

ESTUDO MORFOMÉTRICO E DE SUSCEPTIBILIDADE À ENCHENTES E INUNDAÇÕES COM O AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DESQUITE, OTACÍLIO COSTA-SC

Vanessa Jutel dos **Santos**¹, Nicole Martins Machado **Pessoa**², Adriana **Berlanda**³, Valter Antonio **Becegato**⁴.

(1 – Universidade do Estado de Santa Catarina, <https://orcid.org/0000-0001-9176-8266>, jutelnessa@gmail.com; 2 – Universidade do Estado de Santa Catarina, <https://orcid.org/0000-0002-7432-2008>, nicole.mpeessoa@gmail.com; 3 – Universidade do Planalto Catarinense, <https://orcid.org/0000-0001-5010-7509>, aberlanda@uniplaclages.edu.br; 4 – Universidade do Estado de Santa Catarina, <https://orcid.org/0000-0002-6850-2846>, valter.becegato@udesc.br.)

Resumo: A bacia hidrográfica do rio Desquite, é maioritariamente rural, porém no exutório está parte da área urbana de Otacílio Costa, onde são comuns eventos de enchentes e inundações. Dadas as condições topográficas e sua localização geográfica, vizinha a bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu, existe a predominância de chuvas orográficas, que alimentam de forma constante os corpos hídricos da área e geram grandes vazões. Além disso o rio Canoas, por receber geralmente as mesmas chuvas, represa o rio Desquite no ponto de exutório. Para identificar se os problemas da região são causados por ações antrópicas ou pelas características naturais foram determinados parâmetros morfométricos juntamente com a análise do uso da terra e das características táteis-visuais e físicas do solo, por meio de 10 pontos amostrais. O estudo indicou que a causa dos eventos é a formação natural do solo, que possui características argilosas com grãos muito finos resultando em um processo de concreção adquirindo baixíssima permeabilidade. Como a cidade se encontra na parcela de cota mais baixa da área em estudo, fica suscetível a picos de enchente devido ao excesso de água provenientes do escoamento superficial das regiões a montante das bacias hidrográficas do rio Desquite e Canoas.

Palavras-chave: geoprocessamento; hidrologia; uso e ocupação da terra; escoamento superficial.

ESTUDIO MORFOMÉTRICO Y DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES CON EL USO DE GEOTECNOLOGÍAS EN LA CUENCA HIDROLÓGICA DEL RÍO DESQUITE

Resumen: La Cuenca del Río Desquite es mayoritariamente rural, pero en su exutorio está parte del área urbana de Otacílio Costa, donde inundaciones son comunes. Dadas las condiciones topográficas y su ubicación geográfica, vecina a la cuenca del Río Itajaí-Açú, existe la predominancia de lluvias orográficas, que alimentan de manera constante los cuerpos hídricos del área y generan grandes caudales. Además, el Río Canoas por generalmente recibir las mismas lluvias, represa el Río Desquite en su punto de exutorio. Para identificar si los problemas de la región son causados por acciones antrópicas o por características naturales, fueron determinados parámetros morfométricos en conjunto con el análisis del uso de la tierra y de las características táctiles-visuales y físicas del suelo, por medio de 10 puntos de muestreo. El estudio indicó que la causa de los eventos es la formación natural del suelo, que posee características argilosas con granos muy finos resultando en un proceso de concreción, adquiriendo muy baja permeabilidad. Como la ciudad se encuentra en la parcela de cota más baja del área en estudio, se queda más susceptible a picos de inundaciones por cuenta del exceso de aguas provenientes de la escorrentía superficial de las regiones arriba de las cuencas de los ríos Desquite y Canoas.

Palabras-clave: geoprocésamiento; hidrología; uso y ocupación del suelo, escorrentía superficial.

MORPHOMETRY AND SUSCEPTIBILITY TO FLOODS WITH THE AID OF GEOTECHNOLOGIES IN THE DESQUITE RIVER WATERSHED

Abstract: The Desquite river watershed, is mostly rural, but in the mouth it is part of the urban area of Otacílio Costa, which is responsible for flooding events. Given the topographic conditions and geographical location, neighboring the Itajaí Açú river watershed, there is a predominance of orographic rainfall, which constantly feed the water bodies in the area and generate large flows. In addition, the Canoas river, as it generally receives the same rainfall, dams the Desquite river at the point of outlet. In order to identify whether the region's problems are caused by anthropic actions or by natural characteristics, morphometric parameters were determined along with the analysis of land use and the tactile-visual and physical characteristics of the soil, through 10 sampling points. The study indicated that the cause of the events is a

natural formation of the soil, which has clayey characteristics with very fine grains that occurred in a concretion process acquiring very low permeability. As the city is located at the lowest level of the study area, it is susceptible to flooding peaks due to excess water from runoff from the regions upstream of the Desquite and Canoas river watersheds.

Keywords: geoprocessing; hydrology; land use and occupation; runoff.

1 - Introdução

O crescimento populacional reflete no aumento das áreas urbanas e na necessidade de agricultar áreas cada vez maiores, duas das principais causas na mudança do uso e ocupação da terra, levando a conversão de áreas naturais em áreas construídas e densamente impermeabilizadas ou alterando e por vezes até suprimindo a vegetação nativa, interferindo nas dinâmicas originais das bacias hidrográficas (LI et al., 2018). A bacia hidrográfica se caracteriza como a área, topograficamente definida, designada à captação e distribuição da água precipitada onde os cursos de água formam a rede de drenagem e tendem a convergir para um único ponto de saída chamado de exutório (CARDOSO et. al, 2006; BOULOMYTIS et al., 2017).

Dentro da bacia hidrográfica, as mudanças de cobertura e uso da terra são reconhecidas como fatores que impactam diretamente nas respostas hidrológicas, podendo causar redução nos processos de infiltração e transpiração e conseqüentemente aumento de escoamento superficial com maiores ocorrências de enchentes, alagamentos e inundações (UMETSU et al., 2012). De acordo com o mesmo autor, a bacia é um sistema que possui muitos fatores em constante interação, como relevo, cobertura vegetal, índice de chuvas e uso e ocupação da terra e estes devem ser estudados em conjunto a fim de promover a correta gestão e uso racional dos recursos naturais.

Para Furlan e Trentin (2021), aliadas as alterações das superfícies, as inundações também estão associadas a ocupações das áreas de mata ciliar e do estrangulamento das seções transversais dos rios. Tais ações desrespeitam as exigências encontradas na Política Nacional de Recursos Hídricos, que prevê 30 metros de Área de Preservação Permanente (APP) ao longo das marginais dos rios e 50 m de raio no entorno de nascentes (BRASIL, 1997).

