

intrinsecamente relacionada ao relevo e aos perigos de deslizamentos, enquanto a planície alta enfrenta o risco de ser coberta por água em eventos de chuvas extremas.

Tabela 20: Número de unidades residenciais em cada classe HAND.

Classes HAND	D _∞					
	Área (km ²)	Porcentagem	Contagem (unid.)	Telhados (km ²)	Porcentagem	Residências por área (unid./km ²)
Planície alta HAND < 1,83 m	3,31	17,57%	1308	0,148	12,50%	394,69
Planície média 1,83 ≤ HAND < 3,66 m	2,41	12,78%	1483	0,175	14,78%	615,10
Planície baixa 3,66 ≤ HAND < 5,50 m	2,20	11,65%	1514	0,183	15,46%	688,81
Ecótono 5,50 ≤ HAND ≤ 15,00 m	7,17	38,01%	3698	0,512	43,24%	515,62
Encosta HAND > 15 m e declividade ≥ 7,6%	2,65	14,04%	627	0,071	6,00%	236,69
Platô HAND > 15 m e declividade < 7,6%	1,12	5,95%	670	0,095	8,02%	596,62
TOTAL	18,87	100%	9300	1,184	100%	492,92

Fonte: Autora (2024).

A Tabela 21 destaca a distribuição do uso e ocupação nas sub-bacias do grupo 26. Observa-se que essas sub-bacias apresentam uma maior urbanização em comparação com os resultados médios obtidos para todas as sub-bacias. Essa constatação é respaldada pelo fato de que a área urbana possui influência mais significativa para cada classe HAND. Enquanto, para todas as bacias, a área urbana total representa 12,84%, nas sub-bacias do grupo 26, essa proporção atinge 25,89%.

Tabela 21: Relação entre HAND e uso e ocupação da terra das sub-bacias do grupo 26.

D _∞	Água (km ²)	Área urbana (km ²)	Calçada (km ²)	Pavimento asfáltico (km ²)	Pavimento intertravado (km ²)	Pavimento em terra (km ²)	Sem vegetação rasteira (km ²)	Linha férrea (km ²)	Vegetação rasteira (km ²)	Vegetação rasteira densa (km ²)	Total (km ²)
Planície alta	0,019	0,044	0,003	0,014	0,003	0,022	0,050	0,000	0,068	0,034	0,257
	7,39%	17,12%	1,17%	5,45%	1,17%	8,56%	19,45%	0,07%	26,45%	13,19%	100,00%
Planície média	0,000	0,057	0,004	0,014	0,003	0,019	0,057	0,001	0,063	0,022	0,240
	0,02%	23,76%	1,67%	5,84%	1,25%	7,92%	23,76%	0,42%	26,22%	9,15%	100,00%
Planície baixa	0,000	0,057	0,004	0,017	0,001	0,018	0,073	0,001	0,042	0,010	0,223
	0,00%	25,58%	1,80%	7,63%	0,45%	8,08%	32,76%	0,27%	19,03%	4,40%	100,00%
Ecótono	0,005	0,180	0,003	0,049	0,002	0,033	0,196	0,003	0,122	0,022	0,615
	0,81%	29,28%	0,49%	7,97%	0,33%	5,37%	31,88%	0,49%	19,76%	3,63%	100,00%
Encosta	0,000	0,030	0,000	0,001	0,001	0,005	0,020	0,000	0,040	0,020	0,117
	0,00%	1,13%	0,00%	0,04%	0,04%	0,19%	0,77%	0,00%	1,50%	0,74%	4,40%
Platô	0,000	0,024	0,000	0,004	0,001	0,002	0,010	0,000	0,019	0,002	0,063
	0,00%	38,05%	0,00%	6,34%	1,59%	3,17%	16,49%	0,00%	30,56%	3,80%	100,00%
Total (km ²)	0,024	0,392	0,014	0,099	0,011	0,099	0,407	0,005	0,354	0,110	1,514
	1,59%	25,89%	0,92%	6,54%	0,73%	6,54%	26,86%	0,32%	23,37%	7,25%	100,00%

Fonte: Autora (2024).

7.2 MODELAGEM HIDROLÓGICA

A modelagem hidrológica para as sub-bacias serviu como alicerce para todas as análises subsequentes. O modelo foi construído, visando garantir que as entradas refletissem com a maior precisão possível a realidade.

A análise das sub-bacias teve como propósito simular o comportamento hidrológico da região, vale ressaltar que essa localidade carece de dados de vazões ou qualquer outro tipo de monitoramento que seriam úteis para a pesquisa. Embora tenham sido realizados diversos

estudos nas bacias urbanas de Lages, como os de Padilha (2017), Makrakis (2017), Liz (2018), Magro (2021), Primo (2022), é importante destacar que essas análises se concentraram na porção inferior da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, onde encontra-se o exutório, no rio Caveiras. O foco desses trabalhos era avaliar, de formas e metodologias distintas, as influências do rio Caveiras nas inundações nas bacias urbanas, deixando, assim, a área de estudo fora do escopo das pesquisas, por estar em uma parcela a montante.

7.2.1 Sub-bacias

Os primeiros elementos definidos no modelo foram as sub-bacias, cuja relevância é destacada pela demanda substancial de dados de entrada. Essa necessidade decorre da capacidade das sub-bacias de armazenar informações importantes, como dados relativos ao uso e ocupação da terra, além de dados pluviométricos, os quais desempenham um papel fundamental na análise.

Antes de proceder à análise dos dados hidrológicos associados às sub-bacias, é preciso validar a discretização dessas áreas. Conforme preconizado por Guo; Urbonas (2009), é necessário determinar a largura característica do fluxo. A discretização, implementada com base em dois limiares (75 ha e 5 ha), possibilitou a organização eficiente das sub-bacias, além de posicionar adequadamente seus exutórios, a fim de facilitar a avaliação da influência de tubulações, galerias e pontes. Entretanto, foi necessário realizar a validação topológica de maneira manual.

A análise da conformação das sub-bacias teve início mediante a mensuração do canal principal coletor, aliada à determinação das cotas máximas e mínimas do talvegue. Com esses dados, o primeiro parâmetro avaliado foi o coeficiente de assimetria, no qual todos os valores demonstraram-se superiores a 0,5 e inferiores a 1,0, de acordo com o estabelecido por Guo; Urbonas (2009).

Subsequente à fase de verificação da assimetria, procedeu-se à análise do fator de forma no plano real (X), que não deve ultrapassar o limiar estabelecido (K), situado entre 4 e 6. Todas as sub-bacias apresentaram valores de $X \leq 6$, em consonância com as recomendações de Guo; Urbonas (2009). A determinação do limiar K seguiu a classificação definida na Tabela 22.

Tabela 22: Definição do limiar K com base no fator de forma.

Fator de forma (X)	Limiar (K)
$X \leq 4$	4
$4 < X \leq 5$	5
$5 < X \leq 6$	6

Fonte: Autora (2024).

A partir da validação geométrica das sub-bacias, foi possível determinar o fator de forma no plano OC (Y). Após a definição desse parâmetro, tornou-se viável estabelecer as grandezas geométricas características do escoamento superficial, a largura (L_w) e o comprimento (X_w). Esses parâmetros foram calculados para as 79 sub-bacias e estão disponíveis para consulta no Apêndice A, além do fator de forma no plano real (X) e o limiar do fator de forma (K).

Posterior a definição da largura característica das sub-bacias, realizou-se a análise detalhada do uso e ocupação da terra em cada uma delas. Os dados correspondentes a cada sub-bacia são apresentados no Apêndice B. Nesse estão detalhadas as áreas de cada classe, bem como o percentual correspondente na sub-bacia em questão.

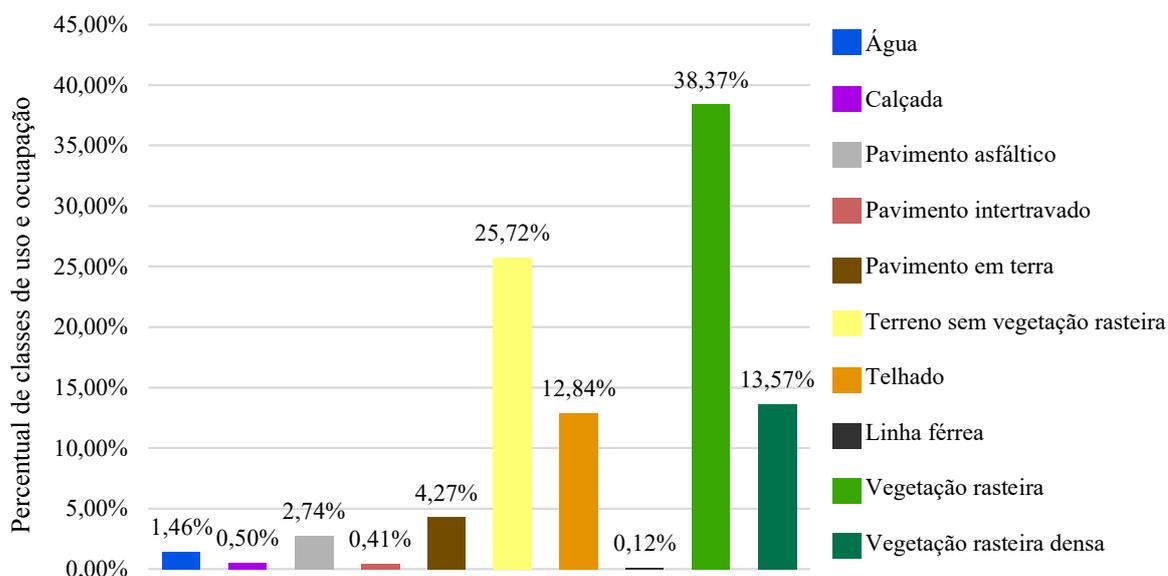
Nessa perspectiva, há a possibilidade de mitigar esses desafios e fomentar o desenvolvimento sustentável na região, por meio da ocupação planejada nas áreas a montante com a gestão integrada do uso da terra. A substituição de classes de uso mais permeáveis, por outras formas de ocupação, pode resultar no aumento da impermeabilidade da superfície que acarreta maior volume de água escoada (Jongman, 2018; Kim; Marcouiller, 2018; Lima; Barbosa, 2019; Paterson; Wright; Harris, 2018; Tucci, 2007).

Na Figura 31 apresenta-se uma visão do uso e ocupação da terra, onde a classe predominante de cobertura é a vegetação rasteira (38,37%), a qual inclui gramados e campos. Adicionalmente, o terreno sem vegetação teve relevância, representado por áreas desprovidas de qualquer tipo de vegetação e ocupa 25,72% da área em estudo, enquanto a vegetação rasteira densa, 13,57%, são locais com arbustos e matas fechadas.

Os resultados do uso e ocupação apresentados são atribuídos às porções montantes da área de estudo, localizadas próximas aos divisores de água, as quais exibem uma baixa taxa de urbanização. Vale ressaltar que essas áreas também abrangem as maiores sub-bacias em termos de extensão territorial.

Contudo, observa-se que os desafios nessa região estão vinculados ao crescimento populacional nas porções jusantes, de forma mais centralizada na área de estudo, onde os problemas concentram-se.

Figura 31: Classes do uso e ocupação da terra em porcentagem relativa de área.



Fonte: Autora (2024).

Após a coleta das medições referentes aos dados de uso e ocupação da terra, associou-se a cada categoria um valor correspondente de CN, escolhido como método de infiltração para o modelo hidrológico. Com base nessas informações, procedeu-se ao cálculo do CN ponderado para cada sub-bacia, e os respectivos valores estão disponíveis no Apêndice C. Destaca-se que esses valores variam desde o mínimo de 76,60, observado na sub-bacia S12, até o máximo de 89,30 na S20_7. A média geral dos CN ponderados é de 83,92 e apresentam desvio padrão de 3,16.

Considerando que muitos dos parâmetros de entrada das sub-bacias estão relacionados ao percentual de permeabilidade e impermeabilidade, optou-se por desenvolver três cenários para esses índices, os valores podem ser consultados no Apêndice D. Na ausência de dados locais sobre vazão, a análise do melhor cenário e consequentemente dos melhores limiares máximo e mínimo, para cada classe de uso, utilizou os pontos de referência levantados em campo, juntamente com a vazão de pico gerada pelo modelo.

Entretanto, é importante ressaltar que alterações no percentual de impermeabilidade e permeabilidade resultam em variações em alguns parâmetros. Seguindo o princípio da ponderação dos dados de entrada no modelo, foi necessário calcular os coeficientes de Manning para áreas permeáveis e impermeáveis, ponderando-os com os cenários de percentuais máximo e mínimo de permeabilidade e impermeabilidade do solo. Os valores calculados estão disponíveis no Apêndice E.

Outro índice determinado foram os coeficientes de armazenamento em depressão,

considerando os diferentes cenários. Os valores ponderados encontram-se no Apêndice F.

O Cenário 1, caracterizado por elevadas taxas de permeabilidade, mostrou-se de acordo às expectativas iniciais. Tal resultado é atribuído à considerável impermeabilização das sub-bacias na área de estudo. Mesmo aquelas com algum nível de cobertura vegetal apresentaram altas taxas de escoamento superficial, devido à classificação hidrológica do solo na região (C). Este tipo de solo é marcado por características geológicas que incluem uma proporção elevada de partículas finas, como silte e argila, resultando intrinsecamente em uma menor taxa de infiltração.

Cabe ressaltar que o Cenário 1 foi o que mais se aproximou dos limites observados durante as avaliações de campo. Diante desses resultados, a modelagem hidrológica foi estabelecida com base nos limiares máximos de impermeabilidade atribuídos a cada classe de uso e cobertura.

7.2.1.1 Incertezas das sub-bacias

Na Tabela 23, estão as classes de incerteza para os atributos de entrada de cada sub-bacia, definidos como categorias de dados incertos. As estimativas de incerteza são subjetivas, dependentes da análise do modelo, bem como da origem e método de aquisição dos dados (James, 2005).

Tabela 23: Incerteza das sub-bacias

Atributo	Descrição	Grupo	Incerteza adotada
Nome	Nome ou número da sub-bacia	B	não calibrada
Tomada	Nome do nó ou outra sub-bacia que recebe escoamento	B	não calibrada
Largura	Largura da sub-bacia	4	50%
Área	Área de sub-bacia	1	não calibrada
Imperv	% da área diretamente conectada	3	25%
Declividade	Inclinação do solo	2	não calibrada
n imperv.	Coefficiente de Manning para área impermeável	2	25%
n perv.	Coefficiente de Manning para área permeável	4	50%
Ds imperv.	Armazenamento em depressão de área impermeável	3	25%
Ds perv.	Armazenamento em depressão de área permeável	4	50%
CN	Coefficiente para uso cobertura da terra	3	25%

Fonte: Adaptado James (2005).

Os atributos foram calibrados a partir do uso e ocupação da terra, assim como das manchas de inundação geradas pelo modelo hidrológico. Outros atributos, embora pertencentes aos grupos de dados incertos, não tiveram faixas de incerteza aplicadas, pois são extraídos diretamente do Modelo Digital de Terreno (MDT), considerado um dado confiável.

Os detalhes das sensibilidades das 79 sub-bacias estão disponíveis no Apêndice G. Como esperado, as variáveis do Grupo 4 demonstram ser mais sensíveis e por isso foram definidas de

forma meticulosa para garantir resultados satisfatórios.

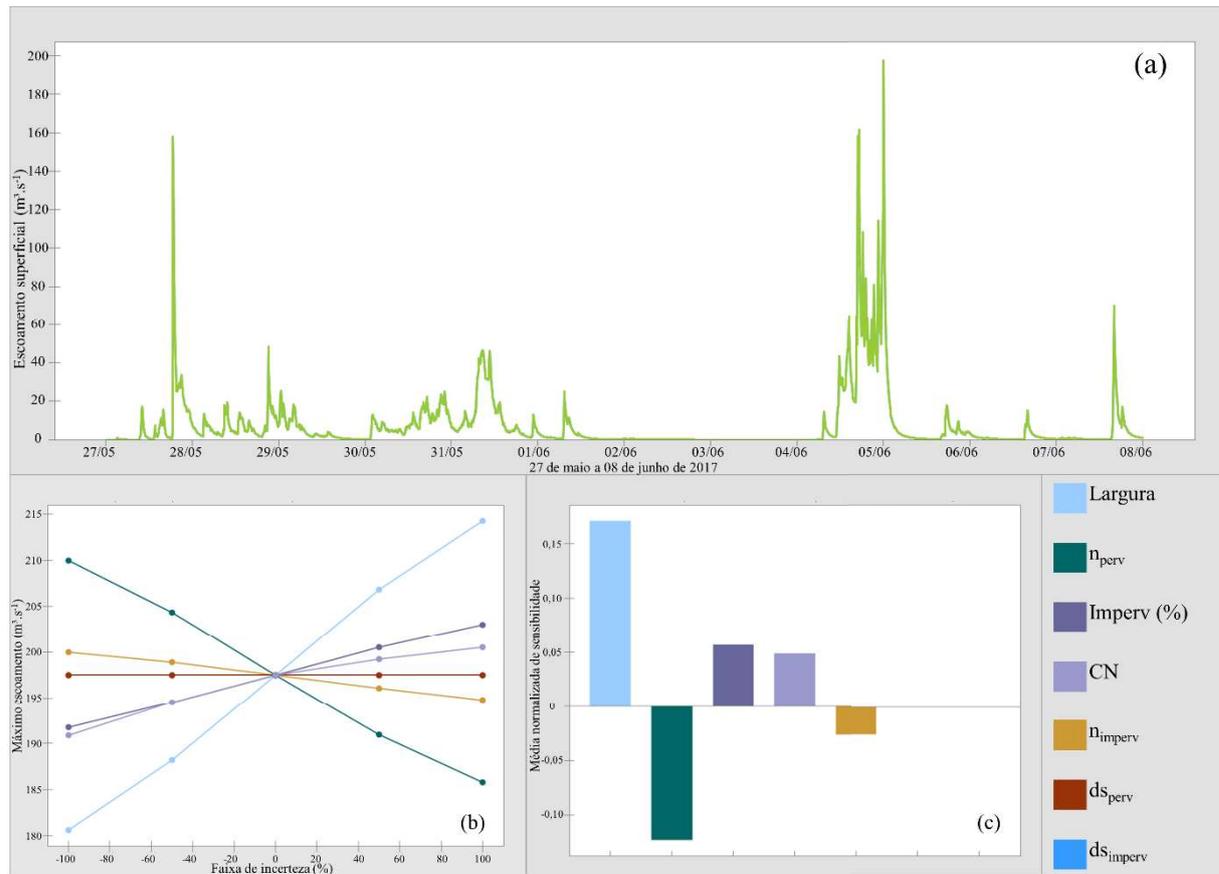
O delineamento do comportamento e os principais parâmetros que influenciam no escoamento superficial ao longo da série temporal para as 79 sub-bacias está visível na Figura 32. No gráfico (a), observam-se três picos notáveis que concordam com os dias de maior pluviosidade, sendo que o primeiro ocorreu no dia 27 de maio, atingindo $158,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, e os dois subsequentes em 04 e 05 de junho, alcançando $161,6$ e $197,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente.

