

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JULIO CEZAR VASCONCELOS DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NO REGIME DE
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DO RIO DO CAMPO NOS BAIROS
CONDOMÍNIO RIO DO CAMPO, RESIDENCIAL PARQUE DO LAGO E NOVO
ROYALE PREMIUM**

CAMPO MOURÃO

2023

JULIO CEZAR VASCONCELOS DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NO REGIME DE
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DO RIO DO CAMPO NOS BAIROS
CONDOMÍNIO RIO DO CAMPO, RESIDENCIAL PARQUE DO LAGO E NOVO
ROYALE PREMIUM**

**Evaluation of the influence of urbanization on the surface drainage of the rio do
campo in the neighborhood condomínio rio do campo, residencial parque do
lago and novo royale premium**

Trabalho de conclusão de curso de graduação,
apresentado como requisito para obtenção de título
de Bacharel em Engenharia Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra são cobertos pela licença

JULIO CEZAR VASCONCELOS DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NO REGIME DE
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DO RIO DO CAMPO NOS BAIROS
CONDOMÍNIO RIO DO CAMPO, RESIDENCIAL PARQUE DO LAGO E NOVO
ROYALE PREMIUM**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado como requisito para obtenção de título
de Bacharel em Engenharia Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes

Data de aprovação: 15 de maio de 2023

Maria Cleide Baldo
Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão.

Helton Rogério Mazzer
Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão.

Eudes José Arantes
Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão.

CAMPO MOURÃO

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade, professores e colaboradores pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional, por contribuir para a evolução acadêmica.

Ao meu orientador Eudes José Arantes, pelos conselhos, ensinamentos, apoio e confiança em meu potencial, suas recomendações durante todo o período de orientação em projetos de pesquisa e tese de conclusão de curso permitiu alcançar o objetivo final de almejar a graduação.

As novas amigas formadas em Campo Mourão, em especial ao Guilherme Barbosa que sempre me apoiou e ajudou em toda a formação acadêmica.

A Thayna Alvarenga e seus familiares nessa reta final por apoiar e dar estrutura emocional para concluir essa etapa da vida.

Aos meus companheiros de trabalho Diego Belloni e Thiago Martinelli que desde o início da carreira profissional me apoiaram a concluir os estudos.

Ao meu pai Cicero Estevo pelo encorajamento, por nunca desistir e sempre estar por perto em momentos difíceis.

A minha mãe, que mesmo não estando entre nós sempre me encorajou, me mostrou o caminho correto a seguir e deu os melhores conselhos quando tudo parecia impossível, sempre foi e será minha inspiração, meu norte, minha fortuna, sua memória nunca será apagada.

O conhecimento serve para encantar as
pessoas, não para humilhá-las.
(Mário Sérgio Cortella, 2019)

RESUMO

Com o avanço tecnológico e populacional o homem modificou de forma intensa os recursos naturais para suprir a necessidade de conforto e bem-estar, por muito tempo não foram tomadas medidas para minimizar impactos. Países menos desenvolvidos, incluindo o Brasil, experimentaram grande expansão urbana em curto período de tempo, com uma infraestrutura de drenagem precária somado ao baixo nível conscientização as populações recorrentemente vêm sofrendo com as inundações. Assim este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da evolução da urbanização no regime de escoamento superficial do corpo hídrico do rio do Campo nos bairros condomínio rio do Campo, residencial parque do lago e novo royale premium. Para estimar o tempo de concentração das sub-bacias foi utilizado as equações de Kirpich, de Carter e de Ven te Chow baseado nas características hidrográficas. A região foi separada em duas sub-bacias, uma contemplando a margem esquerda do rio do Campo e a margem direita de seu afluente, onde está inserida a área de estudo. O escoamento superficial apresentou um aumento abrupto de quando comparado ao modelo atual e a projeção futura, com uma diferença de 56,64% entre seus valores, sendo o pico de vazão de 39,71 m³/s após 65 minutos do início da precipitação. O afluente apresentou valores semelhantes para a comparação do uso atual com a projeção futura. A hipótese levantada de que a impermeabilização do solo pode provocar aumento da vazão com o avanço e crescimento da cidade, foi confirmada, ainda levanta outros questionamentos de como minimizar seus impactos de forma viável e com o mínimo de alteração ambiental.

Palavras chaves: drenagem; bacia hidrográfica; escoamento superficial; precipitação.

ABSTRACT

With technological and population advancement, humans have heavily modified natural resources to meet the need for comfort and well-being. For a long time, measures were not taken to minimize impacts. Less developed countries, including Brazil, experienced a rapid urban expansion in a short period of time, with poor drainage infrastructure combined with low levels of awareness, leading to recurring flooding for populations. Thus, this study aims to evaluate the influence of urbanization evolution on the surface runoff regime of the rio do Campo river in the neighborhoods of condominio rio do Campo, residencial parque do lago, and novo royale premium. To estimate the time of concentration of sub-basins, the equations of Kirpich, Carter, and Ven te Chow were used based on hydrographic characteristics. The region was divided into two sub-basins, one including the left bank of the rio do Campo river and the right bank of its tributary, covering the neighborhoods of condominio rio do Campo, residencial parque do lago, and novo royale premium. The surface runoff showed an abrupt increase in flow between the currently modeled and futur projection, with a difference of 56.64% between their values, with the peak flow of 39.71 m³/s occurring after 65 minutes of precipitation. The tributary presented similar values for comparing current use with future projection. The hypothesis that soil sealing can increase in flow with the advancement and growth of the city, was confirmed, raising other questions about how to minimize its impacts in a viable way and with minimal.

Keywords: drainage; hydrographic basin; surface runoff; precipitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -Ciclo hidrológico	15
Figura 2 - Área de estudo	20
Figura 3 - Hipsometria de Campo Mourão	21
Figura 4 - Declividade de Campo Mourão	22
Figura 5 – Classes de solos de Campo Mourão.	23
Figura 6 - Delimitação das sub-bacias de estudo	26
Figura 7 – Visão geral do Software SWMM	27
Figura 8 - Uso e ocupação do solo do município de Campo Mourão	28
Figura 9 - Evolução do uso e ocupação do solo em 4 cenários; Cenário 1 – Área de estudo antes de possuir interverências humanas; Cenário 2 – Região antes da instalação do primeiro bairro na região; Cenário 3 – Uso do solo atual; Cenário 4 – Uso do solo seguindo as diretrizes do plano diretor.	30
Figura 10 - Hietograma de precipitação com o tempo de retorno de 10 anos; A) Tempo de retorno para a Sub-bacia do rio do Campo; B) Tempo de retorno para a Sub-bacia do Afluente do rio do Campo	32
Figura 11 – escoamento superficial; A) sub-bacia do rio do Campo; B) Afluente do rio do Campo; Cenário 1 – Área de estúdio antes de possuir interverências humanas; Cenário 2 – Região antes da instalação do primeiro bairro na região; Cenário 3 – Uso do solo atual; Cenário 4 – Uso do solo seguindo as diretrizes do plano diretor.	33
Figura 12 – escoamento superficial total no exultório	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de Manning utilizado no software.....	27
Tabela 2 - Uso e ocupação do solo do município de Campo Mourão.	29
Tabela 3 - CN médio para as bacias de estudo.	31
Tabela 4 - Comparação do tempo de concentração para as 2 sub-bacias. ...	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. JUSTIFICATIVA	13
4. REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1 Ciclo hidrológico.....	14
4.2 Drenagem urbana.....	15
4.2.1 Impermeabilização do solo	16
4.3 Escoamento superficial.....	17
4.4 Modelos hidrológicos	17
5. MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1 Caracterização da área de estudo	20
5.2 Caracterização hidrológica da bacia hidrográfica	21
5.2.1 Relevo.....	21
5.2.2 Geologia.....	22
5.3 Tempo de concentração	23
5.4 Aplicação do Método Intensidade-Duração-Frequência (IDF)	24
5.5 Dados de geoprocessamento	25
5.6 Aplicação no SWMM	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
6.1 Permeabilidade do solo	28
6.2 Tempo de Concentração e Hietograma.....	31
6.3 Escoamento superficial.....	33
7. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico e populacional o homem modificou de forma intensa os recursos naturais para suprir a necessidade de conforto e bem-estar, por muito tempo não foram tomadas medidas para minimizar impactos e problemas a população e ao meio ambiente.

Alguns transtornos socioeconômicos como enchentes, alagamentos, destruição de patrimônio particular e público passaram a ser recorrente para a sociedade. Com a impermeabilização do solo nas áreas urbanas é imprescindível captar a água da chuva e direcioná-los para rios, riachos, córregos, mar, infiltração no solo, entre outros.

Historicamente os engenheiros responsáveis pelas construções da drenagem urbana buscavam direcionar o escoamento para a jusante das cidades procurando somente evitar o acúmulo local, provocando o aumento da velocidade da água e reduzindo significativamente o tempo de concentração da bacia, desta forma os países mais desenvolvidos começaram a desenvolver diversas leis para mudar esse cenário e proteger a população, algo que aos poucos passaram a ser adotados em países menos desenvolvidos (CANHOLI, 2014).

Braga (1994) explica que os países menos desenvolvidos, incluindo o Brasil, experimentaram grande expansão urbana em curto período de tempo, com uma infraestrutura de drenagem precária somado ao baixo nível conscientização as populações recorrentemente vem sofrendo com inundações.

No Brasil são identificadas 3 fases evolutiva do sistema de drenagem urbana, na primeira ocorrida entre 1850 e 1990, no qual o propósito é tão somente reduzir o impacto das cheias dentro dos limites urbanos sem se preocupar com os picos de vazão e danos aos receptores, já na segunda fase surgindo após os anos de 1990 cenário mais voltado para as preocupações ambientais tomou corpo buscando acompanhar o cenário internacional, visando o aumento da infiltração no solo, com manejo da região reduzindo os impactos aos emissários já o terceiro amplia a visão tomada na segunda e coloca o relevo, o solo, o ciclo d'água, a dinâmica hídrica buscando em sintonia com o meio ambiente (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019).

O lançamento de efluente passa por um tratamento conforme a qualidade do emissário comparado ao corpo hídrico receptor, mas as águas pluviais que percorrem áreas urbanas podem carrear diversas substâncias danosas.

Tucci e Silveira (2001) explicam que a qualidade da água pluvial depende de vários fatores como a limpeza urbana, intensidade e frequência da precipitação e que os principais indicadores da qualidade da água são aqueles que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da evolução da urbanização no regime de escoamento superficial do corpo hídrico do rio do Campo nos bairros condomínio rio do Campo, residencial parque do lago e novo royale premium.

2.2 Objetivos específicos

Com a intenção de suprir o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Examinar os principais elementos de drenagem urbana da área de estudo;
- Comparar a influência da alteração do uso do solo no passado em relação a projeção estipulada pelo plano diretor do município de Campo Mourão.
- Avaliar a influência da impermeabilização do solo na área de estudo.

3. JUSTIFICATIVA

Com a urbanização e a impermeabilização do solo a água pluvial precisa ser captada de forma a ser encaminhada para rios, riachos córregos entre outros, assim essa água que antes infiltrava no solo ou era absorvida pela vegetação passa a ter novas interações, misturando com diversas partículas e materiais.