Condições divergentes às exigências causam, entre outros, impermeabilização das áreas, degradação vegetal, fragilização na estabilidade do leito e geração excessiva de sedimentos devido à processos erosivos, culminando na maior probabilidade de picos de enchentes, alagamentos e até mesmo o transbordamento do curso d'água (TUCCI, 1998; OLIVEIRA,

2015; LAVNITCKI, 2018). Segundo Lavnitcki (2018), para identificar a propensão ao acúmulo de água em determinada área é necessário o estudo das bacias hidrográficas a montante e a jusante deste local.

O rio Desquite é utilizado como fonte de abastecimento público da cidade de Otacílio Costa/SC e também como receptor de efluentes ao longo de seu curso. Sua bacia hidrográfica vem sofrendo forte interferência antrópica em decorrência do aumento das áreas de agricultura e silvicultura e assim a supressão da mata nativa (BERLANDA, 2017). A autora também afirma que, associado a esses aumentos está o acelerado crescimento populacional e econômico, ocasionando elevadas taxas de poluição doméstica e industrial culminando no uso inadequado dos recursos naturais.

A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Desquite envolve estudos quantitativos para determinação da vulnerabilidade em períodos de chuvas intensas, dados como área, forma, relevo, padrão de drenagem e declividade, associadas com geologia, pedologia, tipo de formação florestal, uso e ocupação da terra auxiliam no diagnóstico dos reais causadores do eventos extremos de origem hidrológica presentes no cenário atual, visto que os estudos morfométricos de forma detalhada podem revelar indicadores físicos específicos, contribuindo assim para o uso racional dos recursos naturais da bacia hidrográfica (ALVES et al., 2020; SALIS et al., 2019; UMETSU et al., 2012; SANTOS et al., 2012).

2 - Materiais e Métodos

A preparação de mapas e a aquisição de dados se deu através de bases digitais adquiridas do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC). A base cartográfica foi organizada por meio do Sistema de Coordenadas Geográficas *Datum* SIRGAS 2000, zona 22s. Para a delimitação, edição, coleta e análise de dados bem como elaboração de mapas temáticos foi utilizado o *software* ArcGis 10.5. Para a caracterização do solo foram coletadas 10 amostras em lugares distintos, a fim de obter boa distribuição ao longo do município de Otacílio Costa, com foco na bacia hidrográfica do rio Desquite, considerando a acessibilidade e a facilidade de obtenção das amostras.

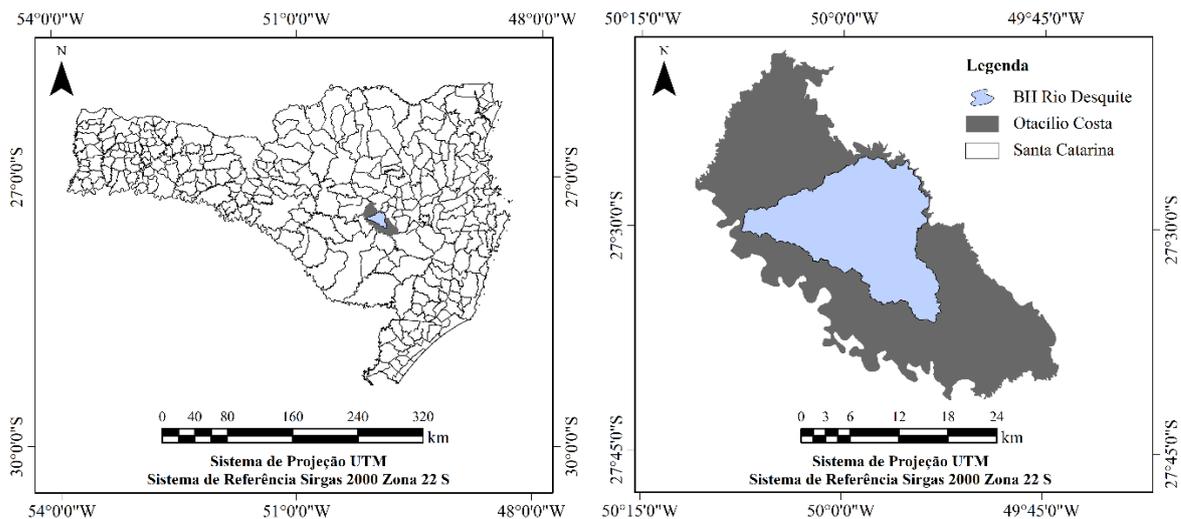
2.1 - Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Desquite localizada na cidade de Otacílio Costa, município do estado de Santa Catarina, compreendida entre as coordenadas geográficas de Latitude Sul

27°28'59" e Longitude Oeste 50°07'19", apresenta altitude média de 884 metros acima do nível do mar (Figura 1). Esta tem seu desague na bacia hidrográfica do rio Canoas que apresenta grandes dimensões e vazões que geram alta umidade relativa do ar, deste modo a água proveniente da bacia do rio Desquite tende a ser represada no seu exutório.

Outro fator importante é a localização na borda da Serra Geral, que faz divisa com a bacia hidrográfica do rio Itajaí Açú que proporciona ar quente e úmido, colaborando com a formação de chuvas orográficas na cabeceira da bacia do rio Desquite. Neste local estão as principais nascentes e grandes áreas vegetadas que colaboram com a formação das chuvas através do mecanismo da evapotranspiração. As chuvas orográficas são as predominantes na região devido a formação topográfica que obriga o ar quente a ascender contribuindo com a formação de nuvens e posterior precipitação (SOBRAL et al., 2018).

Figura 1 : Localização da bacia hidrográfica do rio Desquite.



Fonte: Autores (2023).

2.2 - Determinação dos parâmetros morfométricos

Após a delimitação da bacia hidrográfica foi realizado o estudo das características morfométricas, por meio da extração de dados de entrada através do ArcGIS 10.5, sintetizados na Tabela 1 e calculados por meio das Equações 1 a 15 (Tabela 2).

Tabela 1: Dados morfométricos de entrada.