A imagem (b) é o gráfico da variabilidade das vazões em resposta às alterações nos parâmetros de entrada. Aumentos na largura característica do escoamento tendem a resultar em vazões de pico mais elevadas, e podem chegar a aproximadamente $215 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no terceiro pico. Mas quando reduzidas, a vazão pode ser minimizada para $180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Os coeficientes de permeabilidade atribuídos as sub-bacias também produzem variações significativas nos picos de vazão.

Já na imagem (c) observa-se o peso de cada parâmetro para a sub-bacia, todos os parâmetros estão condicionados ao percentual de impermeabilidade do solo, exceto a largura e o CN. A largura característica do escoamento pode ser considerada o parâmetro mais sensível do modelo, sendo assim justifica-se a aplicação da metodologia proposta por Guo; Urbonas (2009). Além disso, os coeficientes de Manning para as parcelas permeáveis foram estimados a partir do Cenário 1, por apresentar menores variações e por melhor representar os escoamentos na área de estudo. Outro parâmetro é o CN, uma vez que determina a quantidade de água infiltrada, que tende a ser baixa devido à composição geológica da região.

O armazenamento em depressões, tanto das parcelas permeáveis quanto das parcelas impermeáveis, não provoca grandes variações nos picos de escoamento. No entanto, os dados apresentados refletem o comportamento global do modelo, e análises pontuais podem ser conduzidas para cada uma das sub-bacia, há casos em que este parâmetro terá maior peso para o volume escoado. Quando mais urbanizadas tendem a ser mais influenciadas pelos parâmetros de impermeabilidade e infiltração (Imperv (%) e CN), enquanto menos urbanizadas mais sensíveis aos parâmetros de permeabilidade (n_{perv}).

Figura 32: Sensibilidade do modelo hidrológico ao parâmetro escoamento superficial.



Fonte: Autora (2024).

7.2.2 Junções

As junções desempenham papel fundamental ao possibilitar a conexão entre condutos, e assim garantir a propagação do fluxo ao longo do sistema. A inserção de junções é necessária a cada mudança de seção ou quando ocorre a convergência de diferentes fluxos de escoamento. Essa necessidade surge devido à inexistência de outra maneira de representar tais situações no modelo.

No Apêndice H, encontra-se a nomenclatura e os parâmetros das 112 junções modeladas, com destaque para o parâmetro *Invert Elevation*, responsável por armazenar as cotas das junções que foram extraídas automaticamente do MDT. A junção E29 é identificada como o exutório do modelo, sendo a menor cota registrada, de 879,038 m. Em todas as pontes, galerias e tubulações, foram adicionadas junções montante e jusante para representar as diferenças físicas no modelo.

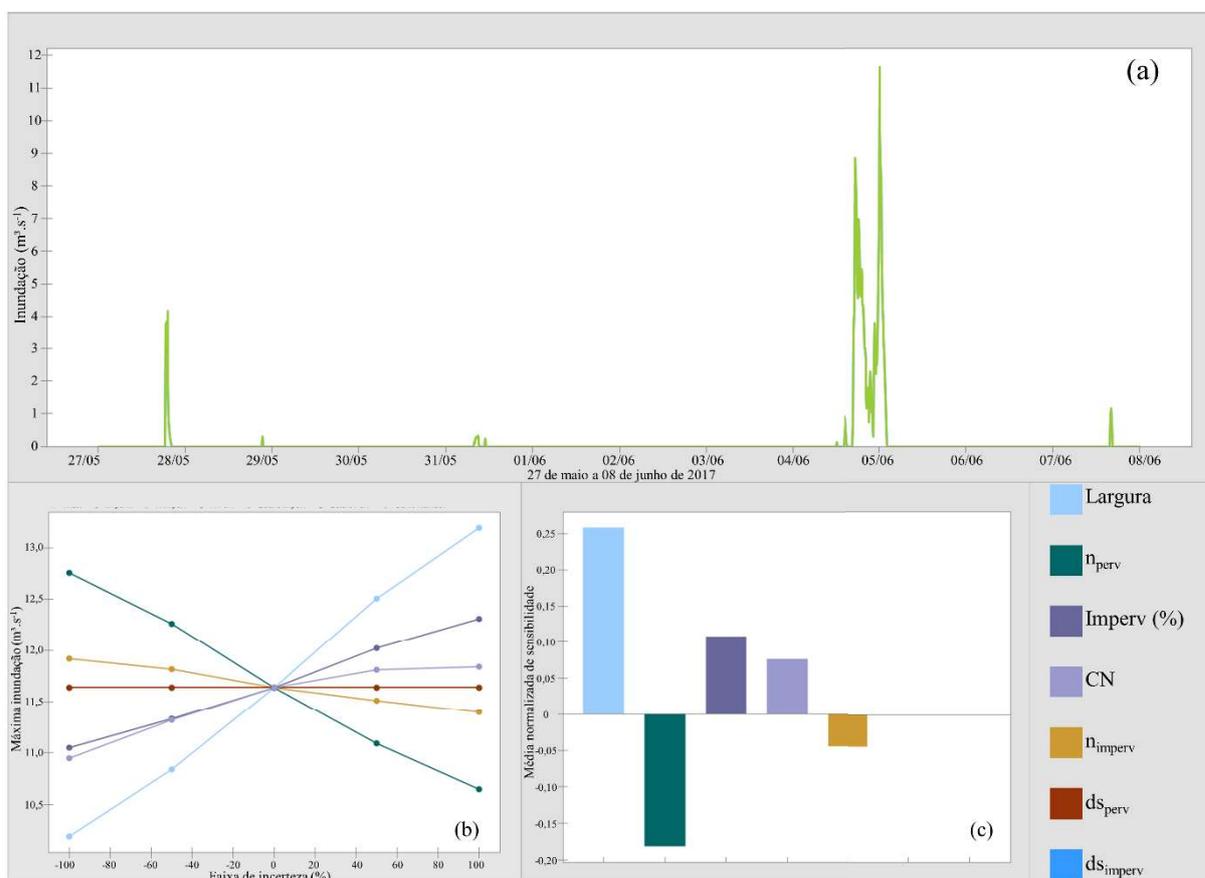
Embora requeiram apenas um parâmetro de entrada, são elementos importantes nos modelos, pois são elas que armazenam as informações de volumes e vazões de escoamento e inundação. Além disso, registram os períodos de sobrecarga no sistema ao longo da série

temporal e proporcionam informações valiosas sobre o comportamento da água ao longo da rede de drenagem, tanto natural quanto artificial.

Na Figura 33 são apresentadas as vazões de inundação ao longo do sistema que são obtidas a partir dos volumes de água que ultrapassam a cota de topo dos condutos, representado por uma junção inundada. A imagem (a) representa o comportamento da vazão de inundação ao longo do tempo no sistema. É evidente a ocorrência dos mesmos três picos, no entanto as vazões das inundações são reduzidas em relação ao total escoado, porém são suficientes para causar problemas na área de estudo. O pico de vazão no dia 27 de maio é de $4,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, seguido pelo dia 04 de junho com $8,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e o dia 05 com $11,64 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Nas imagens (b) e (c), observa-se a sensibilidade da vazão das inundações, que tende a ser semelhante ao do escoamento superficial e influenciada pelos mesmos parâmetros. A largura característica do escoamento pode aumentar a vazão para $13,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ou atenuar para cerca de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, sendo os dados referentes ao dia 05 de junho.

Figura 33: Análise de sensibilidade do modelo hidrológico ao parâmetro inundação.



Fonte: Autora (2024).

A partir das informações apresentadas na Tabela 24, constata-se que os volumes gerados pelo escoamento superficial são substanciais para todos os eventos analisados. Entretanto, a

parcela efetivamente convertida em volume de inundação não ultrapassa a 4% do total escoado. Apesar de não representar uma porcentagem elevada, essa quantidade é significativa, pois o menor volume registrado no evento de 1 dia atinge quase 70 mil m³ de água. Para evitar danos às edificações, seria necessário reter toda essa água por meio de dispositivos do conceito BMP. No entanto, mantendo-se a ocupação atual não há espaço físico para a instalação de dispositivos próximos as áreas alagáveis e inundáveis. No trabalho de Pessoa (2023) foi constatado a necessidade de remoção de edificações localizadas na planície alta, para a implantação de dispositivos robusto com capacidade suficiente de retenção.

Quando consideramos a série temporal completa, o volume mais que duplica, com valores aproximados a 150 mil m³ de água. Isso evidencia a necessidade de estruturas significativamente maiores para lidar com o volume de água gerado pelo escoamento superficial ao longo do tempo que efetivamente gera inundações e pontos de alagamentos.

Tabela 24: Volume escoado e volume de inundação.

Data	Duração (dia)	Probabilidade	TR (ano)	Volume escoado (m ³)	Volume de inundação (m ³)	Porcentagem
04 de junho de 2017	1	0,0144	69,5	2054330	69885	3,40%
04 a 05 de junho de 2017	2	0,0253	19,1	2715740	106192	3,91%
04 a 06 de junho de 2017	3	0,1005	9,9	2823410	106204	3,76%
04 a 07 de junho de 2017	4	0,1002	10	3145240	107588	3,42%
27 a 31 de maio de 2017	5	0,0761	13,1	3633710	120230	3,31%
27 de maio a 08 de junho	12	0,01208 8	83	7554230	149719	1,98%

Fonte: Autora (2024).

7.2.3 Condutos

O parâmetro central dos condutos é a sua seção transversal, a qual foi medida através da delimitação dos transectos para os canais naturais e por meio de visitas a campo para os condutos artificiais.

No Apêndice I, estão detalhados os condutos artificiais que abrangem pontes, galerias e tubulações circulares encontradas no sistema de drenagem principal, também contém as dimensões, descrição do formato e imagens representativas do local, para visualização realista da disposição desses elementos.

Um total de 114 condutos foram incorporados no modelo e suas propriedades estão descritas no Apêndice J, dos quais 69 são irregulares, com geometria determinada a partir dos transectos inseridos ao longo dos cursos d'água. Durante a construção do modelo, foram inseridos 45 condutos para representar os canais artificiais, que englobam 23 tubulações circulares em concreto, com diâmetros variados de 0,6 a 1 metro, sendo os de 1 metro os predominantes.

Esses canais artificiais incluem, adicionalmente, 7 galerias, 6 com dimensões padrão de 2 metros de largura por 1,5 metro de altura e 1 denominada conduto C207, que apresenta geometria distinta em relação as demais. Foram identificadas 15 pontes, das quais 14 são retangulares comuns, 4 construídas em madeira, e 10 em concreto, além de uma com formato semicircular, também em concreto.

Foram estimados os coeficientes de Manning (n), nos quais definiu-se três valores distintos. Para os canais naturais e pontes, foi atribuído o valor de 0,03. As galerias tiveram um valor estabelecido em 0,013, correspondente ao coeficiente tabelado para essas estruturas em concreto. Já para as tubulações em concreto, foi estimado o valor de 0,017.

7.3 MODELAGEM HIDRODINÂMICA

A modelagem hidrodinâmica da área de estudo é complexa devido à heterogeneidade de tipos e coberturas da terra, os quais exercem influência significativa no comportamento do fluxo. A quantificação meticulosa de todos os parâmetros foi realizada, e o modelo incorpora múltiplas entradas que exercem impacto direto sobre os resultados. Essas variáveis incluem, mas não se limitam a características topográficas, propriedades hidráulicas do solo, padrões pluviométricos e características da vegetação, contribuindo para uma representação abrangente do sistema hidrodinâmico.

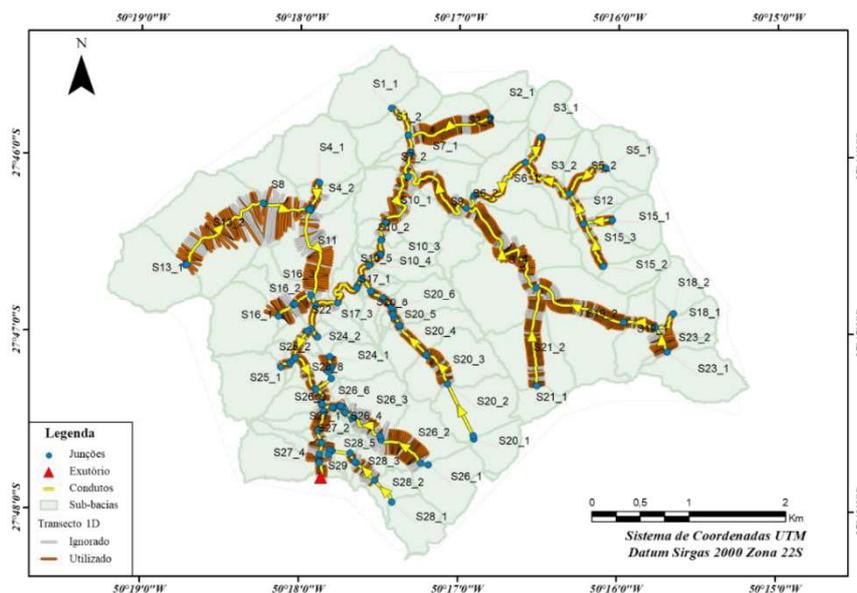
7.3.1 Simulação do modelo 1D

A simulação 1D apresenta um tempo de processamento reduzido que permitiu a execução simultânea com o modelo hidrológico. Na aba *Flood Analysis*, foi necessário incorporar o MDT, além de inserir a camada de transectos, que delinea o canal, e as margens dentro do modelo 1D. A camada de transecto foi definida com base em parâmetros específicos, sendo ajustada em cada simulação para melhor adequação ao modelo. Dada a complexidade do terreno urbano, especialmente ao considerar todos os pequenos canais afluentes ao rio Ponte Grande, foi necessário analisar cada canal, uma vez que não foi possível estabelecer um comprimento único de transecto devido à variabilidade nas dimensões dos canais. No entanto, foram estimados parâmetros equivalentes para todos os transectos, tais como espaçamento entre transectos e entre vértices, além do coeficiente de endireitamento e o desvio padrão.

A ferramenta *Transect Creator* possibilitou a automatização da criação dos transectos e sua associação ao conduto sobreposto. Os transectos criados foram espaçados a cada 10 metros, com um desvio padrão limitado a 1,5. Além disso, para garantir sua regularidade, foi necessário determinar um espaçamento entre os vértices com valor igual a 2 e um coeficiente de

endireitamento igual a 8. O comprimento dos transectos variou entre 50 e 300 metros, conforme as dimensões dos corpos hídricos (Figura 34).

Figura 34: Transectos criados na área de estudo.



Fonte: Autora (2024).

No entanto, os transectos são exclusivamente atribuídos aos condutos identificados como irregulares, o que impede a sua aplicação para delinear as margens de pontes, galerias ou tubulações. Visualmente, isso resulta na interrupção da representação da mancha de inundação devido a essa limitação do *software*. Importante ressaltar que não é viável alterar o tipo de conduto, pois os canais artificiais são elementos limitadores do fluxo e nesses locais há maior propensão de alagamentos e inundações.

A mancha de inundação 1D, apresentada na Figura 35, imagem (a), representa a distribuição das inundações ao longo da área de estudo. No entanto não há informações nem dados acerca das áreas reais, ou vazões medidas por estações fluviométricas, ou pontos de coleta das dimensões da inundação. Dessa forma, foi verificado o ponto de alagamento no bairro São Sebastião, representado na imagem (b), onde os pontos de verificação estão próximos a mancha simulada. Além da representação 1D a isolinha HAND de < 1,83 m auxiliou a análise da conformação das machas de inundação. Assim, o modelo 1D desenvolvido a partir do MDT de 1 m representou satisfatoriamente o evento de 27 de maio a 8 de junho de 2017.