O ciclo hidrológico sofre fortes alterações devido a urbanização, desta forma esse processo apresenta grave impacto em países em desenvolvimento, que sofrem com sistemas de drenagem pluvial insustentáveis, com métodos abandonados a mais de trinta anos, sendo que medidas de controle modernas e sustentáveis podem ser tomadas na fonte, na microdrenagem e na macrodrenagem, conforme o nível de desenvolvimento da área de estudo (TUCCI, 2003).

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Ciclo hidrológico

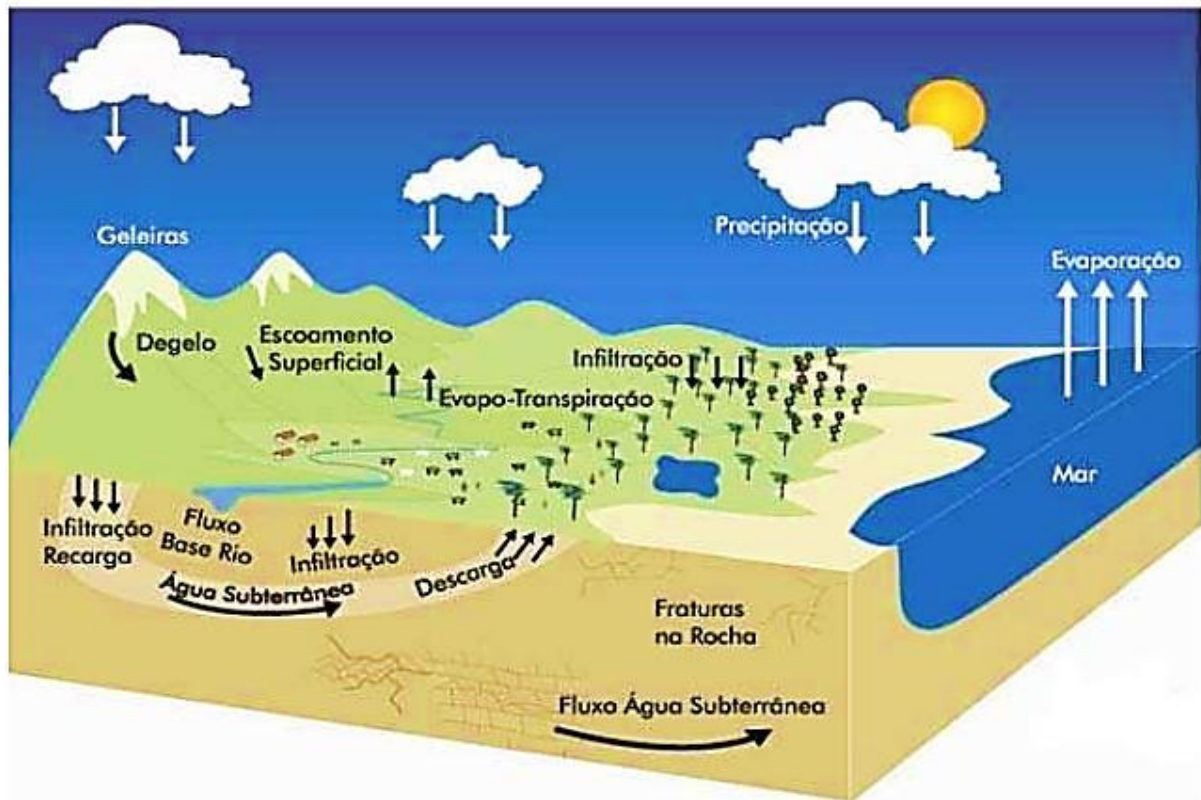
Para Collischown e Dornelles (2013) a hidrologia trata da água na terra, para isso baseia-se em conhecimentos de hidráulica, física e estatística para compreender a sua ocorrência, circulação e distribuição espacial para compreender sua relação com o ambiente e seres vivos. A existência de água em todas as fases físicas (sólido, líquido e gasoso) é um dos aspectos que faz o planeta terra ser único (GALDINO; VICTORIA, 2014).

As características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, e térmicas, tal qual o tipo de uso e cobertura do solo são considerados imprescindíveis no estudo da hidrologia, para tal objetivo ferramentas estatísticas e numéricas são importantes para medir a interação dessas influências (GARCEZ; ALVARES, 1988).

O ciclo da água é definido como o movimento contínuo da água, na atmosfera com a evaporação e transpiração até a formação de nuvens que se saturam e descarregam na forma líquida com chuvas ou sólidas com granizo ou neve, no solo com escoamentos superficiais na movimentação de rios, córregos e oceanos ou acumulados em poças, lago e lagoas, ainda com sua interação subterrânea de infiltração e percolação formação de aquíferos, lençóis e nascentes, todos sob influência da força gravitacional e energia fornecida pelo Sol (Figura 1) (BRASIL, 2013).

O ciclo hidrológico é uma sequência fechada de fenômenos naturais que a água passa da terra para a atmosfera e não tem um início tampouco fim definido, para estudá-la deve-se escolher um começo (GUIMARÃES; SHAHIDIAN; RODRIGUES, 2017).

Figura 1 -Ciclo hidrológico



Fonte: Brasil (2013).

4.2 Drenagem urbana

Toda bacia hidrográfica é composta naturalmente de vários elementos de drenagem formada por rios, riachos, córregos, várzeas, pântanos e lagos que controlam o sistema de drenagem da precipitação em função das características do tipo de solo, declividade, cobertura vegetal (MARTINS, 2012). A urbanização da bacia hidrográfica traz consigo uma mudança radical obrigando a instalação de elementos artificiais como, sarjetas, bocas de lobo, galerias de drenagem, valas, emissários e outros elementos para o transporte pluvial (MARTINS, 2012).

Os componentes de drenagem urbana são os principais responsáveis pelo combate de alagamentos, assim, se qualquer segmento destas infraestruturas falhar, for dimensionada erroneamente, ou faltar com o reparo, as consequências são sentidas diretamente pela população deixando pessoas desabrigadas, outras desaparecidas ou até provocar o óbito (SILVA et al., 2020).

[...] as falhas dos sistemas de drenagem urbanas, manifestadas pela falta de espaço para escoamento das águas no período de cheias e todas as suas decorrências, não podem ser imputadas à mãe natureza e sim ao desrespeito aos princípios da dinâmica fluvial que rege o comportamento dos cursos d'água naturais (MARTINS, 2012, p. 2).

A lei 11.445/2007 regulamenta as diretrizes de saneamento básico e do sistema de drenagem urbana e define como saneamento básico “conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana”, ela busca a universalização do acesso do sistema com integralidade proporcionando a população o acesso na conformidade de suas necessidade e maximizando a eficácia de resultados (BRASIL, 2007). A lei 13.308/2016 complementa a anterior impondo a disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventivas das redes, adequando à saúde pública e mantendo à segurança da vida, dos patrimônios públicos e privados, adotando métodos, técnicas e processos que levam em consideração as características locais e regionais (BRASIL, 2016).

Em 2019 o município de Campo Mourão aprovou o Plano Municipal de Saneamento Básico contemplando a drenagem urbana e manejo das águas pluviais, indicando a infraestrutura, instalações e operacionalização da captação da água pluvial, seguindo estratégias de transporte ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias (CAMPO MOURÃO, 2019).

4.2.1 Impermeabilização do solo

O desenvolvimento humano descontrolado formando centros urbanos pelo brasil e o mundo, aliado a uma falta de planejamento, cerrado por aspectos socioeconômicos, êxodo rural e industrialização resulta em altas taxas de impermeabilização do solo, dessa forma ocorre menor infiltração no solo provoca aumento de inundações e enxurradas e enchentes com maior frequência (PINTO, 2011).

Com a preocupação de minimizar impactos de bacias urbanizadas surgiu um movimento de sustentabilidade no brasil chamado de “LID” (*Low impact development*) em meados dos anos 90 e tinha como slogan de “impacto zero” e de “vazão de restrição ou vazão de referência” com o objetivo de atenuar os efeitos no solo e no corpo hídrico (JONES, 2001).

4.3 Escoamento superficial

Ao início da precipitação, a vegetação absorve parte dela, outra infiltra no solo, e depressões podem acumular outro tanto, e se a chuva continuar após o preenchimento dos sulcos e o solo se saturar, tem-se o começo do escoamento superficial formando enxurradas até o encontro com o corpo hídrico (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988).

Solos com presença de elementos rugosos aumentam a superfície de contato provocando redução na velocidade da água e resistência do escoamento, desta forma florestas com formação de dossel representativos tem vantagem sobre solo exposto (CASSOL; CANTALICE; MONDARDO, 2004).

A impermeabilização do solo direciona uma parcela maior de água pluvial ao escoamento superficial, devido à redução de vegetação que deixa de infiltrar e fazer evapotranspiração (CASTRO; GOLDENFUM, 2010).

A ocupação urbana impermeabilizando áreas com telhados, ruas, estacionamentos entre outros, altera a qualidade do ciclo hidrológico ocasionando aumento do volume de escoamento e velocidade da água, provocando enchentes (ARAÚJO; TUCCI; GOLDENFUM, 2000). Alternativa estudada é o uso de pavimentação permeável que desvia parte do escoamento superficial para um reservatório de pedras que por seguinte infiltra no solo (URBONAS; STAHR, 1993).

4.4 Modelos hidrológicos

Os modelos hidrológicos evoluíram da necessidade de uma representação simplificada dos sistemas que compõem uma bacia hidrográfica, mas como a diversidade de fatores que contribuem para a evolução dos estudos uma pluralidade de modelos matemáticos surgiu para tentar sanar sua complexidade (TUCCI, 2003).

Um modelo matemático aliado ao monitoramento hidrológico pode ser considerado uma representação simplificada da realidade (RENNÓ; SOARES, 2000). Rossman (2010) criou o SWMM na EPA (*Environmental Protection Agency*) como uma ferramenta útil para o gerenciamento e controle de águas pluviais e ajudar a reduzir descargas d'água danosas aos corpos hídricos.

Desenvolvido pela *National Resources Conservation Center* dos EUA o método *Soil Conservation Service – Curve Number* (SCS-CN) é o método amplamente

difundido em estudos científicos, pois leva em consideração um balanço de ocupação da bacia (COLLISCHOWN; DORNELLES, 2013). Este método está presente no *software* SWMM.

O principal parâmetro do método SCS-CN é o valor *Curve Number* (CN) que apresenta uma ordem de potencial de escoamento superficial, onde quando mais próximo de 100 menor o coeficiente de infiltração e maior o escoamento superficial e quando tende a 0 maior é a infiltração e menor o escoamento superficial (Quadro 1 e 2) (TUCCI, 2001).

Quadro 1 - Tipos de solos para considerar na determinação do CN.

Tipo SCS	Características	Textura
A	Solos com baixo potencial de geração de escoamento superficial: solos arenosos ou siltosos, profundos e de alta capacidade de infiltração	Arenosa; Areia Franca; Franco Arenosa
B	Solos com pouco teor de argila, menos profundos ou com mais argila do que os solos do tipo A e de média capacidade de infiltração	Franco Siltosa; Franca
C	Solos com mais teor de argila do tipo C, com uma camada mais impermeável abaixo da superfície ou pouco profundos	Franco Argilo Arenosa
D	Solos com alto potencial de geração de escoamento superficial: solos argilosos, solos rasos sobre rochas impermeáveis, solos com lençol freático próximo à superfície, solos com capacidade de infiltração muito baixa	Franco Argilosa; Franco Argilo Arenosa; Argilo Arenosa; Argilo Siltosa; Argilosa

Fonte: Tucci (2003) Adaptado

Quadro 2 - Valores de CN para diferentes uso do solo.