Parâmetro	Descrição	Fórmula	Fonte
Área total (A)	Dada em km ² em uma projeção plana.	Através dos <i>Softwares</i>	Villela e Mattos (1975)
Perímetro (P)	Comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas que delimita (km).	Através dos <i>Softwares</i>	Villela e Mattos (1975)
Comprimento axial da bacia (L _b)	Maior comprimento em linha reta de um extremo ao outro da bacia hidrográfica.	Através dos <i>Softwares</i>	Villela e Mattos (1975)
Altitude máxima (H _{máx})	Maior distância vertical em relação ao nível do mar.	Através dos <i>Softwares</i>	Collischonn e Dornelles (2013)
Altitude média (H _{méd})	Distância média vertical em relação ao nível do mar.	Através dos <i>Softwares</i>	Collischonn e Dornelles (2013)
Altitude mínima (H _{mín})	Menor distância vertical em relação ao nível do mar.	Através dos <i>Softwares</i>	Collischonn e Dornelles (2013)
Declividade média	Relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal deles.	Através dos <i>Softwares</i>	Villela e Mattos (1975)
Comprimento total dos canais (L _t)	Refere-se à soma de todos os comprimentos dos cursos d'água da bacia (km).	Através dos <i>Softwares</i>	Villela e Mattos (1975)
Comprimento total do canal principal (L)	Comprimento do curso fluvial que possui a maior distância iniciando, encontrado dentro da BH (km).	Através dos <i>Softwares</i>	Villela e Mattos (1975)
Comprimento vetorial do canal principal (L _v)	Comprimento do curso fluvial que possui a maior distância, do exutório até a cabeceira mais distante.	Através dos <i>Softwares</i>	Villela e Mattos (1975)
Hierarquia fluvial	Cada canal de ordem superior se forma a partir da confluência de dois canais de ordem imediatamente inferiores.	Através dos <i>Softwares</i>	Strahler (1957)

Organização: Autores (2023).

Tabela 2: Parâmetros morfométricos calculados.

Parâmetro	Descrição	Fórmula	Fonte
Fator de forma (Kf)	Relaciona a forma da bacia a um retângulo, correlacionando a razão da área pelo quadrado do comprimento axial da mesma.	$K_f = \frac{A}{L_b^2}$ Equação 1	Horton (1945)
Coefficiente de compacidade (Kc)	Relação entre perímetro e a circunferência da área igual à da sub-bacia.	$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$ Equação 2	Villela e Mattos (1975)
Índice de circularidade (Ic)	Exprime a relação entre a área e um círculo com perímetro equivalente ao da BH.	$I_c = 4\pi \times \frac{A}{P^2}$ Equação 3	Schumm (1956)
Densidade hidrográfica (Dh)	Razão entre o número de canais de primeira ordem e a área em km ² .	$D_h = \frac{n}{A}$ Equação 1	Freitas (1952)
Amplitude altimétrica da bacia hidrográfica (Hb)	Diferença entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo da bacia.	$H_b = H_{máx} - H_{mín}$ Equação 5	Collischonn e Dornelles (2013)
Amplitude altimétrica do rio principal (Hr)	Diferença entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo do rio.	$H_r = H_{r máx} - H_{r mín}$ Equação 6	Collischonn e Dornelles (2013)
Declividade do canal principal (Ip)	Relação entre a amplitude altimétrica do canal principal e o comprimento do canal principal em m, dado em m.m ⁻¹ , % ou °.	$I_p = \frac{H_r}{L}$ Equação 7	Collischonn e Dornelles (2013)
Índice de sinuosidade (Is)	Relação entre o comprimento do rio principal e a distância vetorial entre seus extremos.	$I_s = \frac{L}{L_v}$ Equação 82	Villela e Mattos (1975)
Índice de rugosidade (Ir)	Produto da amplitude altimétrica da bacia e da densidade de drenagem.	$I_r = H_b \times D_d$ Equação 9	Melton (1957)
Relação de relevo (Rr)	Razão entre amplitude altimétrica e o comprimento do principal curso d'água.	$R_r = \frac{H_b}{L}$ Equação 3	Schumm (1956)
Tempo de concentração (tp)	Calculado por meio da fórmula de Porto (1995) e Kibler (1982) adaptada por Silveira (2005), considerando bacias hidrográficas rurais, resultando em horas.	$t_c = 0,0663 \times \frac{L^{0,77}}{I_p^{0,385}}$ Equação 11	Silveira (2005)
Densidade de drenagem (Dd)	Relação existente entre o comprimento total de todos os cursos fluviais em km.km ⁻² .	$D_d = \frac{L_t}{A}$ Equação 12	Villela e Mattos (1975)
Coefficiente de manutenção (Cm)	Fornece a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento em m ² .m ⁻¹ .	$C_m = \frac{1}{D_d} \times 1000$ Equação 13	Christofolletti (1980)
Relação de bifurcação (Rb)	Divisão do número de canais de uma dada ordem (método de Strahler), pelo número de canais de ordem imediatamente superior.	$R_b = \frac{n}{n+1}$ Equação 14	Strahler (1957)
Relação de comprimento (Rc)	Divisão do comprimento de canais de uma ordem, pelo comprimento de canais de ordem imediatamente inferior.	$R_c = \frac{L_m}{L_m - 1}$ Equação 15	Christofolletti (1980)

Organização: Autores (2023).

2.3 - Uso e Ocupação da terra

A partir das imagens de satélite foi realizada a classificação supervisionada no *software* ArcGIS 10.5, utilizando amostras de distintos objetos encontrados na imagem para gerar um outro produto, que é uma imagem classificada, agrupando diferentes elementos da superfície terrestre em 6 classes temáticas: silvicultura, mata nativa, campo, área urbana, agricultura e água. Em posse dos dois arquivos (imagem de satélite e o arquivo *shapefile* das classes), é possível executar o algoritmo. O resultado será outro arquivo *raster* classificado, o qual é transformado em vetor para que os dados possam ser mensurados e tabulados e possibilitar a geração de gráfico e mapa de uso e ocupação da terra área em estudo.

2.4 - Classificação do solo

As análises seguiram as diretrizes do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) os Métodos de Ensaio (ME) utilizados foram: 041/94, 080/94, 082/94, 122/94. A classificação dos solos foi realizada de acordo com os métodos *Transportation Research Board* (TRB) e Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), presentes no Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) do ano de 2006. As características do solo influem principalmente no destino da água, ou seja, parte será infiltrada e a outra será escoada superficialmente, sendo assim é essencial informações acerca do solo da região em estudo (COELHO, 2013). Neste sentido, foram obtidos dados a respeito do limite de plasticidade (LP), limite de liquidez (LL), índice de plasticidade (IP). O ensaio de LP, de acordo com DNIT (2006) é realizado pelo processo descrito na Tabela 3.

Tabela 3: Etapas para o ensaio de Plasticidade do solo.

Etapa 1	Fração da amostra que passa pela peneira 0,42mm
Etapa 2	Adição de água destilada a 50g de solo para formar massa plástica
Etapa 3	Separar 20g de massa plástica em formato de esfera, moldar em um cilindro de 3mm de diâmetro e 10cm de comprimento rolando sobre placa de vidro esmerilhada
Etapa 4	Após atingir os 3mm de diâmetro, quebrar o cilindro em seis ou oito pedaços e repetir a etapa 3
Etapa 5	Repetir o processo até que se atinja a desagregação do solo provocada por perda de umidade
Etapa 6	Transfere-se alguns pedaços do cilindro fragmentado para um recipiente e determina-se a umidade em estufa, onde devem ser obtidos pelo menos 3 valores que não possuam discrepâncias em mais de 5%

Fonte: DNIT (2006)

Conforme o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006) para o ensaio de LL averigua-se a união das bordas inferiores de uma canelura feita em uma massa de solo exposta a 25 golpes na

concha do aparelho Casagrande, sendo o limite determinado em gráfico construído com as porcentagens de umidade e o número de golpes.