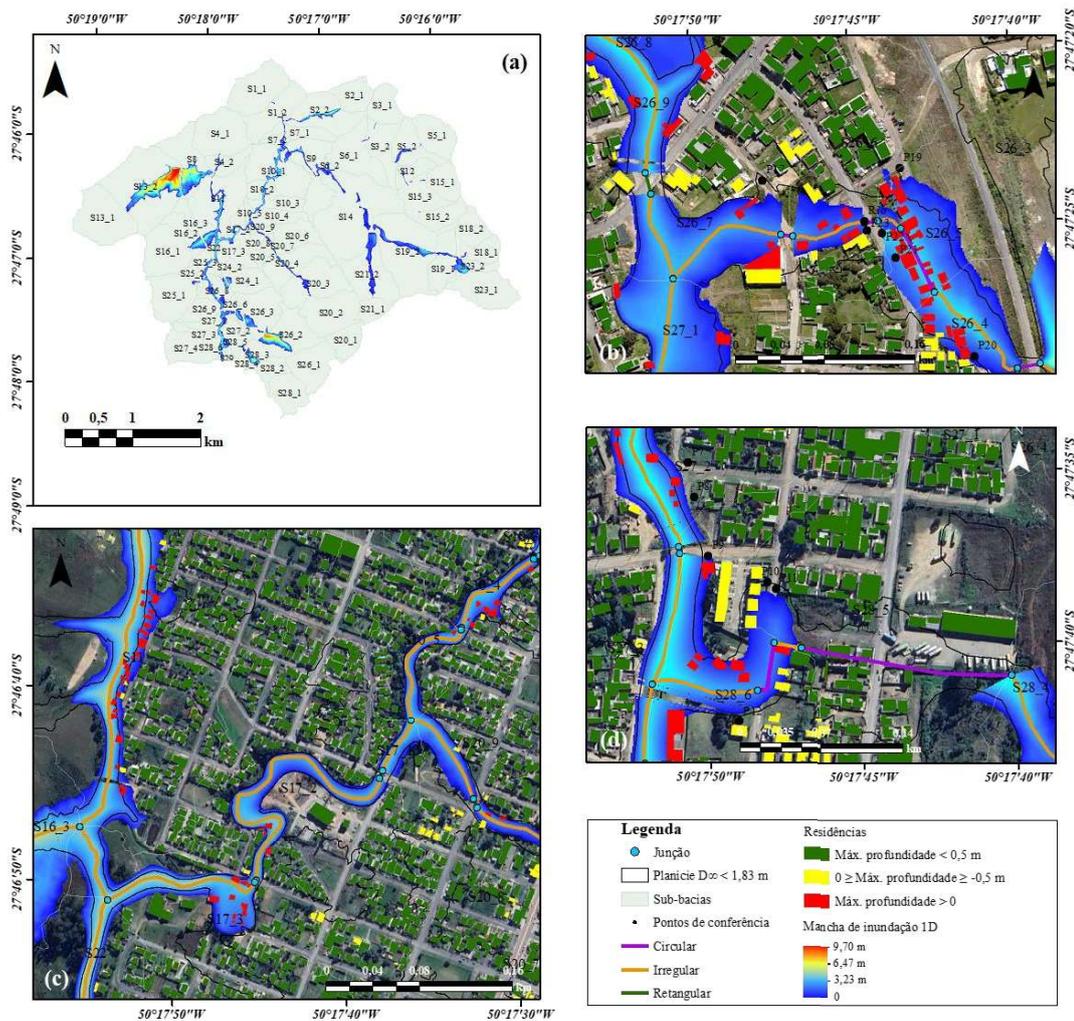
Na imagem (c), é possível identificar áreas onde a representação da mancha de inundação 1D segue o contorno do HAND, nesses casos, essa delimitação pode ser considerada eficaz para a região. No entanto, ao utilizar o HAND com um limiar de 1,83 m, foram observados alguns locais em desacordo com a mancha, uma vez que esses valores estão

associados ao detalhamento da rede de drenagem. As áreas HAND de alta propensão a alagamentos quando comparados ao modelo 1D são maximizadas devido à ausência de condutos em canais intermitentes, no modelo desenvolvido esses canais não foram inseridos, pois foi representado apenas o fluxo principal que efetivamente gera problemas na região.

Considerando que a relevância da mancha de inundação é mais pronunciada em áreas urbanizadas, tal adaptação torna-se compatível com o escopo do trabalho, uma vez que as inundações impactam a infraestrutura local onde há apenas canais de fluxo perene.

Na imagem (d), destaca-se a limitação em torno dos canais artificiais regulares, onde, durante eventos de chuva, a água se sobrepõe à via. No entanto, a mancha não é visível, e ocorre uma interrupção, pois não é possível inserir transectos sobre esse tipo de conduto. Portanto a conformação da mancha não pode ser visualizada, foi utilizado o HAND para estimar suas dimensões.

Figura 35: Mancha de inundação 1D/HAND.



Fonte: Autora (2024).

As áreas com maiores profundidades foram identificadas nas sub-bacias pertencentes ao grupo 13, pois o local é constituído por grandes depressões que são curso natural do escoamento. Esse curso encontra-se obstruído pela linha férrea, pois sob ela há uma tubulação de 1000 mm que não é suficiente para as vazões geradas em eventos de chuvas de grande intensidade. É importante ressaltar que essas sub-bacias possuem dimensões consideráveis e ainda são pouco urbanizadas, portanto, no cenário atual, essas áreas não são prioridade para o poder público. Entretanto, devido ao PDDT considerar esses locais como área de expansão urbana e a correta ocupação evitará a propagação e maximização do problemas pré-existentes.

7.3.2 Simulação do modelo 2D

Na simulação hidrodinâmica, o PCSWMM apresenta limitações, principalmente relacionadas ao tempo de processamento, o qual é significativamente elevado, mesmo quando seguindo as recomendações do desenvolvedor. O processamento consumiu aproximadamente 50% do tempo real da série, tornando-se assim uma operação morosa, ou seja, um evento de um dia representa um tempo de processamento de aproximadamente 12 horas. Além disso, durante os processamentos muito longos, foram identificados problemas associados às grandes profundidades de água que surgem devido as instabilidades numéricas e corrompem toda a simulação.

Foi desenvolvido um modelo bidimensional com malha hexagonal de 15 metros de resolução e coeficiente de Manning ponderado a partir do uso e ocupação (Apêndice K). A resolução de 15 m foi o melhor limiar para a representação das áreas inundadas, pois resoluções de 20, 30, 40 e 50 metros não se adaptaram bem a área de estudo devido à natureza pontual das inundações no rio Ponte Grande e alagamentos ao longo da rede de drenagem deficitária. Este possui dimensões relativamente pequenas, conforme confirmado por levantamentos de campo, onde em muitos locais o rio apresenta largura máxima de 2 m e profundidade de 1,5 m.

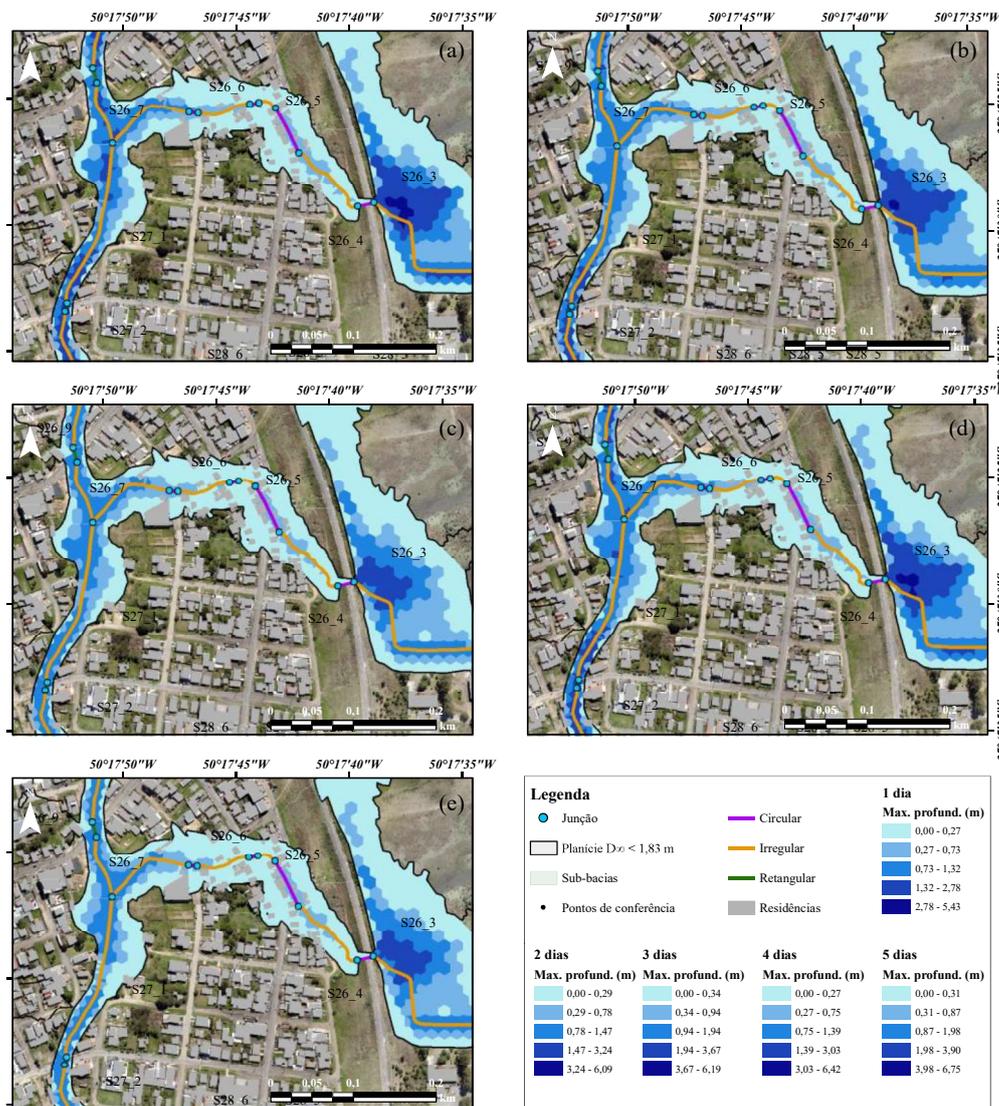
A criação de células com maior resolução resultou em centenas de milhares de elementos, os quais precisaram ser processados individualmente pelo *software*. Apesar da área de estudo não ser extensa, o número de nós (85.978) ficou próximo ao limite de 100.000 recomendado pelo desenvolvedor, embora este ainda preconiza preferencialmente áreas que demandem um limiar de 30.000 nós, sendo assim percebe-se que o *software* no quesito modelagem bidimensional está direcionado a sistemas de drenagem artificiais ou áreas menores, como ruas ou bairros.

Diante dessas limitações, optou-se pela implementação do modelo hidrodinâmico bidimensional para eventos de chuva de 1 a 5 dias. O prolongamento do tempo, que excedeu

150 horas no evento de 12 dias, resultou na corrupção do arquivo, mesmo com a utilização dos dados de entrada testados em eventos de menor duração. Esta inconsistência foi observada em diversas tentativas, sendo mais notória no evento de 12 dias, onde as alturas da lâmina d'água alcançaram valores próximos a 30 metros. Importante salientar que tal problema não pode ser atribuído à inserção de dados incorretos, uma vez que eventos de menor duração, como o de 4 dias (04 a 08 de junho) abrangem o mesmo período de análise sem a manifestação do erro que ocorreu em 5 de junho no evento de 12 dias.

O modelo 1D/2D está disposto na Figura 36 as manchas referentes aos eventos selecionados, (a) 1 dia, (b) 2 dias, (c) 3 dias, (d) 4 dias e (e) 5 dias, salientam a influência da ferrovia a jusante da mancha, uma vez que provoca o alagamento de uma área grande q não está naturalmente formada como curso da água.

Figura 36: Mancha de inundação 1D/2D e HAND.



7.4 APLICAÇÃO DE BMP

Para exemplificar a aplicação de BMPs optou-se pela simulação de barris de chuva com capacidade de armazenamento de 1 m³ em residências com projeção de telhado superior a 50 m² (6.973 unidades) (Apêndice L). Tal análise objetivou avaliar o armazenamento das águas pluviais e o impacto no pico de vazão, a escolha baseou-se na simplicidade de instalação e nos custos reduzidos, considerando que a região é habitada predominantemente por famílias com baixo poder aquisitivo.

No entanto, ciente de que volumes de inundação foram superiores a 100 mil m³ seria impraticável distribuir esse montante entre as 9300 residências abrangidas pela área de estudo, visto que cada residência ou lote necessitaria de um dispositivo capaz de armazenar mais de 10 m³. Dessa forma, estão dispostos no Apêndice M os resultados encontrados, estes não atenuaram a vazão de pico, porém tiveram influência no volume escoado, ou seja, foi armazenado 6.530 m³, que representa 0,006% do volume total inundados para o evento de 2 dias. Destaca-se que eles não devem ser descartados como medida mitigadora, porém de forma individual eles apresentam capacidade insuficiente para extinguir o problema local.

Vale ressaltar a necessidade do PDDU vinculado ao PDDT com a obrigação da utilização de técnicas de amortecimento hidrológico, uma vez que, construtivamente, ao longo de toda as sub-bacias foram aplicadas obras estruturais apenas com os princípios da engenharia clássica. Durante visitas para a aquisição de registros fotográficos e reconhecimento da área foco, foi possível acompanhar a construção e implantação de um sistema de drenagem, Figura 37, (a) e (b)) composto por tubulações de concreto em paralelo de 1000 mm cada. Este sistema seria a resposta aos problemas recorrentes de alagamento e mau odor na localidade. No entanto, após a conclusão das obras, as chuvas de outubro e novembro de 2023 evidenciaram que, com o fluxo confinado, ocorreu transbordamento da água tanto na porção montante quanto na jusante (imagens (c) e (d)). O alagamento foi efetivamente mitigado no local onde a tubulação foi implementada, mas o problema foi intensificado e transferido a montante e a jusante.

Figura 37: Implantação do sistema de drenagem na área foco.



Fonte: Autora (2024).

Portanto, diante dessa análise, verifica-se que nas áreas mais problemáticas das sub-bacias do grupo 26 e 28, apenas implantação de obras estruturais clássicas compromete a eficácia na resolução dos problemas de alagamento. Mesmo ao tubular toda a região, quando a vazão atinge o rio, as tubulações possuem vazão inferior, resultando no represamento do fluxo e causando contrafluxo e inundações nas áreas a montante.

8 CONCLUSÃO

A urbanização é um processo complexo que requer planejamento para mitigar problemas recorrentes relacionados às águas e evitar impactos prejudiciais nas infraestruturas locais e na saúde pública. Durante a análise da área de estudo identificou-se que os desafios estão vinculados à ocupação de áreas de risco, essas áreas podem ser próximas aos rios, onde há recorrentes eventos de inundações ou próximas as drenagens sob a linha férrea, esta alterou toda a hidrografia preexistente e criou pontos críticos de alagamento. As populações em áreas de menor cota sofrem diretamente, enquanto a montante da linha férrea grandes obras foram realizadas sem a obrigação de mitigar o seu impacto. Essas intervenções impermeabilizaram extensas áreas, direcionando seus escoamentos para locais já problemáticos.

Daí a importância da existência de um plano PDDU que considere as dinâmicas hidrológicas e um PDDT que obrigue a utilização de técnicas de amortecimento hidrológico em áreas altamente impermeabilizadas.

A análise do uso e ocupação da terra revelou que a área de estudo apresenta extensas áreas vegetadas, cerca de 38,37% da área é composta por vegetação rasteira e outros 13,57% por vegetação densa rasteira que no total representam 51,94% de áreas disponíveis para infiltração, porém a pedologia local configura-se por horizontes rasos e solos com baixa capacidade de infiltração. Ressalta-se que, mesmo em condições de baixa urbanização nos pontos montantes, os locais a jusante já se encontram em situação crítica durante eventos de chuva.

Para a compreensão da paisagem hidrológica o modelo HAND foi estabelecido com base na direção de fluxo pelo método D_{∞} , especialmente adequado para áreas urbanas com terrenos complexos. Os valores do HAND variam de 0 a 70,85, com média de 9,20 e desvio padrão de 8,30. A classificação do HAND informa que 42,00% da área é composta por planície e estas são áreas de risco hidrológico.

Ao analisar o HAND em relação ao uso e ocupação da terra, observa-se que nas planícies altas 10,74% é área urbana e abrange 1308 residências. Já nas planícies médias, essa proporção é de 14,93%, com 1.483 residências, e nas planícies baixas é de 16,79%, contendo 1.514 residências. Em termos absolutos, verifica-se que aproximadamente 45% da área urbana (1.085 km²) e 43% das residências (4.305) estão situadas nas áreas de risco.