Uso do Solo	Superfície	A	B	C	D
Solo Lavrado	com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	em fileiras retas	70	80	87	90
Pastagens	pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	boas, em curvas de nível	6	35	70	79
Campos Permanentes	normais	30	58	71	78
	esparsos, de baixa transpiração	45	66	77	83
	normais	36	60	73	79
	densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Florestas	muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	esparsas	46	68	78	84
	densas, alta transpiração	26	52	62	69
	normais	36	60	70	76
Zonas Industriais		81	88	91	93

(Continua)

(Conclusão)

Zonas Residenciais					
Lotes de (m2)	% média impermeável	A	B	C	D
<500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84

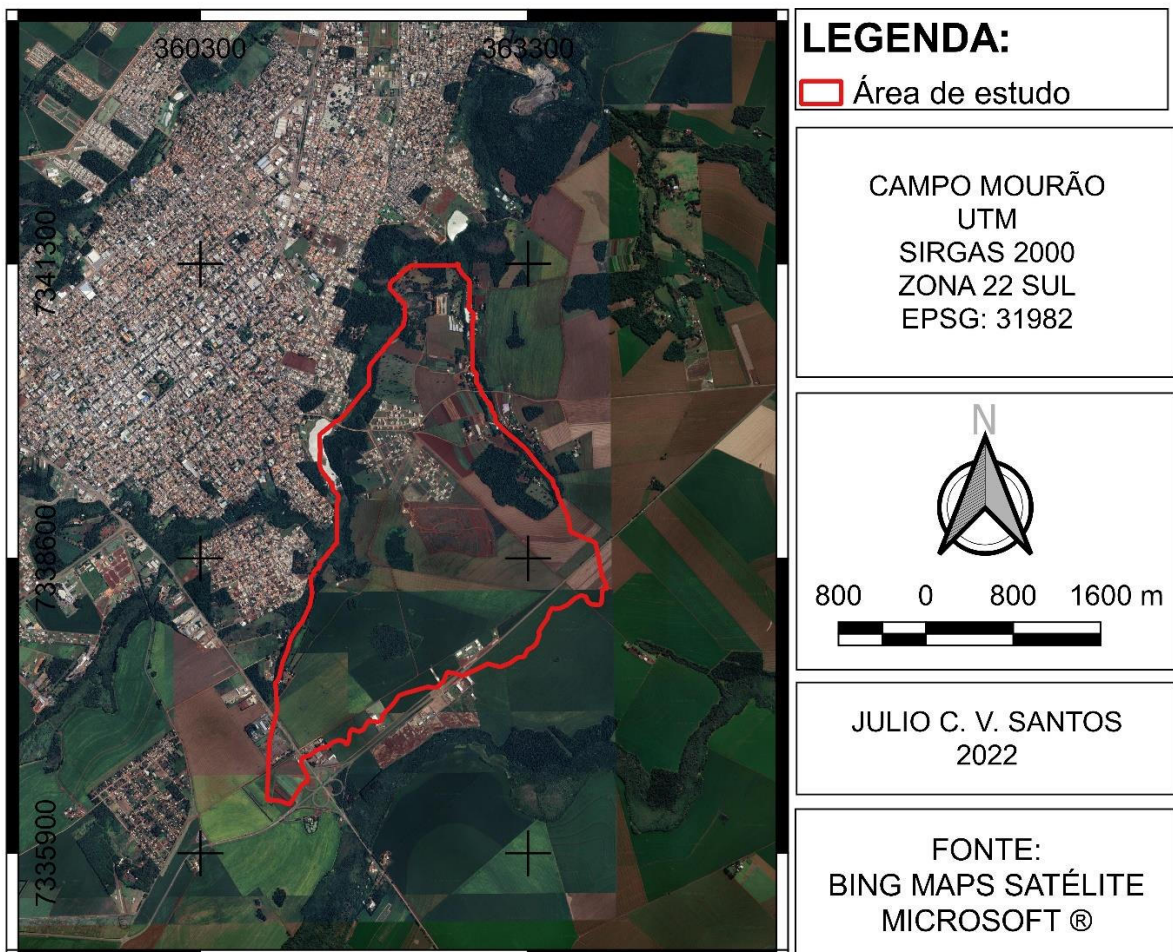
Fonte: Tucci (2003) Adaptado

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

Localizado na região central do Paraná, o município de Campo Mourão possui sua economia voltada para atender a grande demanda regional da agricultura, assim seu perímetro urbano, que desde o início foi bem planejada contando com sistema de saneamento básico (CIDADE EM REVISTA®, 2020) seguindo as orientações da Lei nº 3993/2019 do plano municipal de saneamento básico (CAMPO MOURÃO, 2019). O estudo limita-se aos bairros Condomínio rio do Campo, residencial parque do lago e novo royale premium (figura 2).

Figura 2 - Área de estudo



Fonte: Autoria própria (2022)

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen (1948) é caracterizado como Cfa: Clima Subtropical Úmido Mesotérmico (ALVARES et al., 2013) com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, porém, com maior intensidade

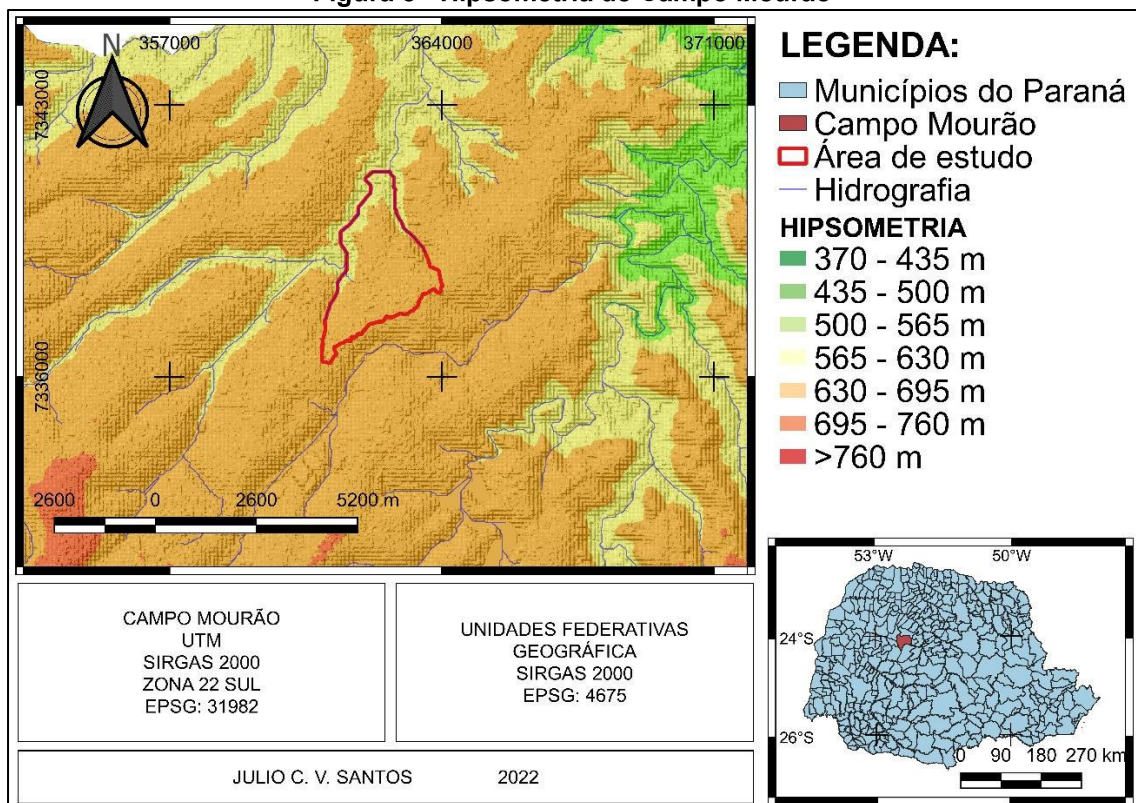
no verão devido a sistemas continentais de baixa pressão que geram chuvas convectivas, já no inverno e primavera chuvas frontais acompanhadas de descargas elétricas com possibilidade de queda de granizo e ocasionalmente geadas, devido ao encontro de massas de ar continental com polares que favorecem essas zonas de grande instabilidade (BORSATO, 2010). Segundo Nitsche et al. (2019) o regime pluviométrico anual varia de 1600 a 1800 mm, com evidências de maiores concentrações nos meses de novembro a fevereiro.

5.2 Caracterização hidrológica da bacia hidrográfica

5.2.1 Relevo

O relevo do município de Campo Mourão tem variação altimétrica de 360 a 770 metros aproximadamente em relação ao nível do mar (Figura 3). Mezzomo (2013) descreve que a bacia rio Mourão possui baixas declividades que variam de 0 a 20% sendo predominantes unidades morfológicas variando entre suave ondulado e ondulado, os topos são alongados e aplainados.

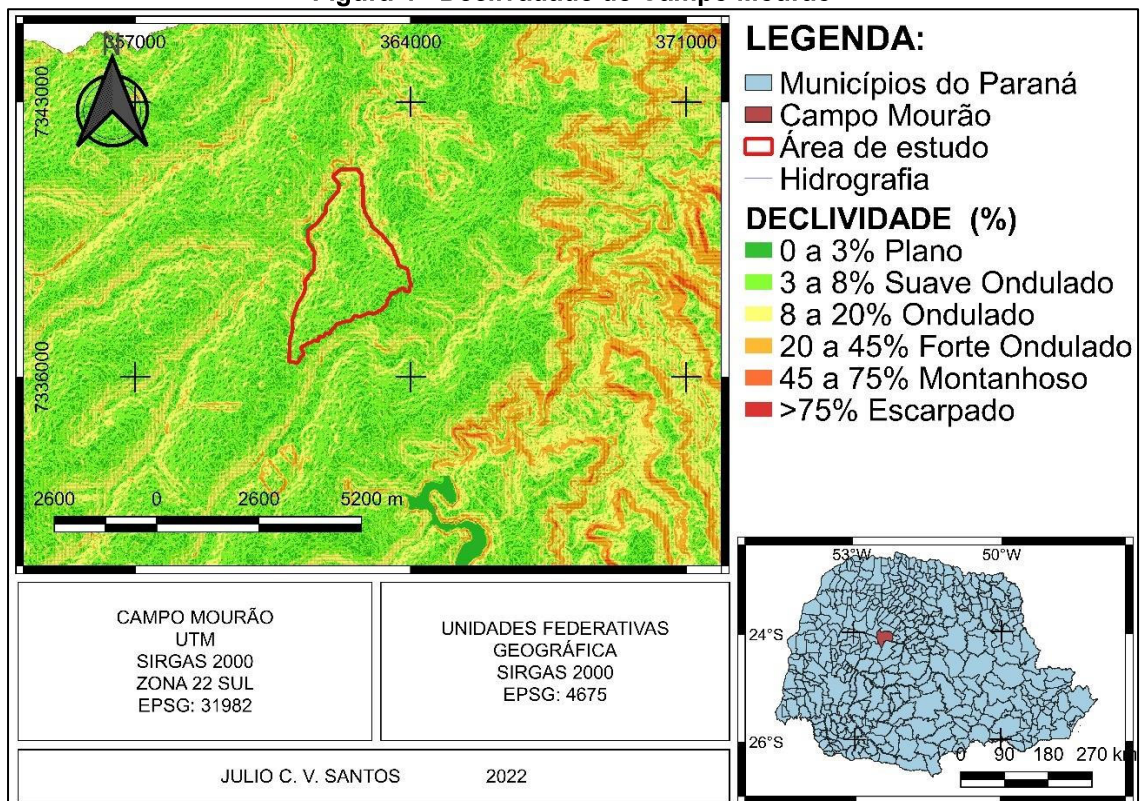
Figura 3 - Hipsometria de Campo Mourão



Fonte: Autoria própria (2022).