O IG é obtido através da Equação 16, e relata o duplo aspecto de plasticidade e graduação das partículas do solo (DNIT, 2006).

$$IG = 0,2a + 0,05ac + 0,01bd \quad \text{Equação 16}$$

As incógnitas presentes no cálculo estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4: Incógnitas para o Índice de Grupo

<p>a % de material que passa na peneira nº 200, menos 35. Se a % obtida nesta diferença for maior que 75, adota-se 75; se for menor que 35, adota-se 35. (varia de 0 a 40)</p>
<p>b % de material que passa na peneira nº 200, menos 15. Se a % obtida nesta diferença for maior que 55, adota-se 55; se for menor que 15, adota-se 15. (b varia de 0 a 40)</p>
<p>c Valor do LL menos 40. Se o LL for maior que 60, adota-se 60; se for menor que 40, adota-se 40 (c varia de 0 a 20)</p>
<p>d Valor de IP menos 10. Se o índice de Plasticidade for maior que 30, adota-se 30; se for menor que 10, adota-se 10 (d varia de 0 a 20)</p>

Fonte: DNIT (2006).

Sartori (2005) enquadrando os solos brasileiros na classificação *Soil Conservation Service*, que identifica os solos em 4 grupos de acordo com o decréscimo da taxa de infiltração e acréscimo do escoamento superficial (Tabela 5).

Tabela 5: Solos para o grupo hidrológico C.

<p>Grupo C</p>
<p>Argissolo pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou argissolo vermelho, argissolo vermelho amarelo e argissolo amarelo, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; Cambissolo de textura média e cambissolo háplico ou húmico, mas com características físicas semelhantes aos latossolos (latossólico); Espodossolo ferrocárbico; Neossolo flúvico.</p>

Fonte: Adaptado Sartori (2005).

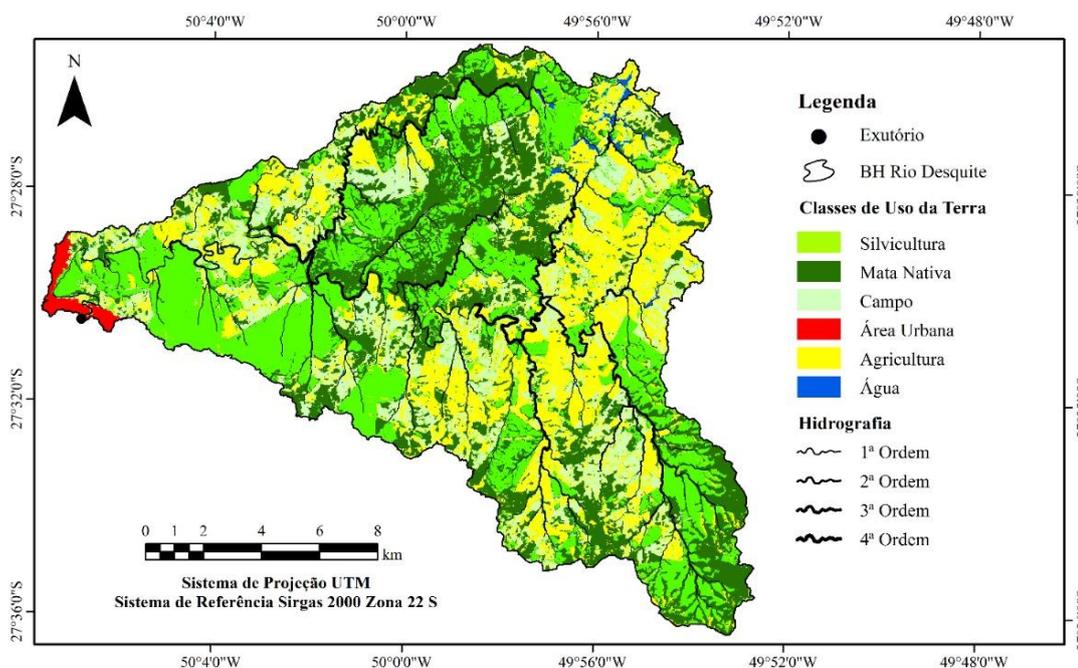
3 - Resultados e Discussões

3.1 - Uso e Ocupação da Terra

Após a classificação supervisionada das imagens de satélite, obteve-se o mapa de uso e ocupação de terra (Figura 2), neste é possível comparar os resultados obtidos com resultados anteriores em Berlanda (2017) (Tabela 6), houve estabilização no crescimento da silvicultura e aumento na agricultura, isso ocorre devido às novas leis impostas, a mata nativa deixou de ser suprimida e, em recuperação, começa a ser visível nas imagens de satélite, sendo possível

detectá-la em meio as áreas de reflorestamento próximas aos corpos hídricos, conforme as diretrizes do Código Florestal Brasileiro relacionadas a mata ciliar (BRASIL, 2012).

Figura 2: Mapa de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Desquite.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 6: Principais uso da terra em porcentagem.

Ano	Classe (% relativa)					Referências
	Silvicultura	Mata nativa	Campo	Área urbanizada	Agricultura	
1976	0,44	43,24	48,68	0,49	7,15	
1986	11,85	35,17	36,90	0,82	14,87	
1996	17,55	34,01	37,71	0,88	9,49	Berlanda (2017)
2006	38,71	26,55	17,09	0,89	16,16	
2016	36,50	26,55	18,12	0,87	16,09	
2021	28,48	28,37	18,07	0,88	23,68	Autoras (2022)

Fonte: Autores (2023).

A classe silvicultura apresentou crescimento significativo entre os anos 1976 e 2006, entretanto apresenta decréscimo desde o ano de 2016 até os dias atuais em decorrência da aplicação das exigências do Código Florestal de forma mais rigorosa, por parte das indústrias madeireiras. Além disso a silvicultura foi substituída pelo cultivo da soja que possui ciclo menor. Tais afirmações podem ser visualizadas através do aumento da área coberta por mata nativa e agricultura.