Com a modelagem hidrológica foi possível estabelecer métricas para validação do modelo, onde os pontos coletados para as sub-bacias do grupo 26 e 28 coincidiram com a macha unidimensional. Do modelo hidrológico obteve-se os volumes de inundação que são

armazenados nas junções. Observa-se na mancha de inundação 1D que esses volumes estão distribuídos ao longo das sub-bacias, já que a modelagem unidimensional pode ser feita em conjunto a modelagem hidrológica. Os volumes encontrados para os eventos de 2017 variam de aproximadamente 70 mil m³ a 150 mil m³.

Dada a baixa permeabilidade na região, as soluções mais indicadas envolvem a detenção de volumes, os barris de chuvas propostos como BMP não foram eficazes, pois o total a reservar é muito superior a capacidade dos dispositivos, por se tratar de uma solução individual os custos seriam onerosos e construtivamente inviáveis dadas as dimensões. O que respalda a convicção de que a implantação de uma única solução não extinguirá os problemas, é necessário a combinação de técnicas individuais com soluções públicas de grande porte.

Para a modelagem 2D, que envolve o cálculo das áreas inundadas ao longo do rio, o PCSWMM ainda carece de ferramentas, apesar de ser um *software* robusto com uma ampla variedade de recursos. As deficiências estão relacionadas ao método construtivo do modelo, que sobrecarrega o processamento devido à criação de numerosos objetos, como condutos e junções, formando uma rede interconectada muito detalhada. Nessa rede o fluxo deve ser constante, mas a adaptação ao terreno é desafiadora, especialmente em razão do relevo, incluindo depressões, elevações acentuadas e áreas concavas e convexas que impactam a propagação do fluxo. O desenvolvedor reconhece essa limitação em aceitar grandes erros de roteamento de fluxo na modelagem 2D devido a características intrínsecas ao *software*.

Diante desse contexto, o atual cenário de urbanização e suas práticas indicam claramente que, caso nenhuma medida seja adotada nos próximos anos, os problemas existentes tenderão a se agravar. Há necessidade urgente de implementar estratégias sustentáveis e políticas que considerem os preceitos da hidrologia urbana, a fim de salvaguardar a saúde pública das comunidades, preservar a integridade das infraestruturas e promover um desenvolvimento urbano eficiente, frente aos desafios ambientais relacionados às questões hídricas.

9 RECOMENDAÇÕES

As áreas urbanas são orgânicas, ou seja, estão sujeitas a mudanças constantes. Para manter a validade do modelo hidrológico, é necessário atualizar regularmente seus parâmetros. A base de dados também precisa de atualizações e a resolução de um metro minimiza os efeitos das águas pluviais para estudos em microescala. Portanto, é importante a regularidade na atualização nos bancos de dados, com foco nos levantamentos de imagens para a geração de novas ortofotos e MDTs com maiores resoluções.

Para a área em questão ainda não foi determinada uma medida eficaz para conter todo o volume gerado. Sugere-se, portanto, a análise de diversas técnicas de BMPs para tentar eliminar ou minimizar os problemas recorrentes de inundações e alagamentos. Destaca-se a implementação de bacias de retenção vegetadas ao longo de toda a área de estudo, as quais não apenas armazenam os fluxos, mas também contribuem para a manutenção da qualidade da água e exercem influência direta nos volumes evaporados. Portanto, para eliminar completamente esses problemas será necessário a realocação de parte da população.

As áreas ainda não urbanizadas, dentro do plano de expansão da cidade, apresentam escoamentos com volumes consideráveis, que tendem a aumentar ao longo do tempo se medidas mitigadoras não forem incorporadas a legislação.

Vale ressaltar a promoção da conscientização da população sobre os riscos de ocupações próximas aos leitos hídricos a partir do conhecimento dos trabalhos já desenvolvidos na região.

É essencial a reserva de áreas vegetadas, mesmo que o solo tenha características de baixa infiltração, outras variáveis estão intrínsecas, como a evapotranspiração e a manutenção da temperatura. Contudo, isso será possível apenas se as leis forem pautadas no correto parcelamento do solo e proibam a ocupação de áreas suscetíveis a submersão por águas pluviais, além de prever áreas mínimas vegetadas nos lotes.

10 BIBLIOGRAFIA

- AFONSO, M. L.; ALMEIDA, M. D.; FAEL, C. S. Permeable pavements—green infrastructures as a flood mitigation measure. In: **International Symposium on Greener Cities for More Efficient Ecosystem Services in a Climate Changing World 1215**. 2017. p. 369-376. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1215.68.
- AHIABLAME, L.M.; ENGEL, B.A.; CHAUBEY, I. Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research. **Water Air Soil Pollution**, v.223, p.4253-4273, 2012. DOI: 10.1007/s11270-012-1189-2.
- AHMED, F.; GULLIVER, J. S.; NIEBER, J. L. Field infiltration measurements in grassed roadside drainage ditches: Spatial and temporal variability. **Journal of Hydrology**, v. 530, p. 604-611, 2015. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2015.10.012.
- AKHTER, M. S.; HEWA, G. A. The use of PCSWMM for assessing the impacts of land use changes on hydrological responses and performance of WSUD in managing the impacts at Myponga catchment, South Australia. **Water**, v. 8, n. 11, p. 511, 2016. DOI: 10.3390/w8110511.
- ALIPOUR, A.; JAFARZADEGAN, K.; MORADKHANI, H. Global sensitivity analysis in hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. **Environmental Modelling & Software**, v. 152, p. 105398, 2022. DOI: 10.1016/j.envsoft.2022.105398.
- AVAND, M.; MORADI, H.; IASBOYEE, M. R. Spatial modeling of flood probability using geo-environmental variables and machine learning models, case study: Tajan watershed, Iran. **Advances in Space Research**, v. 67, n. 10, p. 3169-3186, 2021. DOI: 10.1016/j.asr.2021.02.011.
- BAKER, V. R. Hydrological Understanding and Societal Action 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 34, n. 4, p. 819-825, 1998. DOI: 10.1111/j.1752-1688.1998.tb01518.x.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001. DOI: 10.1590/S0103-90162001000300018.
- BEZERRA, P. H. L.; COUTINHO, A. P.; LASSABATERE, L.; NETO, S. M. D. S.; MELO, T. A. T.; ANTONINO, A. C. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Water Dynamics in an Infiltration Trench in an Urban Centre in Brazil: Monitoring and Modelling. **Water**, v. 14, n. 4, p. 513, 2022. DOI: 10.3390/w14040513.
- BHATT, C.M.; RAO, G. S. HAND (Height Above the Nearest Drainage) tool and satellite-based geospatial analysis of Hyderabad (India) urban floods, September 2016. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 11, n. 19, p. 1-14, 2018. DOI: 10.1007/s12517-018-3952-1.
- BHOWMICK, A.; IRVINE, K. N.; JINDAL, R. Mathematical modeling of effluent quality of cha-Am municipality wastewater treatment pond system using PCSWMM. 2017. **Journal of Water Management Modeling**, 25:C423. DOI: 10.14796/JWMM.C423.
- BOSQUILIA, R. W. D.; FIORIO, P. R.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R. Comparação entre métodos de mapeamento automático de rede de drenagem utilizando SIG. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 445-457, 2015. DOI: 10.15809/irriga.2015v20n3p445.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 mai. 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; 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; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2012b.

BRASIL. **Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021.** Altera as Leis nos 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Brasília, DF. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 dez. 2021.

BRAUNE, M. J.; WOOD, A. Best management practices applied to urban runoff quantity and quality control. **Water Science and Technology**, v. 38, n. 12, p. 117-121, 1999. DOI: 10.1016/S0273-1223(99)00326-1.

BRITO, D.S. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem.** 2006. 131 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recurso Hídricos) Faculdade de Tecnologia - Universidade de Brasília. 2006.

BUUREN, M. V.; KERKSTRA, K. The framework concept and the hydrological landscape structure: a new perspective in the design of multifunctional landscapes. In: **Landscape ecology of a stressed environment.** Dordrecht: Springer Netherlands, 1993. p. 219-243. DOI: 10.1007/978-94-011-2318-1_10.

CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. 2. ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2014. ISBN: 978-85-7975-160-8.

CAO, Z.; WANG, S.; LUO, P.; XIE, D.; ZHU, W. Watershed ecohydrological processes in a changing environment: opportunities and challenges. **Water**, v. 14, n. 9, p. 1502, 2022. DOI: 10.3390/w14091502.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPCÃO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 94-108, 2020. DOI: 10.1590/0103-11042019S307.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: **Editora ABRH**, 2015. ISBN: 978-85-8868-634-2.

COMPUTATIONAL HYDRAULICS INTERNATIONAL – CHI. **PCSWMM Support.** Disponível em: <https://support.chiwater.com/>. Acesso em 28 de dez. 2023.

COSTA, P. R.; SILVEIRA, A. L. R. Drenagem urbana e os impactos decorrentes do processo de urbanização na bacia do córrego mingau, Goiânia, GO. **Revista Eletrônica de Educação**

da Faculdade Araguaia, v. 11, n. 11, p. 76-100, 2017.

DEFESA CIVIL. **Atenção meteorológica DC/SC 17/11 11:25 - Temporais e chuva volumosa entre sexta-feira (17) e o sábado (18)**. Elaborado em: 17/11/2023 às 11:25– N° 180/2023. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/avisos-meteorologicos/aviso-especial-dc-sc-16-11-1000-temporais-e-chuva-volumosa-entre-a-quinta-16-e-o-sabado-18/>. Acesso em: 15 de dez. 2023.

DEFESA CIVIL. **Aviso Especial 06/10 09:40 – Chuva volumosa e temporais entre sexta-feira (06) e domingo (08)**. Elaborado em: 06/10/2023 às 09:00 – N° 150/2023. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/avisos-meteorologicos/aviso-especial-06-10-0940-chuva-volumosa-e-temporais-entre-sexta-feira-06-e-domingo-08/>. Acesso em: 15 de dez. 2023.

DEFESA CIVIL. **COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. 2019. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/download/cobra/>. Acesso em 07 de nov. 2021.

DEMBÉLÉ, M.; HRACHOWITZ, M.; SAVENIJE, H. H.; MARIÉTHOZ, G.; SCHAEFLI, B. Improving the predictive skill of a distributed hydrological model by calibration on spatial patterns with multiple satellite data sets. **Water resources research**, v. 56, n. 1, p. e2019WR026085, 2020. DOI: 10.1029/2019WR02608.

DEVIA, G. K.; GANASRI, B. P.; DWARAKISH, G. S. A review on hydrological models. **Aquatic procedia**, v. 4, p. 1001-1007, 2015. DOI: 10.1016/j.aqpro.2015.02.126.

DING, W.; XIA, J.; SHE, D.; ZHANG, X.; CHEN, T.; HUANG, S.; ZHENG, H. Assessing multivariate effect of best management practices on non-point source pollution management using the coupled Copula-SWAT model. **Ecological Indicators**, v. 153, p. 110393, 2023. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110393.

DOLLINGER, J.; DAGÈS, C.; BAILLY, J. S.; LAGACHERIE, P.; VOLTZ, M. Managing ditches for agroecological engineering of landscape. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 999-1020, 2015. DOI: 10.1007/s13593-015-0301-6.

DOUGHERTY, M.; DYMOND, R. L.; GOETZ, S. J.; JANTZ, C. A.; GOULET, N. Evaluation of impervious surface estimates in a rapidly urbanizing watershed. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 70, n. 11, p. 1275-1284, 2004. DOI: 10.14358/PERS.70.11.1275.

EBRAHIMIAN, A.; SOKOLOVSKAYA, N.; WADZUK, B. Modeling dynamic performance of urban infiltration trench systems: Methodology and a case study in Philadelphia. **Journal of Hydrology**, v. 594, p. 125938, 2021. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125938.

EDWARDS, E. C.; NELSON, C.; HARTER, T.; BOWLES, C.; LI, X.; LOCK, B.; FOGG, G. E.; WASHBURN, B. S. Potential effects on groundwater quality associated with infiltrating stormwater through dry wells for aquifer recharge. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 246, p. 103964, 2022. DOI: 10.1016/j.jconhyd.2022.103964.

EM-DAT: **International Disaster Database**, Université Catholique de Louvain, Bruxelas, Bélgica. Disponível em: <https://public.emdat.be/mapping>. Acesso em 13 jul. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação dos

Solos, Distrito Federal, DF. **EMBRAPA Solos**, 5 ed, 355 p., 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. **EMBRAPA Solos**, 2020.

ENDRENY, T. A. 126. Land Use and Land Cover Effects on Runoff Processes: Urban and Suburban Development. **Encyclopedia of Hydrological Sciences**. 2005.

FAN, Y.; AO, T.; YU, H.; HUANG, G.; LI, X. A coupled 1D-2D hydrodynamic model for urban flood inundation. **Advances in Meteorology**, v. 2017, 2017. DOI: 10.1155/2017/2819308.

FASHCHEVSKAYA, T. B.; POLIANIN, V. O.; FEDOSOVA, L. V. Structural analysis of water quality formation in an urban watercourse: point, non-point, transit, and natural components. **Water Resources**, v. 45, n. 1, p. 67-78, 2018. DOI: 10.1134/S0097807818050330.

FEITOSA, E. R.; YADA, M. M.; SOARES, N. M. Uso de Cisternas na Captação da Água da Chuva para Uso Animal. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 305-314, 2018. DOI: 10.31510/infa.v15i1.351.

FEITOSA, F. F. S. **Avaliação do uso de trincheiras de infiltração para atenuação de picos de cheia utilizando o SWMM**. 2015. 102 p. Dissertação (Engenharia Hidráulica e Ambiental Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará Centro de Tecnologia, Juazeiro do Norte/CE, 2015.

FERREIRA, T. S.; BARBASSA, A. P.; MORUZZI, R. B. Controle de enchentes no lote por poço de infiltração de água pluvial sob nova concepção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 437-446, 2018. DOI:10.1590/S1413-41522018161116.

FILHO, G. M. M., ANDRADE, R. S.; ZUKOWSKI, J. C.; MAGALHÃES, L. L. Modelos hidrológicos: conceitos e aplicabilidades. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 35-47, 2013. DOI: 10.18316/268.

GAO, H.; SABO, J. L.; CHEN, X.; LIU, Z.; YANG, Z.; REN, Z.; LIU, M. Landscape heterogeneity and hydrological processes: a review of landscape-based hydrological models. **Landscape ecology**, v. 33, p. 1461-1480, 2018. DOI: 10.1007/s10980-018-0690-4.

GEORGANOS, S.; GRIPPA, T.; VANHUYSSE, S.; LENNERT, M.; SHIMONI, M.; WOLFF, E. Very high-resolution object-based land use–land cover urban classification using extreme gradient boosting. **IEEE geoscience and remote sensing letters**, v. 15, n. 4, p. 607-611, 2018. DOI: 10.1109/LGRS.2018.2803259.

GHARARI, S.; HRACHOWITZ, M.; FENICIA, F.; SAVENIJE, H.H.G. Hydrological landscape classification: investigating the performance of HAND based landscape classifications in a central European meso-scale catchment. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 11, p. 3275- 3291, 2011.

GILLIOM, R. L.; BELL, C. D.; HOGUE, T. S.; MCCRAY, J. E. Adequacy of linear models for estimating stormwater best management practice treatment performance. **Journal of Sustainable Water in the Built Environment**, v. 6, n. 4, p. 04020016, 2020. DOI: 10.1061/JSWBAY.0000921.

- GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. Considerações a respeito das inundações no Brasil. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa. Porto Alegre: **ABRH**, 2005.
- GOERL, R. F.; MICHEL, G. P.; KOBIYAMA, M. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.69, p.61-69, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n1-44032.
- GUADALUPE, D. C. **Modelagem e análise espacial da paisagem Urbana de Divinópolis/MG. 2019.** 103p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais, Lages, 2018.
- GUO, J. C.; URBONAS, B. Conversion of natural watershed to kinematic wave cascading plane. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 14, n. 8, p. 839-846, 2009. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000045.
- HAASE, D.; NUISSL, H. Does urban sprawl drive changes in the water balance and policy?: The case of Leipzig (Germany) 1870–2003. **Landscape and Urban Planning**, v. 80, n. 1-2, p. 1-13, 2007. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2006.03.011.
- HAMILTON, B.; COOPS, N. C.; LOKMAN, K. Time series monitoring of impervious surfaces and runoff impacts in Metro Vancouver. **Science of The Total Environment**, v. 760, p. 143873, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143873.
- HAMOUZ, V.; MØLLER-PEDERSEN, P.; MUTHANNA, T. M. Modelling runoff reduction through implementation of green and grey roofs in urban catchments using PCSWMM. **Urban Water Journal**, v. 17, n. 9, p. 813-826, 2020. DOI: 10.1080/1573062X.2020.1828500.
- HERRMANN, M. L. P.; ALVES, D. B. Síntese dos desastres naturais de 1980 a 2010. **Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina: período de**, p. 207-212, 1980.
- HOLDER, C. D.; GIBBES, C. Influence of leaf and canopy characteristics on rainfall interception and urban hydrology. **Hydrological sciences journal**, v. 62, n. 2, p. 182-190, 2017. DOI: 10.1080/02626667.2016.1217414.
- HU, H.; ZHANG, X.; MENG, C.; CHENG, C.; WANG, Y. **Urban hydrological model (UHM) developed for urban flash flood simulation and analysis of sensitivity of flood intensity to urbanization.** 2021. DOI: 10.21203/rs.3.rs-756738/v1.
- ICE, G. History of innovative best management practice development and its role in addressing water quality limited waterbodies. **Journal of Environmental Engineering**, v. 130, n. 6, p. 684-689, 2004. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9372(2004)130:6(684).
- ICHIBA, A.; GIRES, A.; TCHIGUIRINSKAIA, I.; SCHERTZER, D.; BOMPARD, P.; VELDHUIS, M. C. T. Scale effect challenges in urban hydrology highlighted with a distributed hydrological model. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, n. 1, p. 331-350, 2018. DOI: 10.5194/hess-22-331-2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **População Primeiros Resultados. Censo 2022.** Atualizado em 27 de out. 2023. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm_source=ibge&utm_medium=home&utm_campaign=

aign=portal. Acesso e 30 de out. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET: **Eventos extremos: novembro/2023 foi marcado por chuva acima da média nos estados do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte e Bahia.** Disponível em:

[https://portal.inmet.gov.br/noticias/eventos-extremos-novembro-2023-foi-marcado-por-chuva-acima-da-m%C3%A9dia-nos-estados-do-rio-grande-do-sul-rio-grande-do-norte-e-bahia#:~:text=As%20chuvas%20ocorridas%20na%20Regi%C3%A3o,\)%20com%2014%2C4%20mm](https://portal.inmet.gov.br/noticias/eventos-extremos-novembro-2023-foi-marcado-por-chuva-acima-da-m%C3%A9dia-nos-estados-do-rio-grande-do-sul-rio-grande-do-norte-e-bahia#:~:text=As%20chuvas%20ocorridas%20na%20Regi%C3%A3o,)%20com%2014%2C4%20mm). Acesso em: 15 de dez. 2023.