As vertentes da área de estudo são predominantemente planos e suaves ondulados com os divisores de água aplainados e sopés convergindo para maiores inclinações, em diversas regiões do escoamento apresentam relevos suave ondulados e planos, favorecendo a formação de meandros em sua planície aluvial durante períodos de estiagem e uma área superficial grande para vazões de escoamento em períodos chuvosos (Figura 4).

Figura 4 - Declividade de Campo Mourão



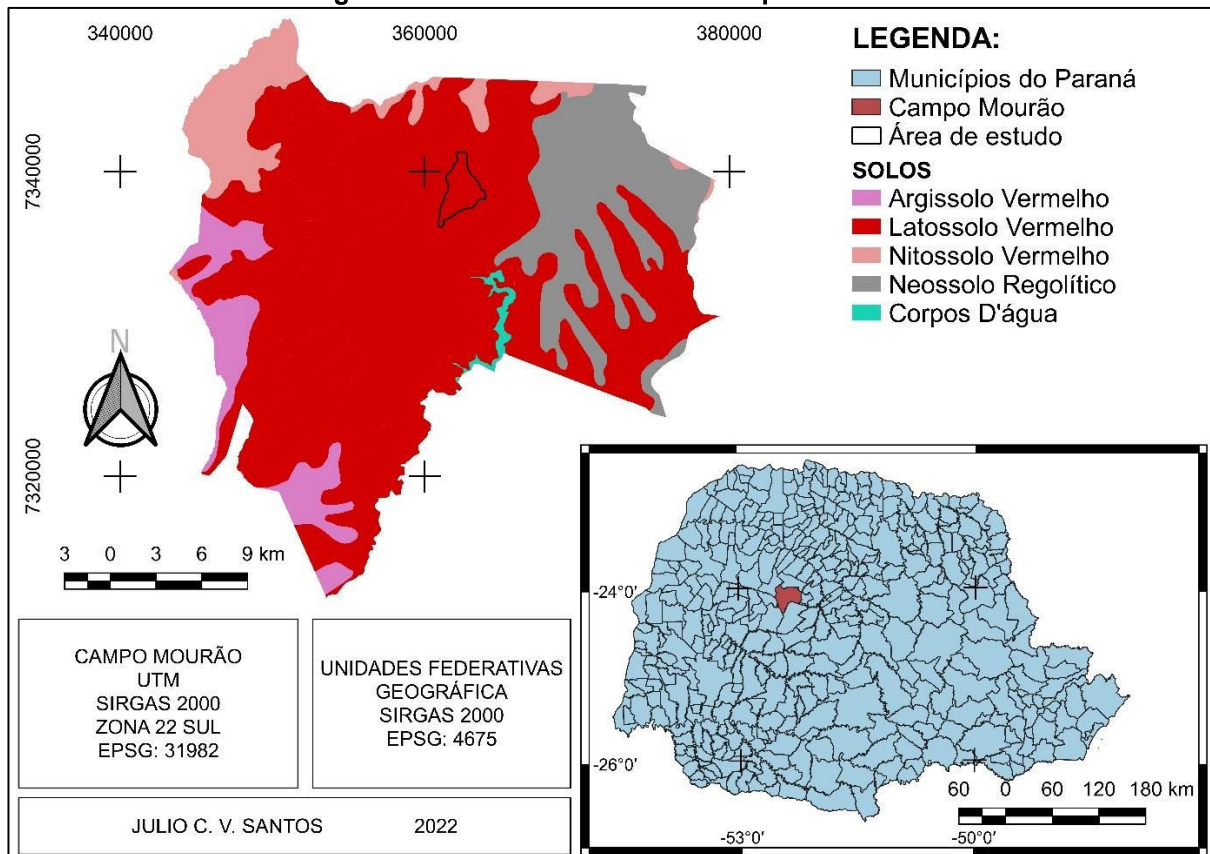
Fonte: Autoria própria (2022).

5.2.2 Geologia

Em termos geológicos a composição morfológica faz parte da unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná que pertence a unidade morfoescultural Terceiro Planalto Paranaense, envolvendo as unidades morfológicas Planalto do Alto-Médio Piquiri e Planalto do Campo Mourão (MINEROPAR, 2006).

O solo é predominantemente da classe Latossolo e Nitossolo Vermelho de textura argilosa a muito argilosa provenientes do Basalto.

Figura 5 – Classes de solos de Campo Mourão.



Fonte: Autoria própria (2022).

5.3 Tempo de concentração

Para estimar o tempo de concentração das sub-bacias foi utilizado as equações de Kirpich (1), de Carter (2) e de Ven te Chow (3), baseado nas características hidrográficas e estudos apresentados por Tucci (2003) e Collischonn e Dornelles (2013).

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (1)$$

Onde:

t_c = Tempo de concentração (Minutos);

L = Comprimento do talvegue em quilômetros;

Δh = Percentual de declividade.

$$t_c = 5,96 \frac{L^{0,6}}{S^{0,3}} \quad (2)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (Minutos);

L= comprimento do talvegue em quilômetros;

S= declividade do curso d'água principal (adimensional) (4);

$$t_c = 0,16 \frac{L^{0,64}}{S^{0,32}} \quad (3)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (Horas);

L= comprimento do talvegue em quilômetros;

S= declividade do curso d'água principal (adimensional) (4);

$$S = \frac{Z_{100} - Z_0}{L} \quad (4)$$

Onde:

S= declividade do curso d'água principal (adimensional);

Z_0 = Altitude em metros do exultório em relação ao nível do mar;

Z_{100} = Altitude em metros da nascente em relação ao nível do mar;

L= comprimento do talvegue em metros.

5.4 Aplicação do Método Intensidade-Duração-Frequência (IDF)

Para adquirir os resultados de IDF deve-se compreender informações importantes da área de interesse, obtendo o tempo de concentração e comparando com as metodologias empíricas para definir a intensidade da chuva projetada pela fórmula (5) elaborada por Arantes et al. (2009) com os parâmetros aplicados para a região do município de Campo Mourão.

$$i = \frac{901,51 * Tr^{0,1803}}{(D+11)^{0,7508}} \quad (5)$$

onde:

i = intensidade da precipitação máxima (mm/h);

Tr = tempo de retorno em anos;

D= duração da precipitação.

5.5 Dados de geoprocessamento

Todos os dados de geoprocessamento foram compilados e processados na ferramenta SIG QGIS versão 3.10.9. (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2019).

As delimitações federais, estaduais e municipais foram fornecidas pelo IBGE (2021), o município de Campo Mourão foi convertido para o sistema de projeção métrica (UTM) SIRGAS 2000 zona 22S, já os limites estaduais e federal foi mantido em projeção geográfica SIRGAS 2000. Utilizando a biblioteca do EMBRAPA 2008 (BHERING; SANTOS, 2008) de mapas do estado do paraná e reclassificando-o com a união de ordem e subordem do solo.

A partir do Modelo Digital de Eleva o (MDE) do Sat elite ALOS e sensor PALSAR com resolu o espacial de 12,5 metros disponível no portal de dados Vertex da Alaska Satellite Facility (JAXA/MET , 2011) foram elaborados os relevos e declividade do município de Campo Mourão, ainda com auxílio da ferramenta SAGAGIS  (CONRAD, 2015) pela análise de Terreno–Canais, produzindo a bacia hidrográfica do rio do Campo, hidrografia de Campo Mourão e suas sub-bacias.

Para obter dados de uso e ocupa o do solo foi aplicado 2 técnicas onde para todo o município de Campo Mourão foram utilizados dados a partir do MAPBIOMAS (MAPBIOMAS, 2021), que possui o mapa de cobertura e uso do solo de todo o Brasil, que utiliza bandas de imagens de infravermelho do sat elite Landsat  de resolu o de 30 metros, para diferencia o de solo, já nas sub-bacias foi utilizada imagens do Bing™ Maps (MICROSOFT , 2021) para identificar os usos com maior precisão.

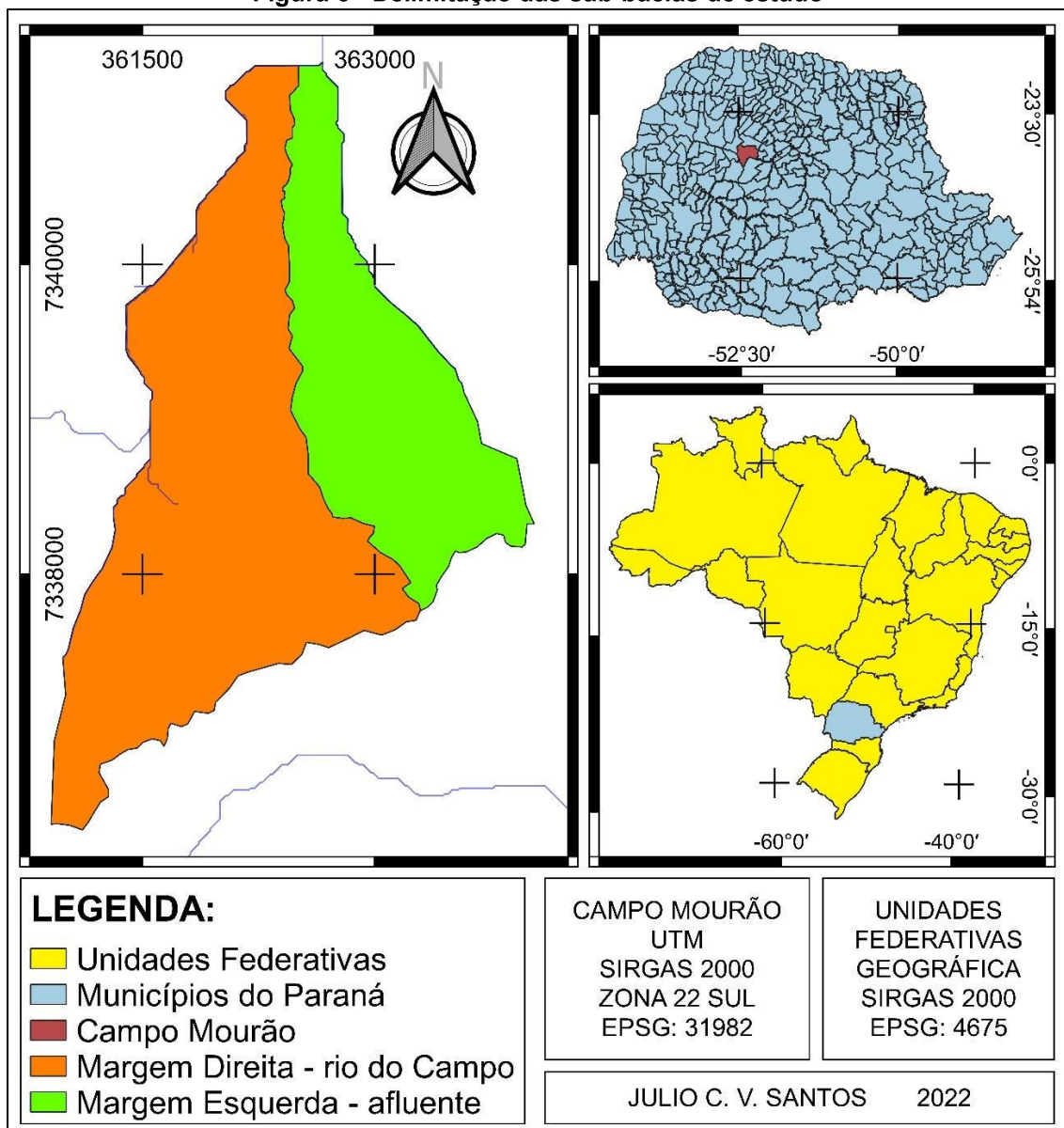
5.6 Aplica o no SWMM

Para agregar dados no software SWMM (*Storm Water Management Model*) (ROSSMAN, 2010) utiliza-se os dados da hidrografia e relevo da MDE, uso e ocupa o do solo com a imagem de sat elite e por fim os c culos da caracteriza o da bacia hidrográfica.