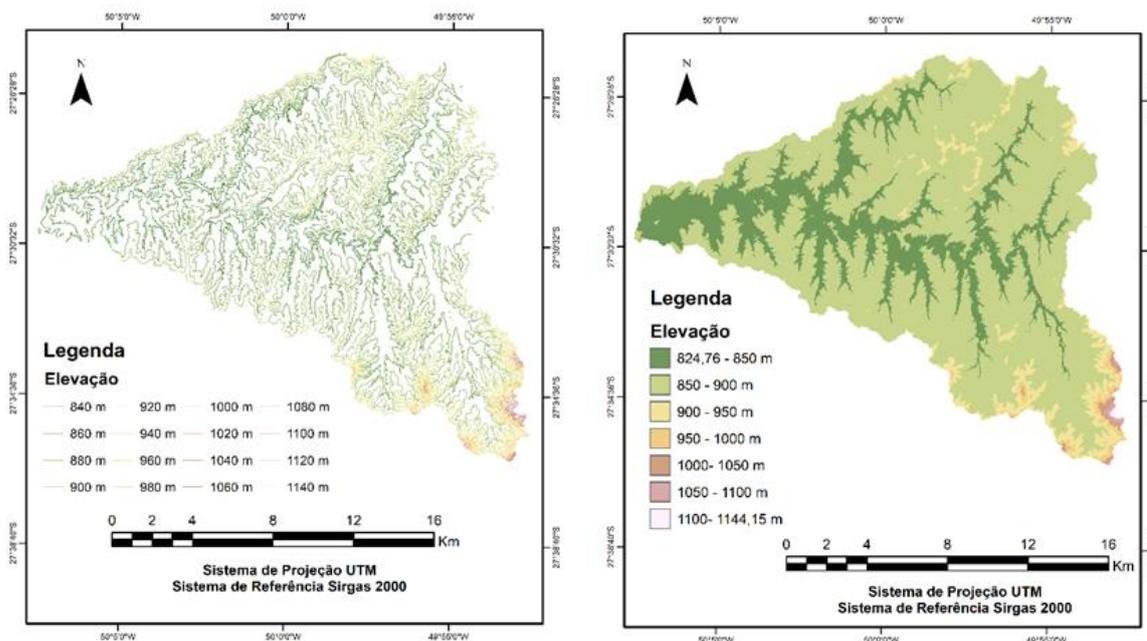
A área urbana teve pouca representatividade quantitativa, 0,88% da área total, porém é importante ressaltar os problemas que a mesma desencadeia, como ausência de coleta e tratamento de água residuárias, resultando no despejo direto nos rios ocasionando degradação da qualidade de água da bacia hidrográfica (BERLANDA, 2021).

3.2 - Morfometria

A análise altimétrica é importante para o entendimento da dinâmica hidrológica, pois as águas provenientes das chuvas ao leste da bacia hidrográfica serão encaminhadas para o ponto de exutório ao oeste desta. A declividade para a bacia hidrográfica em estudo foi representada por mapa temático, pois esta afeta as velocidades de escoamento das águas e também a ocupação dos territórios.

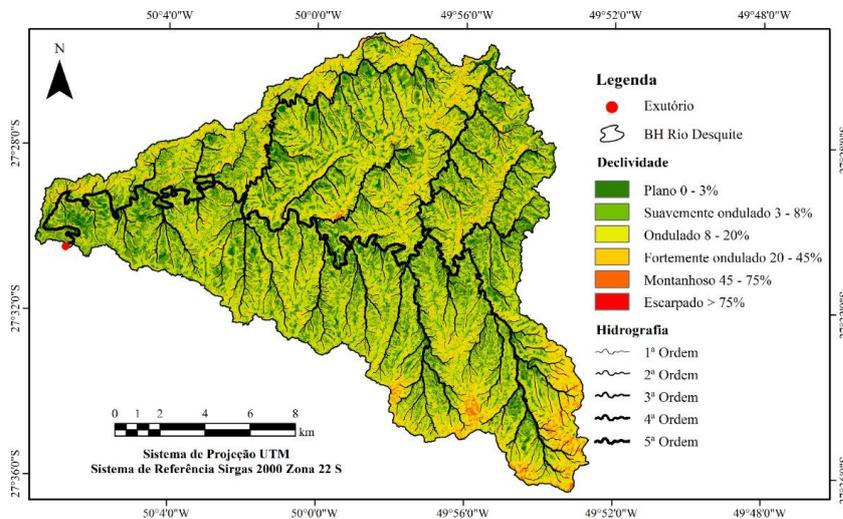
A Figura 3A é o mapa de curvas de nível tomadas a cada 80m e na Figura 3B a hipsometria com diferença de 50m. Já na Figura 4 está o mapa de declividade subdividida nas 6 classes propostas pela Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 1979 e os dados obtidos estão descritos na Tabela 7. A bacia hidrográfica está, principalmente, na classe denominada relevo ondulado, porém por possuir áreas com muitas árvores é possível que os resultados sejam influenciados pelo efeito de sombreamento (CREMON, 2019).

Figura 3A: Curvas de Nível e Figura 3B: Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Desquite.



Fonte: Autores (2023).

Figura 4: Mapa de declividade.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 7: Classificação de declividade proposta pela EMBRAPA (1979).

Declividade (%)	Discriminação	Área (Km ²)	%
0-3	Relevo plano	16,42	6,61
3-8	Relevo suavemente ondulado	63,09	25,39
8-20	Relevo ondulado	117,58	47,32
20-45	Relevo fortemente ondulado	46,46	18,70
45-75	Relevo montanhoso	4,59	1,85
>75	Relevo fortemente montanhoso	0,35	0,14
Total		248,49	100,00

Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 8 estão os resultados encontrados para os parâmetros morfométricos.

A bacia hidrográfica apresenta área de 248,47 km² e perímetro de 132,60, sendo estes elementos essenciais para o cálculo de outras características físicas (ALVES et al., 2018). O fator de forma (0,51) e o índice de circularidade (0,18) por apresentarem resultados distantes ao valor 1 mostram que a BH, em condições de precipitação intensa, não apresenta a tendência a grandes enchentes, tal afirmação é corroborada pelo coeficiente de compactidade maior que 1 (SANTOS et al. 2012; GUERRA et al., 2015; ALVES et al., 2018).

Segundo Alves et al., (2018) a bacia hidrográfica com forma mais alongada apresenta baixa propensão a ocorrência de chuvas intensas ao mesmo tempo em toda a sua superfície, entretanto em situações de grande volume precipitado em sua cabeceira, o tempo de concentração é reduzido o que leva ao aparecimento de episódios de rápido crescimento de escoamento da água precipitada para as áreas a jusante. Sendo assim toda água precipitada a

leste da BH do rio Desquite, nas maiores cotas, é encaminhada para a parte mais baixa, onde se localiza o exutório, encontro com o rio Canoas e parte da cidade de Otacílio Costa, culminando em eventos de enchentes e inundações.

