscrito, após as referências. Todas as figuras devem conter legenda. A legenda deve possuir uma sentença introdutória que descreve as principais descobertas. Todas as divisões na figura devem ser identificadas com letras minúsculas, quando aplicável (1a, 2a, 2b, 3c, 3d, etc.). Quando for o caso da utilização de barras de erro, favor informar se um número que vem após o símbolo \pm é um Standard Error Of Mean (SEM) ou standard deviation of mean (SD). Deve ser informado na legenda se o resultado apresentado representa N experimentos individuais.

Tabelas

Cada tabela deve possuir um pequeno título acima da mesma. Notas abaixo das tabelas também pode ser utilizadas. Tabelas devem ser citadas no artigo em algarismos romanos (Table I, Table II, Tables IV and V, etc.). Tabelas devem ser submetidas separadamente em arquivos editáveis, preferencialmente .doc ou .docx.

Figuras

Só serão aceitas figuras de alta qualidade (mínimo de 300 dpi). Todas as ilustrações serão consideradas figuras, incluindo desenhos, gráficos, mapas, fotografias, esquemas, etc. Seu posicionamento tentativo deve ser indicado, assim como todas as figuras devem ser citadas com seu respectivo número ao longo do texto. Figuras devem

ser enviadas de acordo com as seguintes especificações: **1.** Desenhos e ilustrações devem estar em formato .PS/.EPS ou .CDR (PostScript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto; **2.** Imagens ou figuras em escala de cinza devem estar em formato .TIF e nunca inseridas no texto; **3.** Cada figura deve ser enviada em arquivo separado; **4.** Figuras devem, a princípio, ser submetidas no tamanho em que espera-se que estejam publicadas no periódico, ou seja, largura de 8cm (uma coluna) ou 16,2cm (duas colunas), com a altura máxima de cada figura e respectiva legenda sendo menor ou igual a 22cm.

As legendas das figuras devem ser enviadas com espaçamento duplo em página separada. Cada dimensão linear dos menores caracteres e símbolos não pode ser menor que 2mm após redução. Figuras coloridas são aceitas tanto como figuras em preto e branco. No entanto, 5 figuras em p/b são sem custo aos autores, enquanto cada figura colorida na versão impressa será cobrada dos autores, com a comunicação sendo feita durante a fase de produção (após o processo de avaliação). De modo a padronizar a contagem e cobrança de figuras preto e branco, tabelas que ocupem dois terços da página ou que tenham mais que 12 colunas ou 24 colunas serão consideradas figuras p/b. Manuscritos de Matemática, Física ou Química podem ser redigidos em TEX, AMS-TEX ou LaTeX, desde que o arquivo .BIB seja enviado junto. Manuscritos sem fórmulas podem ser enviados em .RTF ou doc/docx para Windows. Referências Os autores são responsáveis pela exatidão das referências, bem como suas respectivas citações. Artigos publicados ou ainda 'In press' podem ser incluídos. Comunicações pessoais (Smith, personal communication) devem ser autorizadas por escritos pelos envolvidos. Referências a teses, abstracts de encontros (não publicados em jornais indexados) e manuscritos em preparação ou apenas submetidos, mas não ainda aceitos, devem ser citados no texto no formato (Smith et al., unpublished data) e NÃO devem ser incluídos na lista de referências. Referências devem ser citadas no texto no formato a seguir sem a aspa simples, 'Smith 2004', 'Smith & Wesson 2005' ou, quando há 3 ou mais autores, 'Smith et al. 2006'. Quando houver dois ou mais artigos cujo nome do primeiro autor e ano de publicação são idênticos, as referências devem ser diferenciadas por letras minúsculas, como em 'Smith 2004a', 'Smith 2004b', etc. As referências devem ser listadas alfabeticamente de acordo com o nome do primeiro autor, sempre na ordem SOBRENOME XY, sendo X e Y as iniciais. Se há mais de 10 autores na referência, usar SOBRENOME XY ET AL., sem listar os demais autores. Referências devem conter também o título do artigo. Os nomes dos periódicos devem estar abreviados sem itálico, pontos ou vírgulas. Para as abreviações corretas, verifique listas das maiores bases de dados nas quais o periódico está indexado, ou consulte a World List of Scientific Periodicals. A abreviação a ser usada em referências dos Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos devem servir de guias para sua lista de referências em nossa revista:

REFERENCES

ALBE-FESSARD D, CONDES-LARA M, SANDERSON P & LEVANTE A. 1984a. Tentative explanation of the special role played by the areas of paleospinothalamic projection in patients with deafferentation pain syndromes. *Adv Pain Res Ther* 6: 167-182.

ALBE-FESSARD D, SANDERSON P, CONDES-LARA M, DELAND-SHEER E, GIUFFRIDA R & CESARO P. 1984b. Utilisation de la depression envahissante de

Leão pour l'étude de relations entre structures centrales. *An Acad Bras Cienc* 56: 371-383.

KNOWLES RG & MONCADA S. 1994. Nitric oxide synthases in mammals. *Biochem J* 298: 249-258.

PINTO ID & SANGUINETTI YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. *An Acad Bras Cienc* 56: 207-215.

Livros e capítulos de livros

DAVIES M. 1947. *An outline of the development of Science*. Thinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.

PREHN RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: NATIONAL CANCER CONFERENCE, 5., Philadelphia. *Proceedings ...*, Philadelphia: J. B. Lippincott, p. 97-104.

UYTENBOGAARDT W & BURKE EAJ. 1971. *Tables for microscopic identification of minerals*, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

WOODY RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of polipeptides: contributions of B-turns. In: BLOUTS ER ET AL. (Eds), *Peptides, polypeptides and proteins*, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.