A região foi separada em duas sub-bacias, uma contemplando a margem direita do rio do Campo e outra a margem esquerda de seu afluente, abrangendo assim os bairros condomínio rio do Campo, residencial parque do lago e novo royale

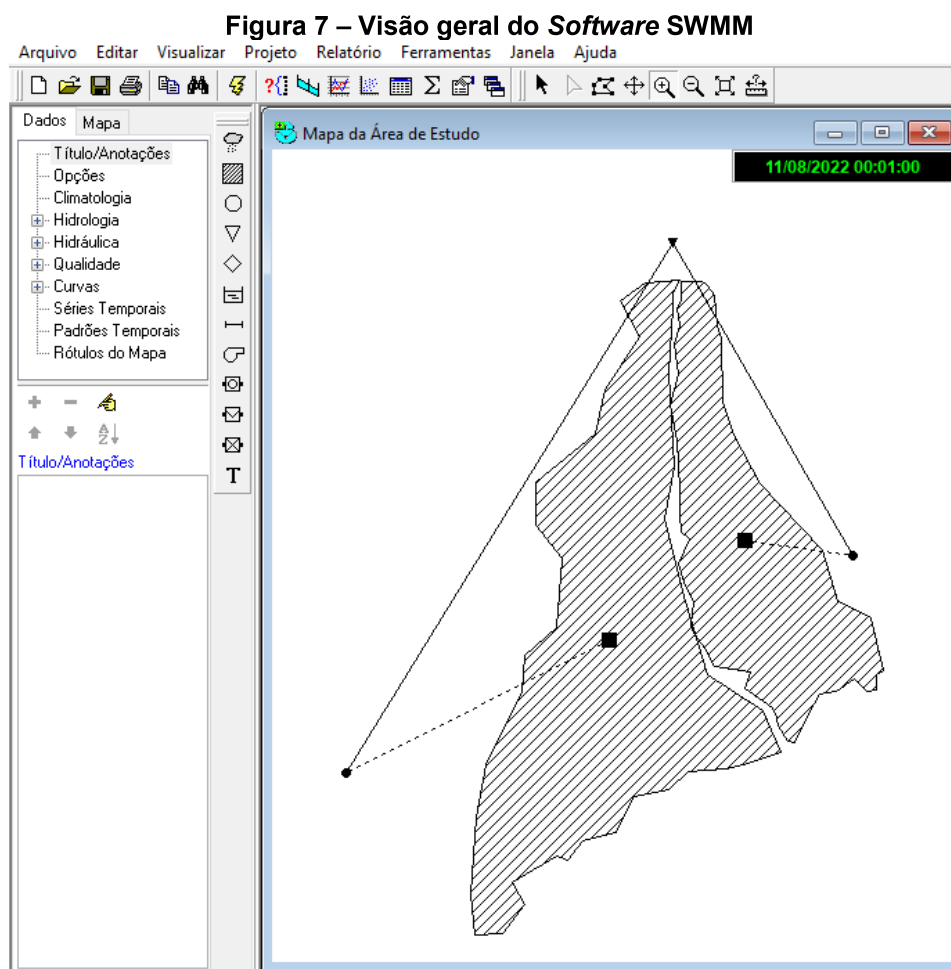
premium. Para definir o cenário futuro será comparado o uso atual com o plano diretor do município de Campo Mourão (Anexo A), onde será separadas as regiões que não sofrerão mudança de uso do solo para uso residencial ou industrial daquelas que se manterão permeáveis, como controle será calculado outros 2 cenários passados, um antes de quaisquer intervenções humanas e outra antes da existência dos bairros e com uso agrícola que baseado em imagens de satélite passadas se dão por volta de 2010. Em relação as áreas de proteção ambiental existentes, como não é possível prever se possuirão alterações, como supressão ou ampliação, ou então mudança na legislação ambiental, sejam área de preservação permanente ou não, serão mantidas as mesmas áreas em todos os cenários (Figura 6).

Figura 6 - Delimitação das sub-bacias de estudo



Fonte: Autoria própria (2022)

O corpo hídrico será considerado uma tubulação retangular aberta com a largura próxima ao valor de ocupação do corpo hídrico, as sub-bacias serão ligadas com os nós até encontrar o exultório (Figura 7). A taxa de declividade e cota altimétrica são as fornecidas pela MDE, os condutos levarão em consideração a rugosidade do número de manning (tabela 1).



Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 1 - Número de Manning utilizado no software.

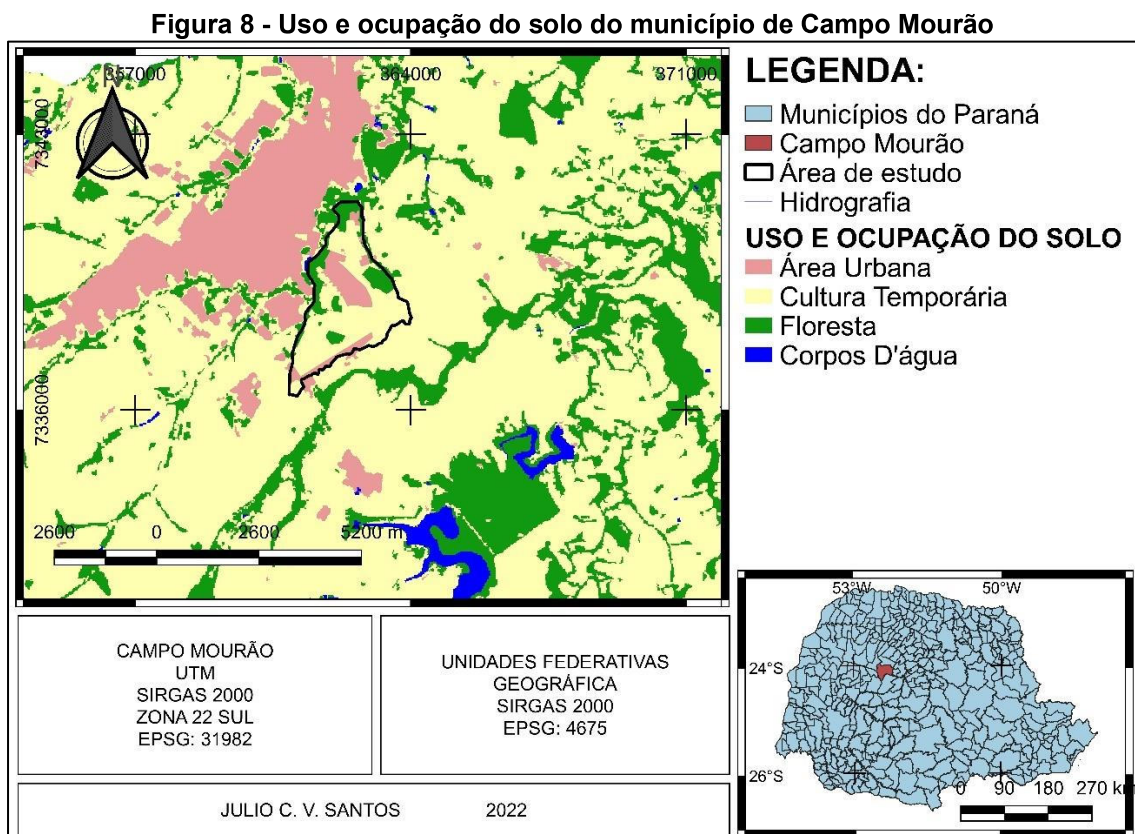
Natureza das Paredes	Condições			
	Muito Boa	Boa	Regular	Ruim
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,04	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,03	0,033	0,035
Condutos de barro vitrificado, de esgotos	0,011	0,013	0,015	0,017
Condutos de barro, de drenagem	0,011	0,012	0,014	0,017
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,03	0,035	0,04

Fonte: Cirilo et al. (2003) Adaptado.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Permeabilidade do solo

A ocupação do solo no município é predominantemente de cultura temporária ocupando quase um terço do território, principalmente pela vantagem do tipo do solo local e relevo tenderem para o suave ondulado, em seguida, carregado principalmente pelas áreas de preservação e unidades de conservação tem-se a formação florestal, com presença de diversos fragmentos, e por fim a área urbanizada é pequena, em especial pela vasta área territorial que supera os 749 km² com população moderada, que não ultrapassa os 100 mil habitantes (Figura 8).



Fonte: Autoria própria (2022).

Dentro da área de estudo no cenário atual a área urbana, com seus loteamentos ainda não totalmente preenchidos ocupa quase um quinto da área, sendo dominante a cultura temporária seguindo valores próximos aos do município com valores superior a 59% do espaço, mas quando comparado a 10 anos atrás como mostra a imagem de uso dessa data pelo MapBiomias, perdeu cerca de 138 hectares para os novos bairros (Tabela 2).

Tabela 2 - Uso e ocupação do solo do município de Campo Mourão.

Classe	Área (Km ²)	Proporção (%)
Formação Florestal	197,589	26,36%
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,009	0,00%
Pastagem	26,749	3,57%
Agricultura	474,752	63,33%
Silvicultura (monocultura)	15,851	2,11%
Área Urbanizada	27,511	3,67%
Rio	7,177	0,96%
Total	749,638	

Fonte: Autoria própria (2022).

O solo com maior ocorrência no município é o Latossolo Vermelho, devido a escala de precisão do mapa todo o solo da área de estudo está dentro dessa classe, porém possui transição de solo para o Nitossolo.

Dentre as ocorrências de solo aquela que tem a pior permeabilidade é o Neossolo, este totalmente fora da área de estudo, inclusive não possui nem interferência indireta, como a montante do rio do Campo, já o Latossolo que por característica costumam ser mais profundos permitem uma infiltração maior, aumentando conseqüentemente tempo para carregar de água até a camada de água subterrânea ou impermeável.

Levando em consideração todas as ponderações de permeabilidade, profundidade e classificação do solo local são aplicados igualmente a todos os cenários separando-se em 3 tipos de uso do solo, urbano aquele voltado para uso residencial, comercial e industrial, cultura temporária apontada para as atividades agrossilvipastoril e por fim o florestal como fragmentos de vegetação (Quadro 3).