IRVINE, K. N.; SOVANN, C.; SUTHIPONG, S.; KOK, S.; CHEA, E. Application of PCSWMM to assess wastewater treatment and urban flooding scenarios in Phnom Penh, Cambodia: A tool to support eco-city planning. **Journal of Water Management Modeling**, **C389** 2015. DOI: 10.14796/JWMM.C389.

ISLAM, A. R. M. T.; TALUKDAR, S.; MAHATO, S.; KUNDU, S.; EIBEK, K. U.; PHAM, Q. B.; KURIQI, A.; LINH, N. T. T. Flood susceptibility modelling using advanced ensemble machine learning models. **Geoscience Frontiers**, v. 12, n. 3, p. 101075, 2021. DOI: 10.1016/j.gsf.2020.09.006.

JACOB, A. C. P.; REZENDE, O. M.; SOUSA, M. M.; RIBEIRO, L. B. F.; OLIVEIRA, A. K. B.; ARRAIS, C. M.; MIGUEZ, M. G. Use of detention basin for flood mitigation and urban requalification in Mesquita, Brazil. **Water Science and Technology**, v. 79, n. 11, p. 2135-2144, 2019. DOI: 10.2166/wst.2019.212.

JAMES, W. Rules for responsible modeling. Guelph, Ontario: **CHI**, 2003.

JI, H.; PENG, D.; FAN, C.; ZHAO, K.; GU, Y.; LIANG, Y. Assessing effects of non-point source pollution emission control schemes on Beijing's sub-center with a water environment model. **Urban Climate**, v. 43, p. 101148, 2022. DOI: 10.1016/j.uclim.2022.101148.

JIN, Y.; LIU, X.; CHEN, Y.; LIANG, X. Land-cover mapping using Random Forest classification and incorporating NDVI time-series and texture: A case study of central Shandong. **International journal of remote sensing**, v. 39, n. 23, p. 8703-8723, 2018. DOI: 10.1080/01431161.2018.1490976.

JOHNSON, J. M.; MUNASINGHE, D.; EYELADE, D.; COHEN, S. An integrated evaluation of the national water model (NWM)–Height above nearest drainage (HAND) flood mapping methodology. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 19, n. 11, p. 2405-2420, 2019. DOI: 10.5194/nhess-19-2405-2019.

JONGMAN, B. Effective adaptation to rising flood risk. **Nature communications**, v. 9, n. 1, p. 1-3, 2018. DOI:10.1038/s41467-018-04396-1.

KHALAF, M.; ALASKAR, H.; HUSSAIN, A. J.; BAKER, T.; MAAMAR, Z.; BUYYA, R.; LIATSIS, P.; KHAN, W.; TAWFIK, H.; AL-JUMEILY, D. IoT-enabled flood severity prediction via ensemble machine learning models. **IEEE Access**, v. 8, p. 70375-70386, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2986090.

KHALEGHI, E.; SADODDIN, A.; NAJAFINEJAD, A.; BAHREMAND, A. Flood hydrograph simulation using the SWMM model: A semiarid zone watershed case study, Shiraz Khoshk River, Iran. **Natural Resource Modeling**, v. 33, n. 2, p. e12269, 2020. DOI: 10.1111/nrm.12269.

- KIA, A.; WONG, H. S.; CHEESEMAN, C. R. High-strength clogging resistant permeable pavement. **International Journal of Pavement Engineering**, v. 22, n. 3, p. 271-282, 2021. DOI: 10.1080/10298436.2019.1600693.
- KIBLER, D. F. Desk-top methods for urban stormwater calculation. **Urban stormwater hydrology**, v. 7, p. 87-135, 1982. DOI: 10.1029/WM007p0087.
- KIM, H.; MARCOUILLER, D. W. Mitigating flood risk and enhancing community resilience to natural disasters: plan quality matters. **Environmental Hazards**, v. 17, n. 5, p. 397-417, 2018. DOI:10.1080/17477891.2017.1407743.
- KOK, K.; MOHD SIDEK, L.; JUNG, K.; KIM, J. Analysis of runoff aggregation structures with different flow direction methods under the framework of power law distribution. **Water Resources Management**, v. 32, p. 4607-4623, 2018. DOI: 10.1007/s11269-018-2074-6.
- KUMAR, S.; KAUSHAL, D. R.; GOSAIN, A. K. Assessment of stormwater drainage network to mitigate urban flooding using GIS compatible PCSWMM model. In: **ASCE India Conference 2017**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2017. p. 38-46. DOI: 10.1061/9780784482025.005.
- KURUPPU, U.; RAHMAN, A. R; RAHMAN, M. A. Permeable pavement as a stormwater best management practice: a review and discussion. **Environmental Earth Sciences**, v. 78, n. 10, p. 1-20, 2019. DOI: 10.1007/s12665-019-8312-2.
- LAGES. **Lei complementar nº 523, de 22 de agosto de 2018**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial de Lages - PDDT-LAGES.
- LAGES. **Lei complementar nº 627, de 16 de outubro de 2023**. Altera dispositivos da Lei Complementar nº 523 de 22.08.2018 que Instituiu o Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial de Lages - PDDT-LAGES.
- LAGES. **Projeto de Lei nº 0024, de março de 2016**. Aprova o Plano Municipal de Desenvolvimento Rural e dá Outras Providências - PMDR-LAGES.
- LAL, M.; MISHRA, S. K.; PANDEY, A. Empirical evaluation of Soil Conservation Service Curve Number inspired sediment yield model. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 16, n. 2, p. 142-150, 2017. DOI: 10.5958/2455-7145.2017.00020.0.
- LAVNITCKI, L. **Avaliação da qualidade da água superficial e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande no município de Lages/SC**. 2018. 135 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.
- LI, S.; LIU, Y.; HER, Y.; CHEN, J.; GUO, T.; SHAO, G. Improvement of simulating sub-daily hydrological impacts of rainwater harvesting for landscape irrigation with rain barrels/cisterns in the SWAT model. **Science of The Total Environment**, v. 798, p. 149336, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149336.
- LI, X.; ZHANG, W.; ZHAO, C.; LI, H.; SHI, R. Nitrogen interception and fate in vegetated ditches using the isotope tracer method: A simulation study in northern China. **Agricultural Water Management**, v. 228, p. 105893, 2020. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105893.
- LI, Z.; DEMIR, I. A comprehensive web-based system for flood inundation map generation and comparative analysis based on height above nearest drainage. **Science of the Total**

Environment, v. 828, p. 154420, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154420.

LIMA, L. S. **Implementação de um modelo hidrológico distribuído na plataforma de modelagem Dinâmica EGO**. 2011. 108 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LIMA, R. C. A.; BARBOSA, A. V. B. Natural disasters, economic growth and spatial spillovers: Evidence from a flash flood in Brazil. **Papers in Regional Science**, v. 98, n. 2, p. 905-924, 2019. DOI: 10.1111/pirs.12380.

LIU, J.; LIU, X.; WANG, Y.; LI, Y.; JIANG, Y.; FU, Y.; WU, J. Landscape composition or configuration: which contributes more to catchment hydrological flows and variations?. **Landscape Ecology**, v. 35, p. 1531-1551, 2020. DOI: 10.1007/s10980-020-01035-3.

LIWANAG, F.; MOSTRALES, D. S.; IGNACIO, M. T. T.; OREJUDOS, J. N. Flood modeling using GIS and PCSWMM. **Engineering Journal**, v. 22, n. 3, p. 279-289, 2018. DOI: 10.4186/ej.2018.22.3.279.

LIZ, M. S. M. de. **Influência do rio Caveiras nas inundações dos rios Carahá e Ponte Grande**. 161 p. 2018. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

LOHMANN, M. **Regressão logística e redes neurais aplicadas à previsão probabilística de alagamentos no Município de Curitiba, 2013**. 231 p. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, PR, 2011.

MAGNAGO, R. F.; MEDEIROS, P.; RAIMUNDO, R. P.; COSTA, S. C. Desastres naturais no estado de Santa Catarina-1998 a 2019. **MIX Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 105-114, 2021. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n4.105-114.

MAGRO, R. B. Aplicação de redes neurais artificiais para previsão de inundação em uma área urbana. Lages, 2021. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2021.

MAKRAKIS, M.C. Mapeamento e análise das áreas suscetíveis a inundações no município de Lages-SC. 2017. 106 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017.

MANCHIKATLA, S. K.; UMAMAHESH, N. V. Simulation of flood hazard, prioritization of critical sub-catchments, and resilience study in an urban setting using PCSWMM: a case study. **Water Policy**, v. 24, n. 8, p. 1247-1268, 2022. DOI: 10.2166/wp.2022.291

MARTINS, L. G. B. **Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas**. 2017. 197 p. Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2017.

MAXWELL, A. E.; STRAGER, M. P.; WARNER, T. A.; RAMEZAN, C. A.; MORGAN, A. N.; PAULEY, C. E. Large-area, high spatial resolution land cover mapping using random forests, GEOBIA, and NAIP orthophotography: Findings and recommendations. **Remote Sensing**, v. 11, n. 12, p. 1409, 2019. DOI: 10.3390/rs11121409.

MCCUEN, R. H. Hydrologic design and analysis. **Prince Hall, New Jersey**, ed. 2nd. p.814, 1998. ISBN: 978-0131349582.

MENGUE, V.; GUERRA, R.; MONTEIRO, D.; MORAES, M.; VOGT, H. Análise da expansão urbana em áreas suscetíveis à inundação utilizando o modelo HAND: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n 12, p. 231-253, 2017. DOI: 10.17127/got/2017.12.010.

MOGES, E.; DEMISSIE, Y.; LARSEN, L.; YASSIN, F. Sources of hydrological model uncertainties and advances in their analysis. **Water**, v. 13, n. 1, p. 28, 2021. DOI: 10.3390/w13010028.

MOMO, M. R. **Avaliação da aplicação do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis a inundação no município de Blumenau**. 84p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2015.

MORELLI, D. R. T.; BARBASSA, A. P. Planejamento Urbano com Técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2014.

MÜLLER, Y. T.; FAN, F. M.; BUFFON, F. T.; MARCUZZO F.F.N. Efeito da discretização na calibração do modelo MGB-IPH para a bacia do rio Uruguai. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, 2019.

MUNDIM, V. C.; REIS, R. P. A. Análise da influência de parâmetros de projeto no dimensionamento de poços de infiltração de águas pluviais. **Paranoá**, n. 34, p. 1-25, 2023. DOI: 10.18830.

NASCIMENTO, A. C. M.; TEIXEIRA, W. G.; GONÇALVES, A. O. Modelagem no HYDRUS, balanço hídrico: Bacia do Bonfim, Petrópolis-RJ. Workshop de Simulação de Fluxos de Água e Solutos no Solo, 2022, Rio de Janeiro. **Embrapa Solos e Universidade do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: ed. dos Autores, 2022. p. 35-38.

NEGRÃO, A. C. **Modelagem hidrodinâmica unidimensional da passagem de onda de cheia em um córrego urbano considerando escoamento transcrito**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

NETO, S. L. R. **Meta 2 – Estudo Hidrológico: Volumes e Tempos de Recorrência UDESC/CAV**. Lages: 2019b.

NETO, S. L. R. **Meta 4 - Modelagem Hidrodinâmica: Cenários I e II**. Lages: 2019c.

NETO, S. L. R. **Relatório Preliminar de Impacto Ambiental dos Cenários Analisados Cenário III – Reservatório de Detenção (Bairro Passo Fundo)**. Lages 2019

NETO, S. L. R.; RICARDO, G. S.; MENDES, C. F.; CUNHA, M. B. Modelagem Hidráulica Dos Eventos De Inundações Em Lages (SC). *In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Porto Alegre: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2015. p. 1–7

NETO, S. L. R.; SANTOS, V. J.; SCHUTZ, E. L. D.; MOLINER, L. M.; KLOTH, C. G.; SCHIER, D. T.; OTHMAN, A. A.; BISPO, P. D. C. Application of Hydro-Based Morphological Models for Environmental Assessment of Watersheds. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 12, n. 8, p. 314, 2023. DOI: 10.3390/ijgi12080314.

NETTO, J. M. A.; FERNANDÉZ, M. F. Manual de Hidráulica. 8ª edição. **Ed. Edgard Blucher**, 1998. ISBN: 9788521202776.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNÓ, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; SALESKA, S. **Journal of Hydrology**, v. 404, n. 1, p. 13-29, 2011. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2011.03.051.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; MOMO, M. R.; SEVERO, D. L.; PINHEIRO, A.; NOBRE, C. A. HAND contour: A new proxy predictor of inundation extent. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 2, p. 320-333, 2015. DOI: 10.1002/hyp.10581.

OBERASCHER, M.; ZISCHG, J.; PALERMO, S. A.; KINZEL, C.; RAUCH, W.; SITZENFREI, R. Smart rain barrels: Advanced LID management through measurement and control. In: **New Trends in Urban Drainage Modelling: UDM 2018 11**. Springer International Publishing, 2019. p. 777-782. DOI: 10.1007/978-3-319-99867-1_134.

O'CALLAGHAN, J. F.; MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital Elevation Data. **Computer Vision, Graphics and Image Processing**. v.28, p.328-344, 1984. DOI: 10.1016/S0734-189X(84)80011-0.

OLIVEIRA, J. C. **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, 2015.

OSAWA, T.; NISHIDA, T.; OKA, T. High tolerance land use against flood disasters: How paddy fields as previously natural wetland inhibit the occurrence of floods. **Ecological Indicators**, v. 114, p. 106306, 2020. DOI:10.1016/j.ecolind.2020.106306.

PADILHA, V. L. Modelagem hidrológica orientada por eventos de inundação em Lages/SC. 2017. 174 p. 2017. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.

PANOS, C. L.; WOLFAND, J. M.; HOGUE, T. S. Assessing resilience of a dual drainage urban system to redevelopment and climate change. **Journal of Hydrology**, v. 596, p. 126101, 2021. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.126101.

PATEL, D. P.; RAMIREZ, J.A.; SRIVASTAVA, P. K.; BRAY, M.; HAN, D. Assessment of flood inundation mapping of Surat city by coupled 1D/2D hydrodynamic modeling: a case application of the new HEC-RAS 5. **Natural Hazards** v. 89, n. 1, pág. 93-130, 2017. DOI: 10.1007/s11069-017-2956-6.

PATERSON, D. L.; WRIGHT, H.; HARRIS, P. N. Health risks of flood disasters. **Clinical Infectious Diseases**, v. 67, n. 9, p. 1450-1454, 2018. DOI: 10.1093/cid/ciy227.

PAULE-MERCADO, M. A.; LEE, B. Y.; MEMON, S. A.; UMER, S. R.; SALIM, I.; LEE, C. H. Influence of land development on stormwater runoff from a mixed land use and land cover catchment. **Science of the Total Environment**, v. 599, p. 2142-2155, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.081.

PENG, Z.; JINYAN, K.; WENBIN, P.; XIN, Z.; YUANBIN, C. Effects of Low-Impact Development on Urban Rainfall Runoff under Different Rainfall Characteristics. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 28, n. 2, 2019. DOI: 10.15244/pjoes/85348.

PEPLAU, G. J. R. **Análise de critérios para definição de vazão de restrição para o controle do escoamento superficial urbano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do riacho do Sapo, Maceió-AL**. 126 f. Dissertação Mestrado – Programa de Pós-graduação em

Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.

PEREIRA, M. C. S.; GOBATTI, L.; SOARES, M. C.; LEITE, B. C. C.; MARTINS, J. R. S. Soluções baseadas na natureza: quadro da ocupação da cidade de São Paulo por células de biorretenção. **Revista Labverde**, v. 11, n. 1, p. 95-120, 14 dez. 2021. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). DOI: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189292.