Tabela 8: Características morfométricas da bacia hidrográfica.

Parâmetro		Valores	Unidades	
Características geométricas	Área total (A)	248,47	km ²	
	Perímetro (P)	132,60	km	
	Comprimento axial da bacia (Lb)	22,15	km	
	Fator de forma (Kf)	0,51	Adimensional	
	Coefficiente de compacidade (Kc)	2,36	Adimensional	
	Índice de circularidade (Ic)	0,18	Adimensional	
	Densidade hidrográfica (Dh)	3,01	Canais.km ⁻²	
Características do relevo	Altitude máxima (Hmáx)	1144,15	m	
	Altitude média (Hméd)	984,46	m	
	Altitude mínima (Hmín)	824,76	m	
	Amplitude altimétrica da bacia hidrográfica (Hb)	319,39	m	
	Amplitude altimétrica do rio principal (Hr)	263,91	m	
	Declividade média	0,17	m.m ⁻¹	
	Declividade do canal principal (Ip)	0,0036	m.m ⁻¹	
	Índice de rugosidade (Ir)	343,95	Adimensional	
	Índice de sinuosidade (Is)	0,97	Adimensional	
	Relação de relevo (Rr)	3,64	m.km ⁻¹	
Tempo de concentração (tp)	15,57	horas		
Características da rede de drenagem	Comprimento total dos canais (Lt)	590,63	km	
	Comprimento total do canal principal (L)	72,42	km	
	Comprimento vetorial do canal principal (Lv)	74,58	km	
	Densidade de drenagem (Dd)	2,38	km.km ⁻²	
	Coefficiente de manutenção (Cm)	420,68	m ² .m ⁻¹	
	Relação de bifurcação (Rb)	1 ^a – 2 ^a	2,11	Adimensional
		2 ^a – 3 ^a	1,72	
		3 ^a – 4 ^a	2,20	
		4 ^a – 5 ^a	0,97	
	Relação de comprimento (Rc)	2 ^a – 1 ^a	0,55	Adimensional
3 ^a – 2 ^a		0,55		
4 ^a – 3 ^a		0,52		
5 ^a – 4 ^a		0,78		
Hierarquia fluvial	5 ^a	Ordem		

Fonte: Autores (2023).

A densidade hidrográfica é caracterizada como a capacidade de gerar novos canais e possui duas formas de análise, considerando número total de canais (HORTON, 1945) ou apenas a quantidade de canais de primeira ordem (STRAHLER, 1957). Para o estudo o valor

foi obtido por meio da metodologia de Strahler (1957), o resultado igual a $3,01 \text{ canais.km}^{-2}$ revela que a cada $0,33 \text{ km}^2$ há uma nascente, ou seja, possui capacidade mediana em gerar novos cursos d'água (ALVES et al., 2020). O índice de sinuosidade por apresentar valor inferior a 2,00 caracteriza o rio como pouco sinuoso, menos propenso a acúmulos de sedimentos, onde o valor 0,97 indica que o canal é retilíneo por apresentar valor inferior a 1 (STIPP; CAMPOS; CAVIGLIONE, 2010; ALVES et al., 2020).

Souza e Rodrigues (2012) após a análise de diferentes bacias hidrográficas propõem a classificação do índice de rugosidade associado a declividade do canal principal, considerando fraco de 0 a 150, médio de 151 a 550, forte de 551 a 950 e muito forte acima de 950. Deste modo o índice de rugosidade encontrado para a BH, mostra que a mesma possui rugosidade mediana, ou seja, com média suscetibilidade a processos erosivos e escoamento superficial (ALVES et al., 2018).

Na relação relevo, quanto maior o desnível entre a cabeceira e o exutório maior é a sua declividade e por consequência há o aumento da velocidade média de escoamento dos canais (ALVES et al., 2020). O valor obtido de $3,64 \text{ m.km}^{-1}$ sugere baixa velocidade de escoamento, maior infiltração da água, baixa susceptibilidade a erosão e redução de risco de assoreamento quando comparados aos valores obtidos por Alves et al. (2018).

Os índices de bifurcação e de comprimento estão associados ao grau de dissecação das bacias hidrográficas, ou seja, quanto maiores os valores encontrados mais dissecada é a bacia. Segundo Queiróz et al. (2017) valores inferiores a 2 indicam relevos colinosos. Os resultados superiores a 2 encontrados na relação entre os canais de 1ª e 2ª ordem e 3ª e 4ª ordem indicam nascentes com relevo bem dissecado, com morros e colinas desenvolvidas. Nos trechos com canais de 2ª e 3ª e 4ª a 5ª ordens apresentam relevo menos dissecado, com colinas mais suaves (CASTRO; CARVALHO, 2009; TEIXEIRA et al., 2019).

A declividade do canal principal é de 0,36%, considerada uma declividade baixa que favorece a proteção da rede de drenagem dos processos de assoreamento (ALVES et al., 2018). A densidade de drenagem igual $2,38 \text{ km/km}^2$, afirma que a bacia hidrográfica é altamente drenada e possui uma camada de rocha impermeável que justifica o maior escoamento superficial, o qual possibilita a formação de canais (VILLELA; MATOS, 1975). Confirmado pelo coeficiente de manutenção igual a $420,68 \text{ m}^2.\text{m}^{-1}$, sendo um valor baixo quando comparado a Alves et al. (2020).

Strahler (1957), afirma que a hierarquia fluvial está de acordo com dimensões relativas