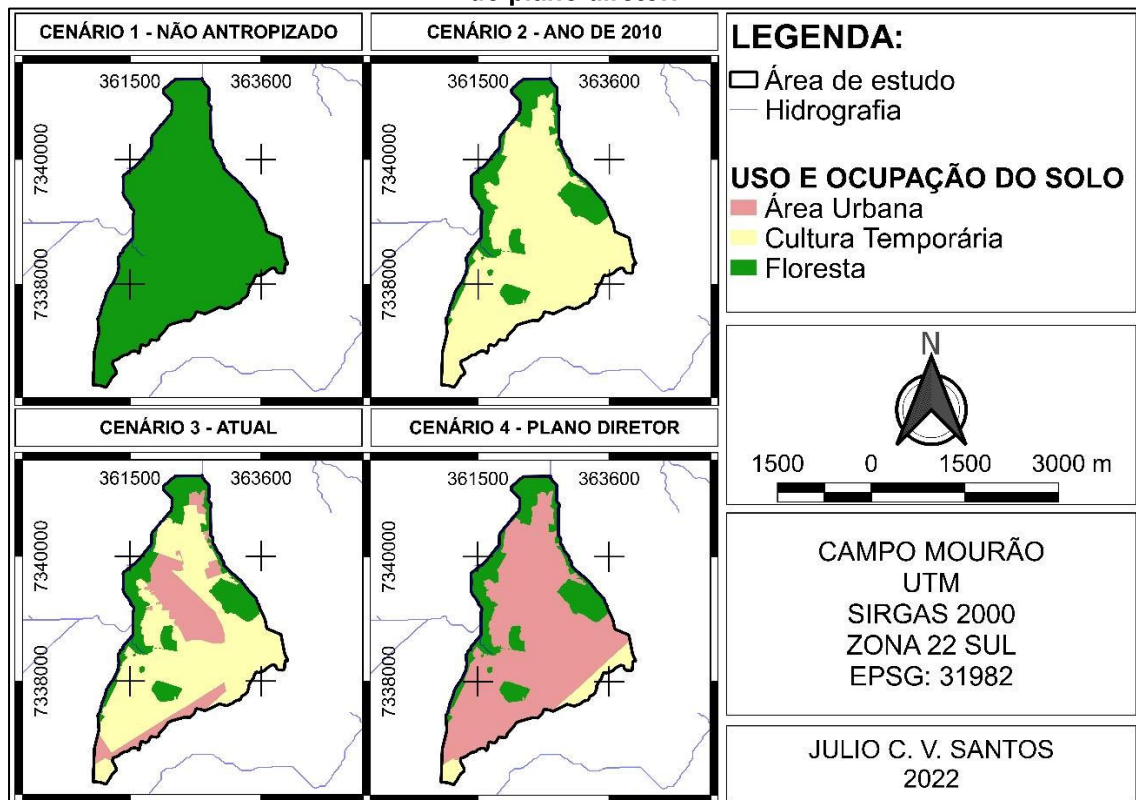
Quadro 3 – Evolução do uso e ocupação do solo da área de estudo.

Cenários de estudo		Área urbana	Cultura Temporária	Floresta
Cenário 1 Sem alterações humanas	Área (ha)	-	-	711,679
	Proporção	0%	0%	100%
Cenário 2 Ano de 2010	Área (ha)	-	563,267	148,413
	Proporção	0%	79,15%	20,85%
Cenário 3 Atual	Área (ha)	139,018	424,515	148,146
	Proporção	19,53%	59,65%	20,82%
Cenário 4 Plano Diretor	Área (ha)	523,402	39,865	148,413
	Proporção	73,54%	5,60%	20,85%

Fonte: Autoria própria (2022).

Outro fator, agora de origem não natural é a ocupação do solo, como construções e pavimentações, atualmente a delimitação urbana tem área de quase 20%, mas com um loteamento em estágio inicial e outro em fase de finalização de pavimentação para então iniciar sua ocupação, com solo desocupado e exposto em ambos os casos, atualmente permite boa infiltração, entretanto menor que se houvesse algum tipo de vegetação. A fração pertencente a agricultura tem melhor retenção de água, principalmente em períodos com plantio próximo de sua colheita, ou se aplicadas práticas conservacionistas, como por exemplo o plantio direto, que aumenta a capacidade de infiltração de água (Figuras 8 e 9).

Figura 9 - Evolução do uso e ocupação do solo em 4 cenários; Cenário 1 – Área de estudo antes de possuir intervenções humanas; Cenário 2 – Região antes da instalação do primeiro bairro na região; Cenário 3 – Uso do solo atual; Cenário 4 – Uso do solo seguindo as diretrizes do plano diretor.



Fonte: Autoria própria (2022).

Com a aprovação do novo plano diretor, se a área for modificada conforme seus moldes, a agricultura será praticamente extinta, restando somente um fragmento dentro da bacia a sul da rodovia BR-487.

Utilizando como base o método SCS de *curva number* observa-se que a região atualmente possui um valor bem aproximado das especificações para cultura temporária (Tabela 3) e converge para uma boa infiltração de água.

Tabela 3 - CN médio para as bacias de estudo.

	CN médio rio do Campo	CN médio afluente
Cenário 1	70,00	70,00
Cenário 2	76,36	76,28
Cenário 3	78,86	78,33
Cenário 4	85,40	84,68

Fonte: Autoria própria (2022).

6.2 Tempo de Concentração e Hietograma

Como o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica baseia-se em estudos empíricos, principalmente pela complexidade de elementos que possui influência, existem várias fórmulas para determiná-las, cada uma com suas particularidades que devem ser levadas em consideração, utilizou-se 3 que melhor se adequam para o local, obtendo um tempo médio de 97 minutos para a margem esquerda do rio do campo e 43 minutos para seu afluente (Tabela 4 e Figura 10).

Tabela 4 - Comparação do tempo de concentração para as 2 sub-bacias.

Tempo de Concentração (Horas)	Rio do Campo	Afluente
Kirpch	1,535	0,607
Carter	1,147	0,556
Vente Chow	2,175	1,005
Média	1,619	0,723
Variância	0,269	0,060
Desvio Padrão	0,424	0,201

Fonte: Autoria própria (2022).

Como a variedade de fórmulas empíricas que atende faixas específicas de comprimento do corpo hídrico ou área da bacia, existem diversas recomendações que devem combinadas para obter uma média dos resultados. As 3 equações para as 2 sub-bacias deram valores que se destoam bem, para o rio do Campo o valor de Vente Chow foi próximo do dobro do encontrado em Carter, com desvio padrão de 0,424 e 0,201 respectivamente.

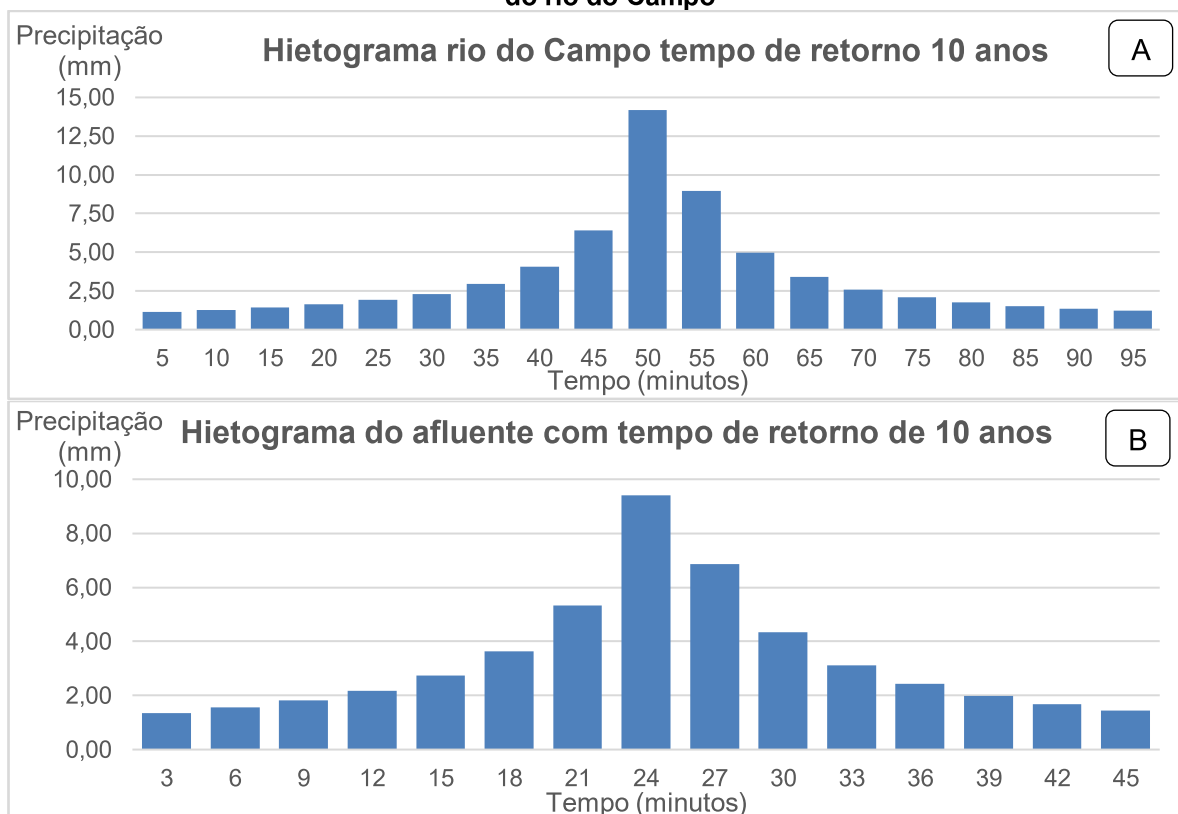
Observa-se que a equação de Kirpch foi aquela que mais se aproximou da média, algo interessante pois ela é indicada para bacias de características mais urbanizada, Silveira (2005) explica que este método se mostrou bem aderente e satisfatório para bacias de até 26 km², cerca de 57 vezes maior que a recomendação de Tucci (2003) e com boa validação na hidrologia brasileira. No caso das fórmulas

de Ven te Chow Silveira (2005) indica para bacias mais rurais e para Carter, Tucci (2003) e Silveira (2005) indicam as mesmas condições de uso.

Considerando a área da bacia, os tempos de concentração são curtos, mas como não são dois corpos hídricos longos, os valores são satisfatórios para estudar a evolução da alteração da ocupação.

Alencar, Da Silva, Oliveira (2006) explicam em seu estudo com 8 anos de dados históricos de precipitação no córrego da Capetinga no Distrito Federal que as variáveis, precipitação total, intensidade e precipitação antecedente tem impacto significativo no valor final do escoamento superficial, como este estudo não leva em consideração precipitação antecedente, em projetos de mitigação essa variável é imprescindível para a segurança das instalações.