PESSOA, N. M. M.; BECEGATO, V. A.; BERLANDA, A. Simulação de dispositivos LID para a gestão sustentável de água pluviais na bacia hidrográfica do rio ponte grande. **Geoambiente On-line**, n. 45, 2023.

PHAN, T.N.; KUCH, V.; LEHNERT, L.W. Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier - The Role of Image Composition. **Remote Sensing**, v. 12, n. 15, p. 2411, 2020. DOI: 10.3390/rs12152411.

PRASAD, V.; YOUSUF, A.; SHARMA, N. Hydrological modeling for watershed management. **Journal of Natural Resource Conservation and Management**, v. 1, n. 1, p. 29, 2020. DOI: 10.51396/ANRCM.1.1.2020.29-34.

PRIMO, V. H. C. Análise de impactos econômicos e da vulnerabilidade em eventos de inundações no município de Lages/SC. 144 p. 2022. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2022.

QUIRÓS, B. E. U. **Diagnóstico y propuesta de soluciones en la red de alcantarillado pluvial del Campus Central del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Cartago)**. 2018. 112 p. Trabajo Fin de Máster - Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente - Departament d'Enginyeria Hidràulica i Medi Ambient, 2018.

RAMOS, C. **Condições geomorfológicas e climáticas das cheias de Ribeira de Tera e do Rio Maior (Bacia Hidrográfica do Tejo)**. Lisboa: CEGUL, 2019. 520 p. DOI: 10.33787/CEG20190025.

RAUF, A.; GHUMMAN, A. R. Impact assessment of rainfall-runoff simulations on the flow duration curve of the Upper Indus River: a comparison of data-driven and hydrologic models, **Water**, v. 10, n. 7, p. 1-23, 2018. DOI: 10.3390/w10070876.

RENNÓ, C. D. **Construção de um sistema de análise e simulação hidrológica: aplicação a bacias hidrográficas**. 148 p. 2004. Tese de Doutorado. Tese de Doutoramento, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 2004.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 9, p. 3469- 3481, set. 2008. DOI: 10.1016/j.rse.2008.03.018.

ROSSMAN, L.A. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2. U.S. **Environmental Protection Agency**, 2022.

SAHOO, S. N.; PEKKAT, S. Detention ponds for managing flood risk due to increased imperviousness: case study in an urbanizing catchment of India. **Natural Hazards Review**, v. 19, n. 1, p. 05017008, 2018. DOI: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000271.

SANTOS, D. M. **Medidas de controle de escoamento superficial na fonte por meio de dispositivos de infiltração e de reservação em conjuntos habitacionais verticalizados e horizontalizados**. 2019. 114p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, RS, 2019.

SANTOS, E. D. S.; PINHEIRO, H. S. K.; GALLO, H. Height Above the Nearest Drainage to Predict Flooding Areas in São Luiz do Paraitinga, São Paulo. **Floresta e Ambiente**, v. 28, 2021. DOI:10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0070.

SANTOS, K. A. **Utilização de modelo hidrodinâmico para mapeamento de áreas inundáveis**. 91p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SARTORI, A. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos**. 2004. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

SARTORI, A.; NETO, F.L.; GENOVEZ, A.M. 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, 2005. DOI: 10.21168/rbrh.v10n4.p5-18.

SCHIER, D. T. **Topographic detection index assessment for flooded urban areas**. 2020. 117 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Lages, SC, 2020.

SCOLARO, T. P.; GHISI, E. A literature review of layers materials and purposes. **Science of The Total Environment**, v. 829, p. 154650, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154650.

SEIBERT, J.; MCGLYNN, B. L. A new triangular multiple flow direction algorithm for computing upslope areas from gridded digital elevation models. **Water resources research**, v. 43, n. 4, 2007. DOI: 10.1029/2006WR005128.

SERRANA, G. M.; GULLIVER, J. S.; NIEBER, J. L. Calculator to estimate annual infiltration performance of roadside swales. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 23, n. 6, p. 04018017, 2018. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001650.

SIDEK, L. M.; CHUA, L. H. C.; AZIZI, A. S. M.; BASRI, H.; JAAFAR, A. S.; MOON, W. C. Application of PCSWMM for the 1-D and 1-D-2-D Modeling of Urban Flooding in Damansara Catchment, Malaysia. **Applied Sciences**, v. 11, n. 19, p. 9300, 2021. DOI: 10.3390/app11199300.

SILVA, A. P. H. TASSI, R.; GRAEPIN, C.; BRACHER, G. H.; MACHADO, A. A. M. Avaliação de Impacto Ambiental e Proposta de Mitigação com Emprego de Técnicas de LID. **XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2019.

SILVA, W.F.; MOLLERI, G.S.F.; PINTO, M.B.P, ARAÚJO JUNIOR, G.J.L.D. Análise do modelo HAND para a indicação de áreas suscetíveis a eventos críticos de cheias. In: **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. São José dos Campos: Inpe. p. 7001-7008, 2013.

SOCCOL, O. J.; CARDOSO, C. O.; MIQUELLUTI, D. J. Análise da precipitação mensal

provável para o município de Lages, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 569-574, 2010. DOI: 10.1590/S1415-43662010000600001.

SOUZA, F. P.; PERTEL, M. Complexidades para a aplicação dos aspectos normativos para a gestão de recursos hídricos no Brasil. **Exatas & Engenharias**, v. 10, n. 27, p. 70-82, 2020. DOI:10.25242/885X102720201747

SPECKHANN, G. A. **Uma proposta de mapeamento de risco de inundação na bacia do Rio Itajaí-Açu utilizando descritores de terreno**. 2018. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SPEISER, J. L.; MILLER, M.E.; TOOZE, J.; IP, E. A comparison of random forest variable selection methods for classification prediction modeling. **Expert systems with applications**, v. 134, p. 93-101, 2019. DOI: 10.1016/j.eswa.2019.05.028.

SURIPIN, S.; DARSONO, S.; KURNIANI, D.; HUTAGALUNG, W. F.; DINTIA, D. V. Development of sustainable detention ponds for flood and sediment control in urban areas. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1625/1/012046.

SURWASE, T.; SRINIVASARAO, G.; MANJUSREE, P.; BEGUM, A.; NAGAMANI, P.V.; JAISANKAR, G. Flood inundation simulation of Mahanadi River, Odisha during September 2008 by using HEC-RAS 2D model. In: **Proceedings of International Conference on Remote Sensing for Disaster Management**. Springer, Cham, 2019. p. 851-863. DOI: 10.1007/978-3-319-77276-9_77.

SUSCA, T. Green roofs to reduce building energy use? A review on key structural factors of green roofs and their effects on urban climate. **Building and environment**, v. 162, p. 106273, 2019. DOI 10.1016/j.buildenv.2019.106273.

TARBOTON, D. G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. **Water resources research**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 1997. DOI: 10.1029/96WR03137.

TEIXEIRA, G. S.; RODRIGUES, R. S. S.; CRISPIM, D. L.; FERNANDES, L. L.; BITTENCOURT, G. M. Metodologias para Caracterização e Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n 4, e197943063-e197943063. DOI: 10.33448/rsd-v9i4.3063.

TELUGUNTLA, P.; THENKABAIL, P.S.; OLIPHANT, A.; XIONG, J.; GUMMA, M. K.; CONGALTON, R.G.; CONGALTON, R.G.; YADAV, K.; HUETE, A. A 30-m landsat-derived cropland extent product of Australia and China using random forest machine learning algorithm on Google Earth Engine cloud computing platform. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 144, p. 325-340, 2018. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2018.07.017.

TIEPOLO, M.; GALLIGARI, A. Urban expansion-flood damage nexus: evidence from the dosso region, niger. **Land Use Policy**, [S.L.], v. 108, p. 105547, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105547>.

TOKAR, O.; VOVK, O.; KOLYASA, L.; HAVRYLIUK, S.; KOROL, M. Using the Random Forest classification for land cover interpretation of Landsat images in the Prykarpattya region of Ukraine. In: 2018 IEEE 13th **International Scientific and Technical Conference on**

Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). IEEE, 2018. p. 241-244. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526646.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª Edição. Editora **UFRGS/ABRH**, 2007. ISBN: 978-85-7025-924-0.

UDFCD. 2005. "User manual, Colorado urban hydrograph procedure - CUHP2005, Urban Drainage and Flood Control District." Disponível em: http://www.udfcd.org/downloads/down_software.htm. Acesso em: 10 de set. 2023.

ULLAH, K.; ZHANG, J. GIS-based flood hazard mapping using relative frequency ratio method: A case study of Panjkora River Basin, eastern Hindu Kush, Pakistan. **Plos one**, v. 15, n. 3, p. e0229153, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0229153.

UNITED STATES, **Federal Highway Administration. Hydraulic engineering circular no. 22, third edition**. Washington, DC, 2013.

VENKATARAMANAN, V.; LOPEZ, D.; MCCUSKEY, D. J.; KIEFUS, D.; MCDONALD, R.I.; MILLER, W. M.; PACKMAN, A.I.; YOUNG, S.L. Knowledge, attitudes, intentions, and behavior related to green infrastructure for flood management: A systematic literature review. **Science of the Total Environment**, v. 720, p. 137606, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137606.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill. 1975.

VOORDE, T. V.; JACQUET, W.; CANTERS, F. Mapping form and function in urban areas: An approach based on urban metrics and continuous impervious surface data. **Landscape and Urban Planning**, v. 102, n. 3, p. 143-155, 2011. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.03.017.

WANG, J.; DIAO, Y.; CAO, S.; JIA, J.; WANG, J.; GUO, Y. The improved analytical stochastic model of infiltration trenches for stormwater quantity control. **Science of The Total Environment**, v. 903, p. 166527, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.166527.

WANG, J.; GUO, Y. I. Dynamic water balance of infiltration-based stormwater best management practices. **Journal of Hydrology**, v. 589, p. 125174, 2020. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125174.

WANG, M.; ZHANG, D. Q.; SU, J.; DONG, J. W.; TAN, S. K. Assessing hydrological effects and performance of low impact development practices based on future scenarios modeling. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 179, p. 12-23, abr. 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.01.096.

WINTER, T. C. The concept of hydrologic landscapes 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 37, n. 2, p. 335-349, 2001. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2001.tb00973.x.

WOLFAND, J. M.; BELL, C. D.; BOEHM, A. B.; HOGUE, T. S.; LUTHY, R. G. Multiple pathways to bacterial load reduction by stormwater best management practices: Trade-offs in performance, volume, and treated area. **Environmental science & technology**, v. 52, n. 11, p. 6370-6379, 2018. DOI: 10.1021/acs.est.8b00408.

WOODS-BALLARD, B.; WILSON, S.; UDALE-CLARKE, H.; ILLMAN, S.; SCOTT, T.; ASHLEY, R.; KELLAGHER, R. The SUDS manual. 2015. **Ciria C753**. ISBN: 978-0-86017-760-9.

- XU, Z.; XIONG, L.; LI, H.; XU, J.; CAI, X.; CHEN, K.; WU, J. Runoff simulation of two typical urban green land types with the Stormwater Management Model (SWMM): sensitivity analysis and calibration of runoff parameters. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, p. 1-16, 2019. DOI: 10.1007/s10661-019-7445-9.
- YANG, W.; ZHANG, J.; KREBS, P. Low impact development practices mitigate urban flooding and non-point pollution under climate change. **Journal of Cleaner Production**, v. 347, p. 131320, 2022. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131320.
- YAZDI, J.; KHAZAEI, P. Copula-based performance assessment of online and offline detention ponds for urban stormwater management. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 24, n. 9, p. 04019025, 2019. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001810.
- YIM, S.; AING, C.; MEN, S.; SOVANN, C. Applying PCSWMM for stormwater management in the Wat Phnom sub catchment, Phnom Penh, Cambodia. **Journal of Geography, Environment and Earth Science International**, v. 5, n. 3, p. 1-11, 2016. DOI: 10.9734/JGEESI/2016/23525.
- ZENG, Z.; YUAN, X.; LIANG, J.; LI, Y. Designing and implementing an SWMM-based web service framework to provide decision support for real-time urban stormwater management. **Environmental Modelling & Software**, v. 135, p. 104887, 2021. DOI: 10.1016/j.envsoft.2020.104887.
- ZHOU, L.; LIU, P.; GUI, Z.; ZHANG, X.; LIU, W.; CHENG, L.; XIA, J. Diagnosing structural deficiencies of a hydrological model by time-varying parameters. **Journal of Hydrology**, v. 605, p. 127305, 2022. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.127305.
- ZHOU, Q.; LENG, G.; SU, J.; REN, Y. Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. **Science of the Total Environment**, v. 658, p. 24-33, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.184.
- ZHUANG, Q.; LI, M.; LU, Z. Assessing runoff control of low impact development in Hong Kong's dense community with reliable SWMM setup and calibration. **Journal of Environmental Management**, v. 345, p. 118599, 2023. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.118599.
- ZHU, Y.; LI, H.; YANG, B.; ZHANG, X.; MAHMUD, S.; ZHANG, X.; ZHU, Y. Permeable pavement design framework for urban stormwater management considering multiple criteria and uncertainty. **Journal of cleaner production**, v. 293, p. 126114, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126114.

APÊNDICE A: Determinação da largura do escoamento superficial.

Tabela 25: Dados para determinação da largura do escoamento superficial.