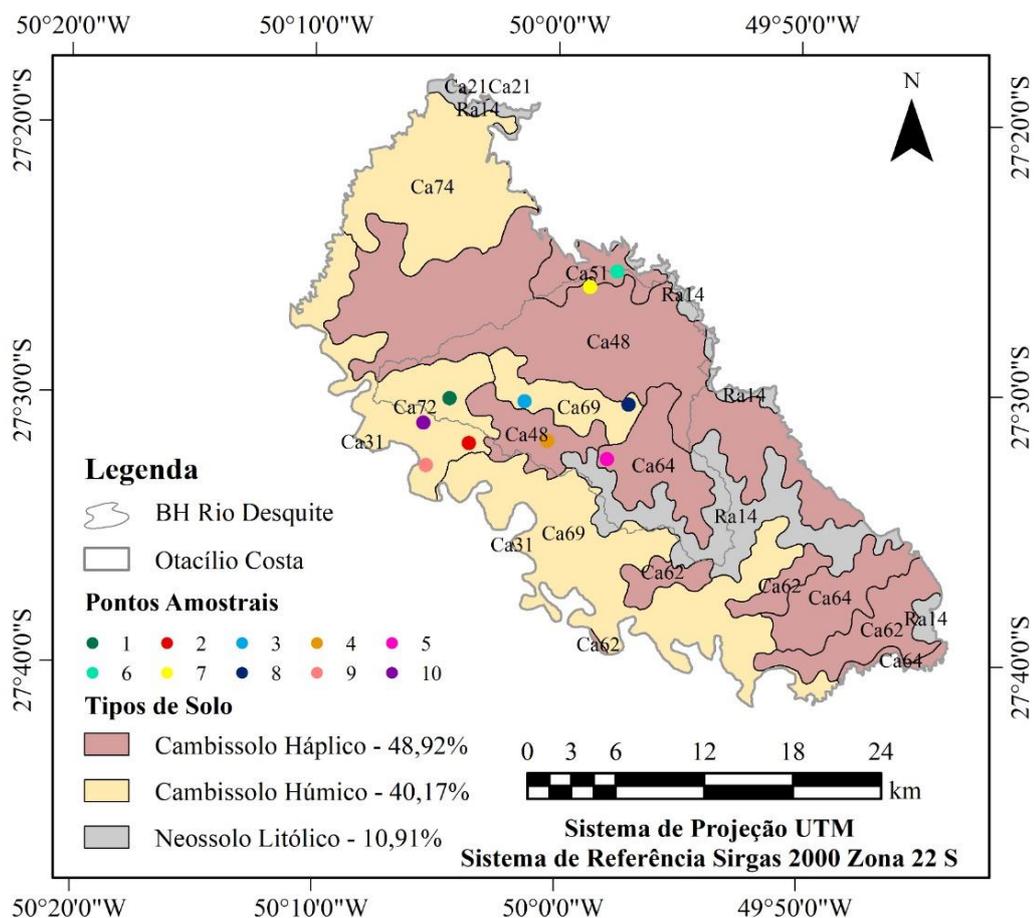
da bacia hidrográfica e tamanho do canal. Sendo assim na região de estudo houve ocorrência de canais de 1ª a 5ª ordem comprovando suas maiores dimensões.

O tempo de concentração calculado apresentou valor igual a 15,57 horas, próximo à resultados encontrados em bacias hidrográficas de dimensões similares (MAMÉDIO, CASTRO e CORSEIUL, 2018).

3.3 - Tipologia dos Solos

O solo da área em estudo é classificado em sua maioria como Cambissolo Háplico e Cambissolo Húmico, com ocorrências de Neossolo Litólico (EMBRAPA, 1979). Na Figura 5 é possível observar as localizações desses solos, além das posições dos locais de coleta de amostras para os ensaios físicos realizados. De forma mais detalhada, na Tabela 9, estão os resultados encontrados para a caracterização de solo.

Figura 5: Mapa de tipologia dos solos da bacia hidrográfica.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 9: Resultados dos ensaios de caracterização do solo.

Solos	LL	LP	IP	IG	Classificação TRB	SUCS
1	36,50%	28,05%	8,45%	8	A-4	Silte Orgânico com Areia
2	0	0	0	7	A-4	Silte Arenoso
3	55,99%	48,73%	7,26%	12	A-5	Silte Elástico
4	0	0	0	7	A-4	Silte Arenoso
5	36,42	30	6,42	8	A-4	Silte Orgânico
6	0	0	0	8	A-4	Silte
7	38,04%	26,38%	11,66%	9	A-6	Argila de Baixa Plasticidade
8	44,47%	41,35%	3,12%	9	A-5	Silte
9	49,54%	39,54%	10,00%	10	A-5	Silte Orgânico
10	40,29%	32,29%	8,00%	9	A-5	Silte Orgânico

Fonte: Autores (2023).

Assim sendo dada a presença de Cambissolos e Neossolos, a área pertence ao grupo hidrológico C, os resultados obtidos nos ensaios concordam com essa classificação. Portanto, mesmo em condições naturais, devido à baixa permeabilidade dos solos na bacia hidrográfica, é esperado a ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos.

4 - Conclusões

- A morfometria da bacia hidrográfica do rio Desquite apontou que todos os parâmetros morfométricos relacionados a forma, relevo e drenagem indicam a baixa propensão a eventos de enchentes, alagamentos e inundações, porém, é conhecido que na ocorrência das maiores precipitações forma-se grande quantidade de escoamento superficial e acúmulos de água na parte baixa, onde se localiza parte da cidade de Otacílio Costa.
- As precipitações frequentes nesta bacia hidrográfica apresentam causas naturais em decorrência da divisa com as bacias hidrográficas de dois grandes rios, Itajaí Açu e Canoas, que colaboram com a elevação da umidade relativa do ar. Em conjunto a esses fatores há formação de chuvas na borda da serra em decorrência da evapotranspiração originada pela presença de vegetação densa na escarpa.
- O mapeamento de uso e ocupação da terra evidenciou que a urbanização não é fator de grande influência no excesso de escoamento superficial, dada a sua pequena representatividade dentro da bacia hidrográfica. As ações antrópicas como silvicultura

e agricultura também não desempenham grande interferência, contudo estão associadas ao carreamento de materiais.

- As altas taxas de escoamento superficial estão associadas as características de baixa permeabilidade do solo, pois todas as amostras ensaiadas apresentaram grãos finos com grande quantidade de silte e argila sendo estes impermeáveis em condições naturais de compressão.
- Portanto comprova-se que as enchentes, inundações e alagamentos, neste caso, não configuram um desequilíbrio hidrológico de origem antrópica, mas sim uma característica natural da área dada a quantidade chuva e índice de permeabilidade do solo. Os efeitos dos eventos extremos hidrológicos são potencializados devido a área urbanizada estar localizada exatamente no exutório da BH e sobre sua planície de inundação.
-

5 - Referências Bibliográficas

Alves, W. S.; Martins, A. P., Scopel, I.; Pereira, M. A. B. (2018) Análise morfométrica da bacia do ribeirão da laje, no Sudoeste de Goiás, Brasil. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 22, p. 32. <https://doi.org/10.5902/2236499431129>.

Alves, W. S.; Martins, A. P.; Morais, W. A.; Pôssa, É. M.; Moura, D. M. B.; Santos, L. N. S.; Ferreira, R. S.; Nunes, N. C.; Pereira, M. A. B.; Moreira, E. P. (2020) Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 07, p. 3636-3658. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3636-3658>.

Berlanda, A. (2017) Qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Desquite em Otacílio Costa/SC. Dissertação (Mestrado) - *Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais*, Lages/SC, 107 p.

Berlanda, A.; Baum, C. A.; Becegato, V. A.; Souza, N. C. V. L. S. (2021) Avaliação temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Desquite, Santa Catarina. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, p. 45-51. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220180094>.