Figura 10 - Hietograma de precipitação com o tempo de retorno de 10 anos; A) Tempo de retorno para a sub-bacia do rio do Campo; B) Tempo de retorno para a sub-bacia do afluente do rio do Campo



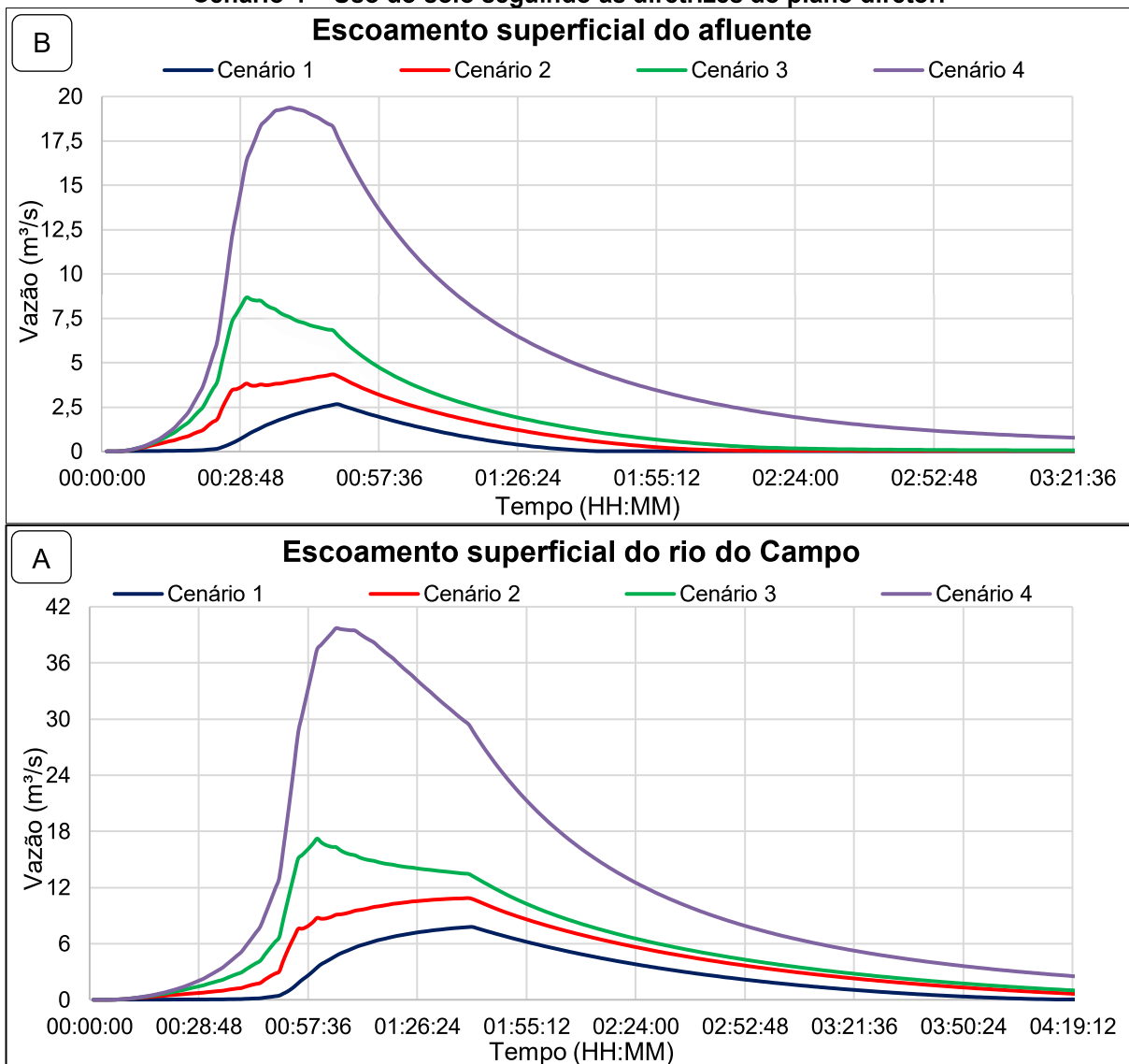
Fonte: Autoria própria (2022).

Com o tempo de retorno de 10 anos para as duas sub-bacias, tem-se uma precipitação com pico de 14,19 mm e 9,41 mm, valor bem expressivos para local com impermeabilização avançada, pois pode provocar grande volume de escoamento superficial.

6.3 Escoamento superficial

O escoamento superficial apresentou um aumento abrupto de vazão entre o modelado atualmente e a projeção futura, com uma diferença de 56,64% entre seus valores, sendo o pico de vazão de 39,71 m³/s após 65 minutos do início da precipitação. O afluente apresentou valores semelhantes para a comparação do uso atual com a projeção futura (Figura 11).

Figura 11 – Escoamento superficial; A) sub-bacia do rio do Campo; B) Afluente do rio do Campo; Cenário 1 – Área de estúdio antes de possuir interverências humanas; Cenário 2 – Região antes da instalação do primeiro bairro na região; Cenário 3 – Uso do solo atual; Cenário 4 – Uso do solo seguindo as diretrizes do plano diretor.



Fonte: Autoria própria (2022).

A menor diferença está entre o primeiro cenário e o uso agrícola, de 28,36%, principalmente pelo CN entre a agricultura e floresta estarem próximos, mas ainda

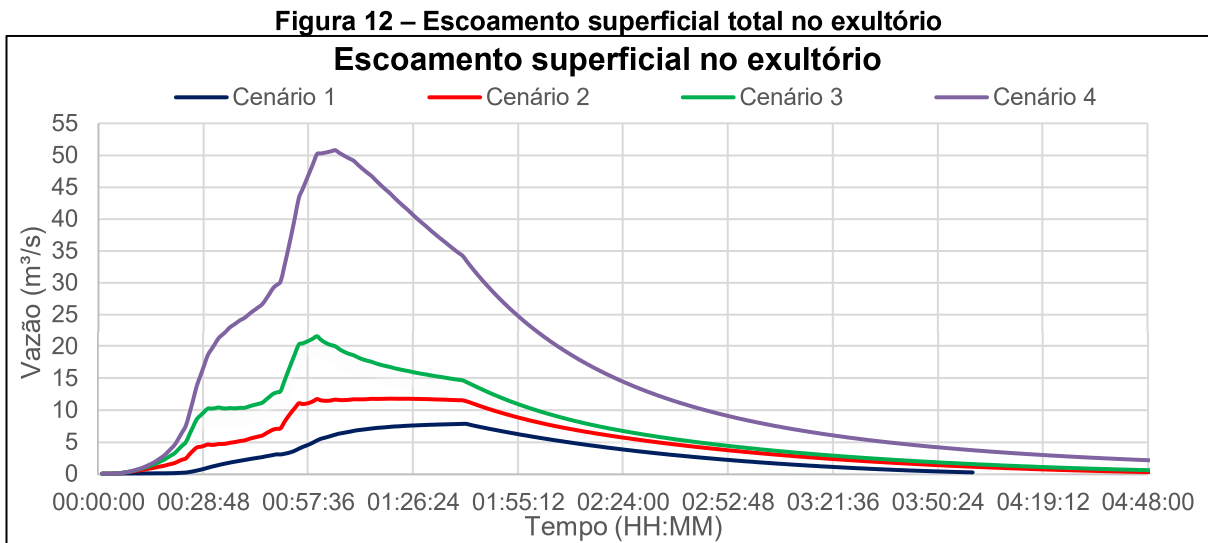
assim tem um aumento entre as duas composições de cerca de 3,08 m³/s na vazão de pico, o afluente teve uma variação maior nesse cenário pois o CN apresentou diferença maior, assim a redução de infiltração provoca um aumento na diferença, para 38,71%.

O tempo de para alcançar a vazão de pico foi diferente em todos os cenários, no primeiro foi constatado em 101 minutos e 100 minutos para o segundo, ocorrendo mais cedo e próximo o valor da projeção atual e futura foram de 60 minutos e 65 minutos, respectivamente.

Santos e Arantes (2020), observaram uma vazão de pico de 53 m³/s em seu estudo para uma bacia a margem direita do rio do Campo, e com uma área menor com pico, de cerca de 343 ha, como sua bacia tem ocupação urbana superior as apresentadas quando comparada com o cenário do plano diretor, mostra um valor coerente de vazão, ainda mostra que quando somar a vazão do vale da bacia potencializa os efeitos desse estudo.

Conforme explica Pommer (2015) em seu estudo baseado no rio Km 119 em Campo Mourão, o escoamento onde foi registrado maior vazão foi naquela com maior urbanização, ainda o tempo para atingir vazão de pico diminui, assim quanto maior a impermeabilização maior a vazão em menos tempo de precipitação.

O impacto das duas sub bacias no exultório é percebido quando os projetos são simulados simultaneamente, onde existem 2 picos, o primeiro ocorre de forma sutil, próximo aos 28 minutos após início da chuva (Figura 12), a contribuição do escoamento mostrado na Figura 11 mostra uma ascendente entre os 30 a 50 minutos, assim quando o a contribuição do afluente começa e reduzir tem-se o maior pico de vazão, isso acaba impactando na soma das duas vazões, provocando um impacto maior a jusante do exultório.



Fonte: Autoria própria (2022).

No quarto cenário o impacto da impermeabilização é percebido por um fator importantíssimo descrito anteriormente, os picos são mais sutis, aparentando até não ter 2 sub-bacias de tamanho, largura do corpo hídrico principal e tempo de precipitação, observa-se que o valor da vazão de pico é de 50,78 m³/s após 65 minutos de precipitação, quando comparado com o escoamento da sub-bacia do rio do Campo constata-se uma vazão de 39,71 no mesmo tempo de pico, ou seja, os picos das duas sub-bacias quase se encontram.

Santos e Arantes (2018) estudou a bacia do rio do Campo a montante do Parque municipal Joaquim Teodoro de Oliveira e obteve uma vazão de pico superior a 165 m³/s, veja que sua bacia de estudo possui uma área superior a 2700 hectares, ou seja, com uma bacia de área superior a 68% desse estudo obteve uma vazão quase 70%. Além do impacto da urbanização a vazão a montante também é um fator potencializador.

Como forma de controle da drenagem urbana por meio de armazenamento do escoamento superficial, percolação e infiltração interferem diretamente do hidrograma da drenagem urbana, além de provocar a recarga de aquíferos subterrâneos e controle da poluição pluvial difusa, mas as vezes não são capazes de controlar enchentes (NASCIMENTO; HELLER, 2005).

Para minimização deve-se observar opções de engenharia que enfraqueça os picos, mas como fazer o amortecimento dessa vazão não é simples, Moura, Barraud e Baptista (2010) explicam que uma solução para reduzir o impacto da vazão em ambientes urbanos é o uso de bacias de amortecimento, mas como qualquer

modificação no ambiente deve-se levar em consideração vários aspectos, como o risco de inundação, contribuição à recarga de aquíferos, tipo do solo, poluição do solo, produção de resíduos sólidos, segurança dos usuários, baixo custo e boa aceitação social.

Soluções de engenharia como as bacias de infiltração são capazes de reduzir até 40% da vazão efetiva de uma chuva crítica, mas para isso a limpeza da caixa deve ser monitorada incessantemente para realizar limpeza do acúmulo de solo e resíduos, pois assim sua capacidade de armazenamento é mantida (CAMPANA; BERNARDES; DA SILVA JR, 2007).

7. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a importância de *softwares* como ferramenta para estudar elementos da natureza com uma gama de variáveis sensíveis e interligadas, que acelera o avanço científico e tecnológico, ainda permite estudos mais detalhados.

Foi possível mostrar de forma prática e conceitual que a mudança do uso do solo pelo homem interfere na qualidade ambiental. A hipótese levantada de que a impermeabilização do solo pode provocar aumento da vazão com o avanço e crescimento da cidade, foi confirmada, ainda levanta outros questionamentos de como minimizar seus impactos de forma viável e com o mínimo de alteração ambiental.