Sub-bacia	L (m)	Cota Máx. (m)	Cota Mín. (m)	Dec. (m/m)	A (m ²)	AM (m ²)	X ≤ K	Z	K	Y	L _w (m)	X _w (m)
S1_1	694,543	945,608	901,087	0,064	466553,653	349984,434	0,967	0,750	4	1,457	1012,138	460,958
S1_2	377,002	901,087	892,367	0,023	346421,928	197968,011	2,437	0,571	4	3,597	1356,044	255,465
S10_1	750,751	888,838	886,306	0,003	496239,754	257948,958	0,880	0,520	4	1,755	1317,930	376,530
S10_2	215,507	886,306	886,156	0,001	104212,837	64129,216	2,244	0,615	4	3,265	703,534	148,128
S10_3	164,863	886,156	886,103	0,000	126981,796	116672,779	4,672	0,919	5	3,215	530,019	239,580
S10_4	180,320	886,103	885,372	0,004	145708,373	120314,234	4,481	0,826	5	3,706	668,207	218,059
S10_5	211,470	885,372	884,848	0,002	551101,454	312309,632	0,861	0,728	4	1,357	286,924	134,265
S11	1006,070	890,138	882,487	0,008	554767,026	323983,204	0,548	0,584	4	1,069	1075,420	515,861
S12	365,459	924,984	920,531	0,012	135971,117	101858,519	1,018	0,749	4	1,525	557,299	243,982
S13_1	995,192	984,734	912,378	0,073	551101,454	312309,632	0,556	0,567	4	1,104	1099,154	501,387
S13_2	1201,975	912,378	898,394	0,012	979037,364	557432,499	0,678	0,569	4	1,319	1585,857	617,356
S14	1437,824	905,841	896,469	0,007	1063344,699	638544,077	0,514	0,601	4	0,990	1422,748	747,388
S15_1	611,423	1003,204	934,753	0,112	207643,529	153128,424	0,555	0,737	4	0,901	550,822	376,970
S15_2	923,410	998,320	933,774	0,070	194355,449	101862,920	0,228	0,524	4	0,494	456,114	426,112
S15_3	507,756	933,774	924,984	0,017	282537,115	192294,418	1,096	0,681	4	1,771	899,409	314,137
S16_1	894,387	930,305	890,706	0,044	436464,798	265426,333	0,546	0,608	4	1,036	926,978	470,847
S16_2	228,824	890,706	889,999	0,003	156642,004	124448,245	2,992	0,794	4	3,020	691,112	226,652
S16_3	227,036	889,999	882,489	0,033	151120,533	130792,913	2,932	0,865	4	2,694	611,583	247,098
S17_1	93,338	884,848	884,347	0,005	10272,840	6077,291	1,179	0,592	4	2,088	194,843	52,724
S17_2	529,443	884,347	882,909	0,003	143033,381	72638,607	0,510	0,508	4	1,083	573,583	249,368
S17_3	259,110	882,909	881,764	0,004	146201,287	126917,172	2,178	0,868	4	2,289	593,128	246,492
S18_1	297,529	924,546	917,563	0,023	191719,307	153089,162	2,166	0,799	4	2,532	753,490	254,442
S18_2	760,938	999,433	924,546	0,098	199792,236	131346,228	0,345	0,657	4	0,636	483,858	412,915
S19_1	345,041	917,563	915,806	0,005	282933,511	186731,656	2,377	0,660	4	3,207	1106,719	255,651
S19_2	1077,170	915,806	905,841	0,009	846765,805	491928,687	0,730	0,581	4	1,393	1500,712	564,243
S2_1	652,894	975,880	921,103	0,084	222901,096	150935,273	0,523	0,677	4	0,919	600,150	371,409
S2_2	908,374	921,103	892,367	0,032	450561,100	249242,465	0,546	0,553	4	1,101	1000,171	450,484
S20_1	604,918	956,823	917,561	0,065	187287,223	121840,815	0,512	0,651	4	0,930	562,672	332,853
S20_2	634,805	917,561	900,248	0,027	427939,779	303577,458	1,062	0,709	4	1,664	1056,507	405,051
S20_3	404,876	900,248	895,406	0,012	462643,138	310413,131	2,822	0,671	4	3,461	1401,429	330,122
S20_4	415,021	895,406	891,299	0,010	336212,937	199033,231	1,952	0,592	4	3,063	1271,109	264,504
S20_5	115,230	891,299	890,251	0,009	33187,369	24692,891	2,499	0,744	4	2,969	342,171	96,991
S20_6	775,853	924,550	889,437	0,045	250310,622	125412,031	0,416	0,501	4	0,900	698,383	358,414
S20_7	114,135	889,437	887,625	0,016	34785,858	24773,974	2,670	0,712	4	3,203	365,629	95,140
S20_8	157,149	887,625	886,210	0,009	111968,972	79852,641	4,534	0,713	5	4,333	680,974	164,425
S20_9	178,830	886,210	884,848	0,008	54917,847	44194,710	1,717	0,805	4	2,143	383,266	143,289
S21_1	499,797	942,064	919,718	0,045	128836,726	106457,075	0,516	0,826	4	0,743	371,360	346,932
S21_2	1079,249	919,737	905,841	0,013	484127,074	247707,379	0,416	0,512	4	0,890	960,718	503,922
S22	254,298	881,764	881,059	0,003	34748,751	20589,500	0,537	0,593	4	1,040	264,397	131,427
S23_1	1175,826	967,779	927,364	0,034	404263,936	228294,411	0,292	0,565	4	0,602	708,135	570,885
S23_2	306,991	927,364	917,563	0,032	113800,407	84651,860	1,208	0,744	4	1,772	543,975	209,201
S24_1	876,972	914,763	888,904	0,029	206917,485	129380,429	0,269	0,625	4	0,520	455,877	453,889
S24_2	257,848	888,904	886,173	0,011	43869,189	37113,278	0,660	0,846	4	0,905	233,353	187,995
S24_3	110,809	886,173	881,059	0,046	27552,710	24380,081	2,244	0,885	4	2,270	251,550	109,532
S25_1	944,475	927,912	887,321	0,043	388548,397	289686,884	0,436	0,746	4	0,710	670,789	579,241
S25_2	103,118	887,321	881,059	0,061	42206,492	38841,201	3,969	0,920	4	2,650	273,269	154,450
S25_3	443,898	881,059	880,945	0,000	133535,493	80888,547	0,678	0,606	4	1,268	562,801	237,270
S26_1	802,591	957,537	900,318	0,071	358246,849	220060,117	0,556	0,614	4	1,048	840,852	426,052
S26_2	622,109	900,318	889,618	0,017	401783,312	308474,647	1,038	0,768	4	1,512	940,661	427,129
S26_3	425,523	889,618	884,037	0,013	357142,248	310820,118	1,972	0,870	4	2,139	910,185	392,384
S26_4	124,624	884,037	882,764	0,010	21655,648	17182,589	1,394	0,793	4	1,859	231,719	93,456
S26_5	85,424	882,764	881,825	0,011	13929,631	9080,157	1,909	0,652	4	2,818	240,689	57,874
S26_6	76,547	881,825	881,231	0,008	31551,454	27346,469	5,385	0,867	6	4,101	313,955	100,497
S26_7	123,718	881,231	880,409	0,007	26548,161	17711,604	1,734	0,667	4	2,586	319,932	82,981
S26_8	418,709	880,945	880,709	0,001	151672,610	96432,609	0,865	0,636	4	1,524	638,161	237,671
S26_9	653,223	917,809	880,688	0,057	150155,759	119262,452	0,352	0,794	4	0,543	354,497	423,575
S27_1	885,595	924,108	879,371	0,051	128251,948	96080,342	0,164	0,749	4	0,275	243,463	526,782
S27_2	143,016	879,371	879,280	0,001	44621,178	26206,648	2,182	0,587	4	3,310	473,385	94,260
S27_3	975,097	925,372	879,024	0,048	94415,645	66890,504	0,099	0,708	4	0,177	173,006	545,735
S27_4	1324,831	925,051	879,159	0,035	305598,684	175104,754	0,174	0,573	4	0,361	478,125	639,161
S28_1	799,552	945,513	896,933	0,061	256609,748	187432,246	0,401	0,730	4	0,671	536,225	478,549
S28_2	291,736	896,933	893,782	0,011	143595,857	96731,044	1,687	0,674	4	2,515	733,634	195,732
S28_3	278,126	893,782	886,744	0,025	109717,077	73814,383	1,418	0,673	4	2,206	613,655	178,793
S28_4	119,299	886,744	884,025	0,023	31224,163	20485,289	2,194	0,656	4	3,071	366,417	85,215
S28_5	211,682	884,025	880,477	0,017	80551,832	53973,223	1,798	0,670	4	2,644	559,673	143,927
S28_6	147,907	880,477	879,228	0,008	34926,764	20667,387	1,597	0,592	4	2,653	392,400	89,008
S29	144,863	879,159	879,036	0,001	30718,755	24231,829	1,464	0,789	4	1,944	281,628	109,076
S3_1	796,074	991,730	922,213	0,087	228923,670	154224,445	0,361	0,674	4	0,651	518,602	441,425
S3_2	718,696	920,531	912,649	0,011	291871,194	194585,885	0,565	0,667	4	1,000	718,894	406,000
S4_1	858,910	951,687	897,532	0,063	476134,096	255039,675	0,645	0,536	4	1,308	1123,333	423,858
S4_2	347,862	897,532	890,138	0,021	161756,558	122648,413	1,337	0,758	4	1,888	656,665	246,331
S5_1	689,979	966,392	930,447	0,052	290701,860	179342,325	0,611	0,617	4	1,138	785,502	370,084
S5_2	538,435	930,447	920,531	0,018	271681,189	145981,694	0,937	0,537	4	1,820	980,210	277,166
S6_1	799,953	912,649	898,682	0,017	431603,017	236992,013	0,674	0,549	4	1,342	1073,811	401,936
S6_2	193,092	898,682	896,469	0,011	19552,264	9777,019	0,524	0,500	4	1,120	216,267	90,408
S7_1	192,640	892,367	891,262	0,006	167712,086	124758,552	4,519	0,744	5	4,162	801,732	209,187
S7_2	265,933	891,262	888,837	0,009	58357,648	41384,540	0,825	0,709	4	1,338	355,762	164,036

Sub-bacia	L (m)	Cota Máx. (m)	Cota Mín. (m)	Dec. (m/m)	A (m ²)	AM (m ²)	X ≤ K	Z	K	Y	Lw (m)	Xw (m)
S8	523,985	898,394	890,231	0,016	393210,926	278733,805	1,432	0,709	4	2,126	1114,069	352,950
S9	1168,540	896,469	888,838	0,007	462585,347	256909,532	0,339	0,555	4	0,700	818,535	565,138

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE B: Dados de uso e ocupação da terra.

Tabela 26: Uso e ocupação da terra para cada sub-bacia.

Sub-bacia	Água	Área urbana	Calçada	Linha férrea	Pavimento asfáltico	Pavimento intertravado	Pavimento em terra	Terreno sem vegetação rasteira	Vegetação rasteira	Vegetação rasteira densa	Total
S1_1	(m ²) 5912,55 (%) 1,27	580,63 0,12	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	8923,60 1,91	20165,65 4,32	328065,71 70,32	102905,51 22,06	466553,65 100,00
S1_2	(m ²) 6735,33 (%) 1,94	4803,91 1,39	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	2488,75 0,72	65870,34 19,01	220333,31 63,60	46190,29 13,33	346421,93 100,00
S10_1	(m ²) 122998,71 (%) 24,79	7506,85 1,51	4033,69 0,81	0,00 0,00	32503,51 6,55	0,00 0,00	30513,99 6,15	55383,12 11,16	212468,17 62,21	30831,72 6,21	496239,75 100,00
S10_2	(m ²) 37227,24 (%) 35,72	2063,99 1,98	1572,64 1,51	0,00 0,00	3874,77 3,72	0,00 0,00	10301,58 9,89	7413,46 7,11	41413,08 39,74	346,09 0,33	104212,84 100,00
S10_3	(m ²) 25011,19 (%) 19,70	4237,98 3,34	1782,18 1,40	0,00 0,00	4740,58 3,73	1237,17 0,97	8604,84 6,78	21546,40 16,97	58866,00 46,36	955,47 0,75	126981,80 100,00
S10_4	(m ²) 46743,59 (%) 32,08	1697,01 1,16	2307,04 1,58	0,00 0,00	5043,77 3,46	1038,37 0,71	14356,65 9,85	15340,63 10,53	58049,18 39,84	1132,12 0,78	145708,37 100,00
S10_5	(m ²) 13164,81 (%) 34,17	2119,64 5,50	802,73 2,08	0,00 0,00	1061,95 2,76	0,00 0,00	3439,27 8,93	5067,64 13,15	10286,65 26,70	2581,28 6,70	38523,98 100,00
S11	(m ²) 162507,28 (%) 29,29	12305,17 2,22	6361,21 1,15	0,00 0,00	5718,84 1,03	12,19 0,00	55734,03 10,05	119348,13 21,51	192017,57 34,61	762,60 0,14	554767,03 100,00
S12	(m ²) 0,00 (%) 0,00	3017,23 2,22	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	4032,66 2,97	45403,24 33,39	83517,99 61,42	135971,12 100,00
S13_1	(m ²) 19019,88 (%) 3,45	3749,31 0,68	638,45 0,12	0,00 0,00	3015,91 0,55	0,00 0,00	8981,04 1,63	115109,62 20,89	235692,23 42,77	164895,00 29,92	551101,45 100,00
S13_2	(m ²) 75576,28 (%) 7,72	15044,42 1,54	0,00 0,00	851,91 0,09	0,00 0,00	0,00 0,00	32270,12 9,80	95994,35 5,32	570959,28 30,32	188340,99 19,24	979037,36 100,00
S14	(m ²) 7223,18 (%) 0,68	16368,23 1,54	3306,91 0,31	0,00 0,00	24798,35 2,33	0,00 0,00	2388,72 0,22	269157,65 25,31	411361,28 38,69	328740,38 30,92	1063344,70 100,00
S15_1	(m ²) 0,00 (%) 0,00	23,85 0,01	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1709,17 0,82	4884,32 2,35	178512,02 85,97	22514,17 10,84	207643,52 100,00
S15_2	(m ²) 205,36 (%) 0,11	4196,65 2,16	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	138800,19 71,42	51153,25 26,32	194355,45 100,00
S15_3	(m ²) 332,72 (%) 0,12	8049,37 2,85	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	31959,10 11,31	235148,77 83,23	7047,15 2,49	282537,11 100,00
S16_1	(m ²) 23988,68 (%) 5,50	1789,01 0,41	2386,05 0,55	0,00 0,00	20528,80 4,70	0,00 0,00	7864,89 1,80	168729,69 38,66	138713,34 31,78	72464,34 16,60	436464,80 100,00
S16_2	(m ²) 31876,38 (%) 20,35	2304,56 1,47	4609,06 2,94	36,63 0,02	4474,99 2,86	0,00 0,00	3221,82 2,06	91603,77 58,48	18456,13 11,78	58,67 0,04	156642,00 100,00
S16_3	(m ²) 19996,36 (%) 13,23	2094,59 1,39	0,00 0,00	4166,12 2,76	2743,10 1,82	0,00 0,00	5558,03 3,68	100417,52 66,45	14057,76 9,30	2087,05 1,38	151120,53 100,00
S17_1	(m ²) 3636,14 (%) 35,40	918,18 8,94	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1023,25 9,96	905,22 8,81	2832,39 27,57	957,67 9,32	10272,84 100,00
S17_2	(m ²) 72979,44 (%) 51,02	5221,95 3,65	517,95 0,36	0,00 0,00	1906,71 1,33	0,00 0,00	23160,89 16,19	12563,37 8,78	21989,35 15,37	4693,72 3,28	143033,38 100,00
S17_3	(m ²) 62533,51 (%) 42,77	3839,39 2,63	1646,65 1,13	0,00 0,00	3854,28 2,64	38,10 0,03	18835,03 12,88	20946,16 14,33	27529,48 18,83	6978,68 4,77	146201,29 100,00
S18_1	(m ²) 0,00 (%) 0,00	3124,21 1,63	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	2865,12 1,49	0,00 0,00	138014,13 71,99	29330,83 15,30	18385,01 9,59	191719,30 100,00
S18_2	(m ²) 0,00 (%) 0,00	8,25 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1437,95 0,72	2861,57 1,43	19538,04 9,78	109651,02 54,88	66295,40 33,18	199792,22 100,00
S19_1	(m ²) 2470,84 (%) 0,87	3438,64 1,22	0,00 0,00	0,00 0,00	6808,19 2,41	0,00 0,00	12,24 0,00	43937,02 15,53	181610,17 64,19	44656,41 15,78	282933,51 100,00
S19_2	(m ²) 9590,35 (%) 1,13	10727,15 1,27	2999,94 0,35	0,00 0,00	5417,00 0,64	0,00 0,00	3476,48 0,41	561375,07 66,30	219117,26 25,88	34062,54 4,02	846765,80 100,00
S2_1	(m ²) 0,00 (%) 0,00	26,12 0,01	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	2637,34 1,18	38554,84 17,30	178067,13 79,89	3615,66 1,62	222901,10 100,00
S2_2	(m ²) 508,34 (%) 0,11	8941,69 1,98	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	2976,02 0,66	81928,90 18,18	236633,88 52,52	119572,26 26,54	450561,10 100,00
S20_1	(m ²) 93750,60 (%) 50,06	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	28458,95 15,20	3505,40 1,87	7510,75 4,01	941,13 0,50	53120,39 28,36	0,00 0,00	187287,22 100,00
S20_2	(m ²) 33241,68 (%) 7,77	36,70 0,01	0,00 0,00	0,00 0,00	8744,90 2,04	0,00 0,00	4925,70 1,15	282604,47 66,04	86775,42 20,28	11610,90 2,71	427939,78 100,00
S20_3	(m ²) 45408,17 (%) 9,81	7731,25 1,67	0,00 0,00	0,00 0,00	23691,35 5,12	0,00 0,00	30475,01 6,59	231294,80 49,99	123754,30 26,75	288,25 0,06	462643,14 100,00
S20_4	(m ²) 121469,07 (%) 36,13	4086,77 1,22	34,33 0,01	0,00 0,00	15834,96 4,71	0,00 0,00	51125,40 15,21	59081,13 17,57	84394,96 25,10	186,31 0,06	336212,94 100,00
S20_5	(m ²) 18704,24 (%) 56,36	1042,18 3,14	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	6288,53 18,95	2453,35 7,39	4699,08 14,16	0,00 0,00	33187,37 100,00
S20_6	(m ²) 64508,21 (%) 25,77	686,35 0,27	1187,06 0,47	0,00 0,00	8647,88 3,45	0,00 0,00	30948,43 12,36	17087,50 6,83	126715,82 50,62	529,39 0,21	250310,62 100,00
S20_7	(m ²) 21278,69	1125,62	614,15	0,00	2199,00	0,00	4511,34	2255,93	1870,63	930,50	34785,86