Boulomytis, V. T. G.; Zuffo, A. C.; Gireli, T. Z. (2017). Watershed spatial discretization for the analysis of land use change in coastal regions. *Boletim de Ciências Geodésicas*, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 101-114, Mar. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702017000100007>.

Brasil (1990). *Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm.

Brasil. (2012). *Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm.

Cardoso, C. A.; Dias, H. C. T.; Soares, C. P. B.; Martins, S. V. (2006) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista árvore*, v. 30, n. 2, p. 241-248. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>.

Castro, S. B.; Carvalho, T. M. (2009). Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo-GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Scientia plena*, v. 5, n. 2.

Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: *Edgard Blucher*, 1980.

Coelho, M. R.; Fidalgo, E. C. C.; Santos, H. G.; Brefin, M. L. M. S.; Perez, D. V. (2013). Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas. In: Moreira, F. M. S; Cares, J. E.; Zanetti, R.; Stumer, S. L. O ecossistema o solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras MG, *UFLA*.

Collischonn, W.; Dornelles, F. (2013). *Hidrologia para engenharia e ciências ambientais*. Porto Alegre: *Editora ABRH*.

Cremon, É. H. (2021). Instituto Federal de Goiânia. *Modelos digitais de elevação globais disponíveis gratuitamente: existe um novo MDE de 12,5 m de resolução espacial*. 2019.

Disponível em: <http://pesquisa.ifg.edu.br/geo/2019/10/14/modelos-digitais-de-elevacao-globais-disponiveis-gratuitamente-existe-um-novo-mde-de-125-de-resolucao-espacial/>.

Acesso em: 10 jun. 2021.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994). *DNER-ME 041/94*: Solos- preparação de amostras para ensaios de caracterização. *Ministério da Infraestrutura, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Coletânea de Normas*. Rio de Janeiro, 4p.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994). *DNER-ME 080/94*: Solos- análise granulométrica por peneiramento. *Ministério da Infraestrutura, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Coletânea de Normas*. Rio de Janeiro, 4p.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994). *DNER-ME 082/94*: Solo - determinação do limite de plasticidade. *Ministério da Infraestrutura, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Coletânea de Normas*. Rio de Janeiro, 3p.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994). *DNER-ME 122/94*: Solos- determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedido. *Ministério da Infraestrutura, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Coletânea de Normas*. Rio de Janeiro, 7p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006). Manual de pavimentação. *Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias*. 3.ed. – Rio de Janeiro, 274p. (IPR. Publ., 719).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1979). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. *Súmula da 10ª reunião Técnica de Levantamento de Solos*. Rio de Janeiro, 83p.

Freitas, R. O. (1952). Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. *Boletim Paulista de Geografia*. São Paulo, v. 11, p.53-57.

Furlan, A. R.; Trentin, R. (2021). Urbanização e exposição ao perigo de inundação: um estudo na bacia hidrográfica do rio Henrique, Erechim, RS. *Revista Acta Geográfica*, v. 15, n. 37, p. 246-270, abr. <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v15i37.5896>.

Guerra, S. M. S.; Silva, A. M. R. B.; Araújo, S. P.; Corrêa, M. M.; Silva, V. D.; Santos, B. R. T. (2015). Caracterização morfométrica e avaliação da qualidade da água da bacia Hidrográfica de Bitá, Ipojuca - PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 3, p. 759-775. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150030>.

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, v.56, n.3, p.275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2).

Lavnitchki, L. (2018). Avaliação da qualidade da água superficial e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande no município de Lages/SC. 135 p. Dissertação (Mestrado) - *Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais*, Lages/SC.

Li, C.; Liu, M.; Hu, Y.; Shi, T.; Qu, X.; Walter, M. T. (2018). Effects of urbanization on direct runoff characteristics in urban functional zones. *Science Of The Total Environment*, v. 643, p. 301-311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.211>.

Mamédio, F. M. P.; Castro, N. M. R.; Corseiul, C. W. (2018) Tempo de concentração para bacias rurais monitoradas na região do planalto basáltico no sul do Brasil. *REGA: Revista de Gestão de Água da América Latina*. v. 15, ed. 1, 17 p. DOI: 10.21168/rega.v15e1 .

Melton, M. A. (1957). An Analysis of the Relations Among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology. *Technical Report. Department of Geology, Columbia University*.

Oliveira, J. C. (2015). *Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande no município de Lages - SC*. 2015. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental - Área: Ecologia de espécies florestais e ecossistemas associados) - *Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal*, Lages/SC.

Salis, H. H. C.; Costa, A. M.; Vianna, J. H. M.; Schuler, A. E. (2019). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego do Marinheiro, Sete Lagoas - MG. *Boletim de Geografia*, v. 37, n. 2, p. 186-201. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i2.36965>.

Santos, A. M. D.; Targa, M. D. S.; Batista, G. T.; Dias, N. W. (2012). Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil.

Revista Ambiente & Água, v. 7, n. 3, p. 195-211. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.945>.

Sartori, A.; Lombardi Neto, F.; Genovez, A. M. (2005). Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, n. 4, p. 05-18.

Schumm, S. A. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Geological Society of America Bulletin*, n. 67, p. 597-646.

Silveira, A. L. L. (2005). Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre*, v. 10, n. 1, p. 5-23.

Sobral, B. S.; Júnior, J. F.O.; Gois, G.; Terassi, P. M. B.; Júnior, J. G. R. M. (2018) Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.55592>.

Stipp, N. A. F.; Campos, R. A.; Caviglione, J. H. (2010) Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara - Uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. *Portal de Cartografia das Geociências*, v. 3, n. 1, p. 105-124.

Strahler, A. N. (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. In *Transaction of American Geophysical Union*, v.38, n.6, p.913-920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>.

Teixeira, L. F. C., Oliveira, U. C., Soares, F. F., Rocha, J. S., Mendes Junior, C. A., (2019) Gestão ambiental de bacias hidrográficas: aplicação de geoprocessamento como contribuição para a análise morfométrica de uma sub-bacia do rio Jaguaribe, Ceará. *X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Fortaleza, Ceará*.

Tucci, C. E., & Collischonn, W. (1998). Drenagem urbana e controle de erosão. *VI Simpósio nacional de controle da erosão, Presidente Prudente, São Paulo*.

Umetsu, R. K., Pereira, N., Campos, É. M. F. D. P. D., Umetsu, C. A., Mendonça, R. A. M. D., Bernasconi, P., & Camargo, M. F. (2012). Análise morfométrica e socioambiental de uma bacia hidrográfica amazônica, Carlinda, MT. In *Revista Árvore*, v. 36, n. 1, p. 83-92. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000100010>.

Villela, S. M.; Mattos, A. (1975). Hidrologia aplicada. In: Hidrologia aplicada. *McGraw-Hill*.