Com um aumento superior a 57% entre a ocupação do solo atual e a projeção do plano diretor, isso pode trazer diversos impactos negativos ao corpo hídrico, como carreamento de solo, de sólidos e poluição difusa, implantação de bacia de infiltração deve ser ponderado como ferramenta mitigatória.

Os resultados apresentados são considerados como teóricos, pois a região carece de parâmetros pluviométricos e fluviométricos aprofundados, que permitem realizar estudos de calibração do sistema e executar testes mais assertivos. Todavia, os dados existentes permitem a elaboração de projeções.

Dessa forma o uso de *softwares* mostra-se relevante para o estudo de projeção de riscos de inundações e enchentes ligadas as galerias pluviais urbanas, realizar previsões de risco para prever medidas de controles ambientalmente adequadas. Recomenda-se também estudos de calibração de parâmetros hidrológicos para a bacia do rio do Campo, permitindo assim estudos mais assertivos no que tange as bacias hidrológicas.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Danielle. DA SILVA, Cícero, OLIVEIRA, Carlos A. da S. Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 103-112, 2006 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000100012>. Acesso: 10 nov. 2022.
- ALVARES, Clayton Acarde., STAPE, José Luiz, SENTELHAS, Paulo Cesar, GONÇALVES, José Leonardo; SPAROVEK, Gerd, Köppen's climate classification map for Brazil. **Ed. Meteorologische Zeitschrift**. Volume 22, Número 6, Stuttgart, 2013.
- ARANTES, Eudes José; CARVALHO, Karina Querne de; PASSIG, Fernando Hermes; KREUTZ, Cristiane; ARANTES, Elizangela de Abreu. Análise das chuvas intensas da região noroeste do Paraná. **OLAM – Ciência & Tecnologia**, Rio Claro, v.1, n. 2, p. 31-47, 2009.
- ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; GOLDENFUM, Joel Avruch. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 5, n. 3, p. 21-29, 2000.
- BHERING, Silvio Barge; SANTOS, Humberto Gonçalves dos (Ed.). **Mapa de solos Estado do Paraná: legenda atualizada**. Embrapa Solos: Rio de Janeiro: Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2008. 74 p. 1 mapa escala 1: 600.000; formato A0.
- BRAGA, Benedito Pinto Ferreira. Gerenciamento urbano integrado em ambiente tropical. **Seminário de Hidráulica Computacional aplicada a problemas de drenagem urbana**. São Paulo, ABRH, 1994.
- BRASIL. **Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007**. Regulamenta as diretrizes para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 25 ago. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 13308, de 16 de julho de 2016**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, determinando a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, p. Pagina 1, 16 jun. 2016. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13308-6-julho-2016-783318-publicacaooriginal-150720-pl.html>. Acesso em: 25 ago. 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo hidrológico**. Águas subterrâneas e o ciclo hidrológico, 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>. 10 out. 2022
- BORSATO, Victor da Assunção; O clima de campo mourão e eventos intensos. **IX ECPT - Encontro de Produção Científica e Tecnológica**. Unespar–Campus de Campo Mourão. Campo Mourão, 2010.
- CAMPO MOURÃO. **Lei Municipal nº 3993 de 20 de março de 2019**. Dispõe sobre o Plano Municipal de Saneamento Básico. Diário Oficial do Estado, Campo Mourão,

PR, 20 mar. 2019. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pr/c/campo-mourao/lei-ordinaria/2019/399/3993/lei-ordinaria-n-3993-2019-dispoe-sobre-o-plano-municipal-de-saneamento-basico-cria-o-sistema-o-conselho-e-o-fundo-municipal-de-saneamento-basico-do-municipio-de-campo-mourao-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 27 mai. 2023.

CASSOL, Elemar Antonino; CANTALICE, José Ramon Barros; MONDARDO, Arcângelo. escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo franco-argilo-arenoso com resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 685-690, 2004.

CAMPANA, Néstor Aldo; BERNARDES, Ricardo Silveira; DA SILVA JR, Jolival Antonio. Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial urbano com bacias de retenção. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 2, n. 3, p. 98-111, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000300092>. Acesso em: 10 nov. 2022

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Ed. Oficina de textos, São Paulo, 2ª ed, 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=BPAtCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP25&dq=drenagem+urbana&ots=9XkiOpUbb4&sig=xoWhFLJIWju3gSDr7Iir2XKbQMM#v=onepage&q=drenagem%20urbana&f=false> Acesso em: 26 set. 2020

CASTRO, Andréa Souza; GOLDENFUM, Joel Avruch. Uso de telhados verdes no controle quantitativo do escoamento superficial urbano. Atitude, Construindo Oportunidades: **Revista de divulgação científica da Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre**, Porto Alegre, v. 4, n. 7, p. 75-81, 2010.

CHOW, Ven Te; MAIDMENT, David R.; MAYS, Larry W. **Applied hydrology**. Ed. Water Resources and Environmental Engineering. New York: McGraw-Hill, 1988. 572 p.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 94-108, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042019S307>. Acesso em: 26 set 2020.

CIDADE EM REVISTA©. **Campo Mourão 67 Anos - nossa rica história**. Campo Mourão, 2020. Disponível em: <http://www.cidadeemrevista.com/campo-mourao-67-anos-nossa-rica-historia/>. Acesso em: 26 set. 2020.

CIRILO, José Almir; BAPTISTA, Márcio Benedito; COELHO, Márcia Maria Lara Pinto; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira; MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima; AZEVEDO, José Roberto Gonçalves; MASCARENHAS, Flávio Cesar Barba; CANALI, Gilberto Valente. **Hidráulica Aplicada**. 2ª Edição Revista e Ampliada. 8. ed. Porto Alegre: ABRH, 2003. v. 1. 621p

COLLISCHON, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, v.1, 2013. 350 p.

CONRAD, Olaf., BECHTEL, Benjamin., BOCK, Michael., DIETRICH, Helge, FISCHER, Eike K., GERLITZ, Lars, WEHBERG, Jan, WICHMANN, Volker. e BÖHNER, Juergen. **Sistema para Análises Geocientíficas Automatizadas (SAGA®) v. 2.1.4**, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>, 2015.

GALDINO, Sérgio; VICTORIA, Daniel de Castro. **Hidrologia**. Geotecnologias e geoinformação. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.119-1134.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. Editora Blucher, 2ª ed. p. 304, São Paulo, 1988.

GUIMARÃES, Rita. Cabral, SHAHIDIAN, Shakib, RODRIGUES, Carlos Miranda. **Hidrologia Agrícola**, ISBN: 978-989-8550-40-8. ECT e ICAAM. Ed. Évora, 2ª edição. 1-4, 2017. Disponível em: <http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/22472>. Acesso em: 10 out. 2022

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas territoriais**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html> Acesso em: 20 ago. 2021

JAXA/METI ALOS PALSAR. L1.0 ©. 2011. Disponível em: [https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=7.784¢er=-51.490,-25.536&dataset=ALOS&polygon=POLYGON\(\(-53.3348%20-24.9064,-51.5912%20-24.9064,-51.5912%20-23.5959,-53.3348%20-23.5959,-53.3348%20-24.9064\)\)&resultsLoaded=true&granule=ALPSRP218516700-RTC_HI_RES&productTypes=RTC_HI_RES&beamModes=FBS&polarizations=HH](https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=7.784¢er=-51.490,-25.536&dataset=ALOS&polygon=POLYGON((-53.3348%20-24.9064,-51.5912%20-24.9064,-51.5912%20-23.5959,-53.3348%20-23.5959,-53.3348%20-24.9064))&resultsLoaded=true&granule=ALPSRP218516700-RTC_HI_RES&productTypes=RTC_HI_RES&beamModes=FBS&polarizations=HH) Acesso em: 10 out. 2022.

JONES, Jonathan. E. BMP Performance and receiving water impacts. **Water Resources IMPACT**. 6. ed. Nov. 2001.

KÖPPEN, W. **Climatologia. Com um estúdio de los climas de la tierra**. México. FCE. 1948. p. 482-487.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomass – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**, 2021. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 10 nov. 2021.

MARTINS, José Rodolfo Scarati. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?**. Artigo Científico, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo v. 1, p. 11, São Paulo, 2012.

MEZZOMO, Maristela Moresco. Caracterização Geoecológica do Trecho Superior da Bacia Hidrográfica do Rio Mourão-PR: subsídio ao planejamento da paisagem. **Geoiingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE/UEM)**, v. 5, n. 1, p. 18-38, 2013.

MICROSOFT©. **Bing Maps – Satélite**. Consultado em 2021.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Paraná**. Mineralogia do Paraná. Curitiba: Mineropar, 2006. Escala Base:250.000 Modelos reduzidos 1:500.000. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/atlas_geomorforlogico_parana_2006.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

MOURA, Priscilla Macedo; BARRAUD, Sylvie; BAPTISTA, Márcio Benedito. Metodologia para avaliação de sistemas de infiltração de águas pluviais urbanas – fase de concepção. **Revista de Gestão de Água da América Latina–REGA**. v. 7, n. 2, p. 5-16, 2010.

NASCIMENTO, Nilo. Oliveira.; HELLER, Léo. **Ciência, Tecnologia e Inovação na Interface entre as Áreas de Recursos Hídricos e Saneamento**. Eng. Sanitária e ambiental, v. 10, n. 1, p. 36-48, jan./mar. 2005.

NITSCHKE, Pablo Ricardo; CARAMORI, Paulo Henrique; RICCE, Willian da Silva; PINTO, Larissa Fernandes Dias. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019

PINTO, Liliane Lopes Costa Alves. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/T.3.2011.tde-31082011-160233. Acesso em: 2022-11-16.

POMMER, Junior. **Estudo da variação do deflúvio direto em cenários de ocupação urbana utilizando a ferramenta SWMM**. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016-2018. **QGIS Geographic Information System, Open Source Geospatial Foundation Project**. Disponível em: <http://www.qgis.org>

RENNÓ, Camilo D.; SOARES, João V. **Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental**, INPE, Relatório Técnico Parcial, 2000. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/modelagem/relatorio_modelos_hidrologicos.pdf>. Acesso em: 17 nov 2020.

ROSSMAN, Lewis A. **Storm Water Management Model. version 5.0 User's Manual. Cincinnati (USA)**: United States Environmental Protection Agency. 295 p. 2010.

SANTOS, Julio Cezar Vasconcelos dos; ARANTES, Eudes José. Drenagem Urbana do município de Campo Mourão: dados essenciais para um projeto seguro. **X SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E INOVAÇÃO DA UTFPR, 2020**. p. 1-8. Disponível em: <http://seisicite2020.td.utfpr.edu.br/node/4869>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SANTOS, Julio Cezar Vasconcelos dos; ARANTES, Eudes José. Determinação da vazão máxima da Bacia do Rio do Campo pelo programa SWMM. **XIII SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E INOVAÇÃO DA UTFPR**, 2018. p. 1-8. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br//sei>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SILVA, Jorge Luis et. Al. Drenagem urbana: Saneamento básico e controle de enchentes. **Ed. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. v. 3, n. 3, p. 2472-2477, 2020.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10 n.1, p. 5-23, 2005.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; SILVEIRA, André. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7 p. 05-27, Porto Alegre, 2001.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Drenagem urbana**. Ciência e cultura, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003.

URBONAS, Ben; STAHRÉ, Pedro. **Águas Pluviais: Melhores práticas de gestão e retenção para a qualidade da água, drenagem e gestão de OSC**. 1993.

ANEXO

Anexo A - Plano diretor de Campo Mourão