Sub-bacia	Água	Área urbana	Calçada	Linha férrea	Pavimento asfáltico	Pavimento intertravado	Pavimento em terra	Terreno sem vegetação rasteira	Vegetação rasteira	Vegetação rasteira densa	Total	
	(%)	61,17	3,24	1,77	0,00	6,32	0,00	12,97	6,49	5,38	2,67	100,00
S20_8	(m²)	52653,83	1392,88	2006,01	0,00	8893,87	109,99	19197,47	5263,08	21005,39	1446,45	111968,97
	(%)	47,03	1,24	1,79	0,00	7,94	0,10	17,15	4,70	18,76	1,29	100,00
S20_9	(m²)	22970,92	1625,37	689,99	0,00	1019,06	0,00	6662,48	2998,72	17210,71	1740,59	54917,85
	(%)	41,83	2,96	1,26	0,00	1,86	0,00	12,13	5,46	31,34	3,17	100,00
S21_1	(m²)	6319,25	18,18	0,00	0,00	16269,03	0,00	598,80	18827,28	60494,83	26309,36	128836,72
	(%)	4,90	0,01	0,00	0,00	12,63	0,00	0,46	14,61	46,95	20,42	100,00
S21_2	(m²)	1462,31	10805,20	0,00	0,00	14045,64	0,00	0,00	280200,80	106858,43	70754,69	484127,07
	(%)	0,30	2,23	0,00	0,00	2,90	0,00	0,00	57,88	22,07	14,61	100,00
S22	(m²)	5153,47	2275,85	0,00	469,20	0,00	0,00	1625,67	12419,65	5160,04	7644,86	34748,75
	(%)	14,83	6,55	0,00	1,35	0,00	0,00	4,68	35,74	14,85	22,00	100,00
S23_1	(m²)	25077,89	8611,48	541,23	0,00	7137,20	2690,61	37636,92	187135,25	58564,32	76869,02	404263,92
	(%)	6,20	2,13	0,13	0,00	1,77	0,67	9,31	46,29	14,49	19,01	100,00
S23_2	(m²)	1807,34	2794,09	0,00	0,00	8221,71	0,00	3425,15	66990,07	30462,29	99,75	113800,40
	(%)	1,59	2,46	0,00	0,00	7,22	0,00	3,01	58,87	26,77	0,09	100,00
S24_1	(m²)	106684,82	36,41	3038,38	495,42	16314,62	622,92	29524,07	10642,80	34855,40	4702,64	206917,48
	(%)	51,56	0,02	1,47	0,24	7,88	0,30	14,27	5,14	16,85	2,27	100,00
S24_2	(m²)	21094,79	0,00	0,00	739,61	0,00	0,00	7837,55	10381,25	3815,98	0,00	43869,19
	(%)	48,09	0,00	0,00	1,69	0,00	0,00	17,87	23,66	8,70	0,00	100,00
S24_3	(m²)	14407,30	275,51	0,00	269,60	0,00	0,00	3883,26	2192,92	6524,13	0,00	27552,71
	(%)	52,29	1,00	0,00	0,98	0,00	0,00	14,09	7,96	23,68	0,00	100,00
S25_1	(m²)	53867,27	2702,03	3949,53	0,00	29758,25	12670,81	16311,60	82158,68	169047,36	18082,87	388548,40
	(%)	13,86	0,70	1,02	0,00	7,66	3,26	4,20	21,15	43,51	4,65	100,00
S25_2	(m²)	4629,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	988,35	25921,44	6348,64	4318,08	42206,49
	(%)	10,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,34	61,42	15,04	10,23	100,00
S25_3	(m²)	30519,01	3163,95	0,00	1004,35	1401,26	0,00	11517,69	39119,40	32777,69	14032,13	133535,49
	(%)	22,85	2,37	0,00	0,75	1,05	0,00	8,63	29,30	24,55	10,51	100,00
S26_1	(m²)	117236,52	0,00	578,11	0,00	13301,55	2824,00	16828,89	79783,53	73774,74	53919,50	358246,84
	(%)	32,73	0,00	0,16	0,00	3,71	0,79	4,70	22,27	20,59	15,05	100,00
S26_2	(m²)	127430,03	5196,31	408,20	0,00	56132,37	4,25	34,15	188627,61	21157,90	2792,49	401783,31
	(%)	31,72	1,29	0,10	0,00	13,97	0,00	0,01	46,95	5,27	0,70	100,00
S26_3	(m²)	35469,25	4033,89	5838,25	765,93	16640,69	6246,75	22518,18	121052,64	132278,13	12298,53	357142,25
	(%)	9,93	1,13	1,63	0,21	4,66	1,75	6,31	33,89	37,04	3,44	100,00
S26_4	(m²)	1933,76	1043,51	412,04	1894,42	108,66	0,00	2942,55	0,00	13246,05	74,67	21655,65
	(%)	8,93	4,82	1,90	8,75	0,50	0,00	13,59	0,00	61,17	0,34	100,00
S26_5	(m²)	2515,79	240,75	635,61	549,65	813,58	190,03	5968,59	0,00	2926,53	89,11	13929,63
	(%)	18,06	1,73	4,56	3,95	5,84	1,36	42,85	0,00	21,01	0,64	100,00
S26_6	(m²)	6670,37	675,59	1982,38	762,48	2695,83	311,66	9801,63	0,00	7980,69	670,82	31551,45
	(%)	21,14	2,14	6,28	2,42	8,54	0,99	31,07	0,00	25,29	2,13	100,00
S26_7	(m²)	5970,14	1896,27	1646,44	0,00	800,94	265,35	5487,75	0,00	7177,41	3303,87	26548,16
	(%)	22,49	7,14	6,20	0,00	3,02	1,00	20,67	0,00	27,04	12,44	100,00
S26_8	(m²)	55941,00	4101,68	1193,02	1117,48	1401,13	0,00	20602,41	4662,31	33437,14	29216,45	151672,61
	(%)	36,88	2,70	0,79	0,74	0,92	0,00	13,58	3,07	22,05	19,26	100,00
S26_9	(m²)	39405,07	1652,29	1856,48	0,00	6682,55	1883,10	15627,72	13265,47	62156,56	7626,51	150155,76
	(%)	26,24	1,10	1,24	0,00	4,45	1,25	10,41	8,83	41,39	5,08	100,00
S27_1	(m²)	28430,21	2061,04	5497,69	0,00	1244,05	6372,66	16766,77	25569,12	26882,01	15428,40	128251,95
	(%)	22,17	1,61	4,29	0,00	0,97	4,97	13,07	19,94	20,96	12,03	100,00
S27_2	(m²)	12927,73	1283,27	2323,09	0,00	1646,33	3410,49	6425,26	5468,39	9575,14	1561,48	44621,18
	(%)	28,97	2,88	5,21	0,00	3,69	7,64	14,40	12,26	21,46	3,50	100,00
S27_3	(m²)	32225,22	1157,69	865,51	0,00	1550,08	8214,48	6037,57	17766,18	23581,12	3017,78	94415,65
	(%)	34,13	1,23	0,92	0,00	1,64	8,70	6,39	18,82	24,98	3,20	100,00
S27_4	(m²)	154383,52	234,47	18254,97	0,00	19006,95	11865,29	21480,94	29070,28	47743,79	3558,45	305598,66
	(%)	50,52	0,08	5,97	0,00	6,22	3,88	7,03	9,51	15,62	1,16	100,00
S28_1	(m²)	17587,16	0,00	0,00	0,00	17200,27	0,00	3388,46	113472,01	43672,31	61289,53	256609,74
	(%)	6,85	0,00	0,00	0,00	6,70	0,00	1,32	44,22	17,02	23,88	100,00
S28_2	(m²)	55164,12	0,00	1466,68	0,00	18444,98	467,60	8934,77	37025,18	19575,39	2517,13	143595,86
	(%)	38,42	0,00	1,02	0,00	12,85	0,33	6,22	25,78	13,63	1,75	100,00
S28_3	(m²)	27430,70	0,00	0,00	1063,62	11765,32	3507,45	0,00	17962,50	21891,16	26096,33	109717,08
	(%)	25,00	0,00	0,00	0,97	10,72	3,20	0,00	16,37	19,95	23,79	100,00
S28_4	(m²)	184,83	1032,88	0,00	1845,98	3,93	0,00	0,00	28037,47	0,00	119,08	31224,16
	(%)	0,59	3,31	0,00	5,91	0,01	0,00	0,00	89,79	0,00	0,38	100,00
S28_5	(m²)	27161,39	4,27	420,20	623,77	3879,11	1051,17	4183,41	37334,96	2338,41	3555,13	80551,83
	(%)	33,72	0,01	0,52	0,77	4,82	1,30	5,19	46,35	2,90	4,41	100,00
S28_6	(m²)	16243,53	1732,84	205,52	0,00	504,96	1961,68	2622,87	1809,08	8514,80	1331,48	34926,76
	(%)	46,51	4,96	0,59	0,00	1,45	5,62	7,51	5,18	24,38	3,81	100,00
S29	(m²)	12989,57	1466,17	0,00	0,00	1040,42	1523,35	2986,01	2748,89	1078,27	6886,08	30718,76
	(%)	42,29	4,77	0,00	0,00	3,39	4,96	9,72	8,95	3,51	22,42	100,00
S3_1	(m²)	614,87	35,61	0,00	0,00	0,00	0,00	3793,59	10720,08	113963,67	99795,85	228923,66
	(%)	0,27	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66	4,68	49,78	43,59	100,00
S3_2	(m²)	224,14	10776,02	71,04	0,00	0,00	0,00	0,00	12678,65	65392,51	202728,82	291871,19
	(%)	0,08	3,69	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	4,34	22,40	69,46	100,00
S4_1	(m²)	62991,72	1074,19	628,48	0,00	572,09	115,14	25194,96	74879,80	231645,50	79032,20	476134,10
	(%)	13,23	0,23	0,13	0,00	0,12	0,02	5,29	15,73	48,65	16,60	100,00
S4_2	(m²)	36434,85	3684,05	2429,94	0,00	4832,74	692,37	11617,95	21021,52	79732,13	1311,00	161756,56
	(%)	22,52	2,28	1,50	0,00	2,99	0,43	7,18	13,00	49,29	0,81	100,00
S5_1	(m²)	0,00	2128,60	0,00	0,00	0,00	0,00	5371,80	109270,29	173931,15	0,00	290701,85
	(%)	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	37,59	59,83	0,00	100,00
S5_2	(m²)	215,37	13815,50	0,00	0,00	0,00	0,00	116,50	12043,30	145071,89	100418,62	271681,19
	(%)	0,08	5,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	4,43	53,40	36,96	100,00
S6_1	(m²)	4398,89	9078,54	312,42	0,00	0,00	0,00	5264,95	238406,57	86111,52	88030,13	431603,02

Sub-bacia	Água	Área urbana	Calçada	Linha férrea	Pavimento asfáltico	Pavimento intertravado	Pavimento em terra	Terreno sem vegetação rasteira	Vegetação rasteira	Vegetação rasteira densa	Total
	(%)	2,10	0,07	0,00	0,00	0,00	1,22	55,24	19,95	20,40	100,00
S6_2	(m²)	327,16	1950,28	0,00	0,00	0,00	600,02	5204,38	7112,17	4358,26	19552,26
	(%)	1,67	9,97	0,00	0,00	0,00	3,07	26,62	36,38	22,29	100,00
S7_1	(m²)	4073,32	1994,48	867,08	0,00	0,00	6429,26	12958,95	134048,16	7340,84	167712,09
	(%)	2,43	1,19	0,52	0,00	0,00	3,83	7,73	79,93	4,38	100,00
S7_2	(m²)	10438,68	2487,46	208,95	0,00	0,00	2874,38	6706,82	33623,84	2017,51	58357,65
	(%)	17,89	4,26	0,36	0,00	0,00	4,93	11,49	57,62	3,46	100,00
S8	(m²)	11438,45	10065,85	0,00	5379,95	710,57	38468,42	39927,88	220952,04	66267,76	393210,92
	(%)	2,91	2,56	0,00	1,37	0,18	9,78	10,15	56,19	16,85	100,00
S9	(m²)	18118,00	13207,70	1808,33	0,00	18093,93	0,00	7461,08	135287,26	239566,57	462585,35
	(%)	3,92	2,86	0,39	0,00	3,91	0,00	1,61	29,25	51,79	100,00

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE C: *Curve number* estabelecido para cada sub-bacia.

Tabela 27: *Curve number* ponderado para cada sub-bacia.

Sub-bacia	Área (ha)	CN pond.	Sub-bacia	Área (ha)	CN pond.	Sub-bacia	Área (ha)	CN pond.
S1_1	46,687	78,518	S20_1	18,741	87,937	S26_8	15,178	84,362
S1_2	34,666	80,227	S20_2	42,823	84,824	S26_9	15,026	84,521
S10_1	49,658	84,406	S20_3	46,296	85,427	S27_1	12,834	85,111
S10_2	10,428	85,611	S20_4	33,644	86,570	S27_2	4,465	87,080
S10_3	12,707	84,633	S20_5	3,321	87,892	S27_3	9,448	86,037
S10_4	14,581	85,290	S20_6	25,048	84,095	S27_4	30,581	88,448
S10_5	3,855	86,134	S20_7	3,481	89,303	S28_1	25,678	83,034
S11	55,515	85,405	S20_8	11,205	87,930	S28_2	14,369	88,108
S12	13,606	76,602	S20_9	5,496	86,008	S28_3	10,979	84,161
S13_1	55,148	79,745	S21_1	12,892	81,981	S28_4	3,125	86,620
S13_2	97,971	80,169	S21_2	48,445	83,374	S28_5	8,061	87,371
S14	106,406	80,144	S22	3,477	83,918	S28_6	3,495	86,879
S15_1	20,778	78,691	S23_1	40,453	83,592	S29	3,074	86,076
S15_2	19,449	78,149	S23_2	11,388	85,420	S3_1	22,908	77,314
S15_3	28,273	80,278	S24_1	20,706	87,894	S3_2	29,207	76,620
S16_1	43,676	82,708	S24_2	4,390	87,544	S4_1	47,646	81,247
S16_2	15,675	86,908	S24_3	2,757	86,744	S4_2	16,187	84,296
S16_3	15,122	86,244	S25_1	38,881	84,229	S5_1	29,090	81,933
S17_1	1,028	85,718	S25_2	4,224	84,182	S5_2	27,186	78,542
S17_2	14,313	87,447	S25_3	13,363	84,501	S6_1	43,189	82,512
S17_3	14,630	86,769	S26_1	35,849	84,597	S6_2	1,957	82,273
S18_1	19,185	84,051	S26_2	40,206	88,686	S7_1	16,783	80,244
S18_2	19,993	78,213	S26_3	35,739	84,427	S7_2	5,840	82,956
S19_1	28,312	80,107	S26_4	2,167	83,396	S8	39,348	80,680
S19_2	84,734	84,052	S26_5	1,394	87,253	S9	46,290	82,710
S2_1	22,305	80,227	S26_6	3,157	87,312			
S2_2	45,087	79,428	S26_7	2,657	85,857			

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE D: Percentual de permeabilidade e impermeabilidade das sub-bacias.

Tabela 28: Percentual de permeabilidade e impermeabilidade de cada sub-bacia.

Sub-bacia	Área (ha)	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
		Imperv. (%)	Perv. (%)	Imperv. (%)	Perv. (%)	Imperv. (%)	Perv. (%)
S1_1	46,687	18,374	81,626	3,525	96,475	97,270	2,730
S1_2	34,666	20,906	79,094	5,672	94,328	94,994	5,006
S10_1	49,658	45,457	54,543	35,641	64,359	73,197	26,803
S10_2	10,428	53,428	46,572	45,184	54,816	67,001	32,999

Sub-bacia	Área (ha)	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
		Imperv. (%)	Perv. (%)	Imperv. (%)	Perv. (%)	Imperv. (%)	Perv. (%)
S10_3	12,707	42,646	57,354	31,704	68,296	75,880	24,120
S10_4	14,581	50,261	49,739	41,456	58,544	69,927	30,073
S10_5	3,855	53,821	46,179	46,573	53,427	64,929	35,071
S11	55,515	46,417	53,583	36,950	63,050	73,212	26,788
S12	13,606	13,790	86,210	3,035	96,965	96,965	3,035
S13_1	55,148	19,931	80,069	7,005	92,995	94,365	5,635
S13_2	97,971	24,865	75,135	11,550	88,450	91,221	8,779
S14	106,406	19,843	80,157	6,919	93,081	93,704	6,296
S15_1	20,778	18,682	81,318	2,095	97,905	98,110	1,890
S15_2	19,449	18,385	81,615	3,688	96,312	96,338	3,662
S15_3	28,273	22,043	77,957	5,191	94,809	94,838	5,162
S16_1	43,676	26,645	73,355	13,963	86,037	88,649	11,351
S16_2	15,675	41,137	58,863	30,242	69,758	76,235	23,765
S16_3	15,122	33,225	66,775	21,486	78,514	83,565	16,435
S17_1	1,028	53,481	46,519	46,544	53,456	64,795	35,205
S17_2	14,313	63,718	36,282	59,404	40,596	57,654	42,346
S17_3	14,630	57,817	42,183	51,945	48,055	62,539	37,461
S18_1	19,185	20,954	79,046	6,730	93,270	93,568	6,432
S18_2	19,993	16,265	83,735	2,596	97,404	97,906	2,094
S19_1	28,312	21,501	78,499	6,513	93,487	94,068	5,932
S19_2	84,734	22,159	77,841	7,275	92,725	93,260	6,740
S2_1	22,305	19,917	80,083	2,829	97,171	97,467	2,533
S2_2	45,087	18,288	81,712	4,249	95,751	95,944	4,056
S20_1	18,741	71,223	28,777	66,042	33,958	50,128	49,872
S20_2	42,823	27,230	72,770	13,484	86,516	89,052	10,948
S20_3	46,296	33,445	66,555	21,127	78,873	83,742	16,258
S20_4	33,644	53,358	46,642	46,200	53,800	67,342	32,658
S20_5	3,321	66,677	33,323	63,019	36,981	55,808	44,192
S20_6	25,048	43,876	56,124	33,725	66,275	76,398	23,602
S20_7	3,481	75,797	24,203	73,669	26,331	46,079	53,921
S20_8	11,205	65,568	34,432	61,396	38,604	56,127	43,873
S20_9	5,496	56,966	43,034	50,285	49,715	63,672	36,328
S21_1	12,892	31,184	68,816	19,111	80,889	84,126	15,874
S21_2	48,445	22,433	77,567	8,755	91,245	91,755	8,245
S22	3,477	34,240	65,760	24,666	75,334	80,481	19,519
S23_1	40,453	26,728	73,272	15,846	84,154	88,451	11,549
S23_2	11,388	29,225	70,775	15,570	84,430	86,663	13,337
S24_1	20,706	67,452	32,548	63,490	36,510	54,478	45,522
S24_2	4,390	58,188	41,812	53,073	46,927	63,752	36,248
S24_3	2,757	61,622	38,378	56,166	43,834	60,625	39,375
S25_1	38,881	39,615	60,385	28,286	71,714	78,183	21,817
S25_2	4,224	27,132	72,868	14,495	85,505	88,832	11,168
S25_3	13,363	39,523	60,477	29,975	70,025	78,203	21,797
S26_1	35,849	46,621	53,379	38,520	61,480	71,574	28,426
S26_2	40,206	55,986	44,014	47,947	52,053	62,095	37,905
S26_3	35,739	34,581	65,419	22,589	77,411	82,807	17,193
S26_4	2,167	35,444	64,556	24,410	75,590	83,330	16,670
S26_5	1,394	48,832	51,168	45,006	54,994	72,844	27,156
S26_6	3,157	53,023	46,977	48,321	51,679	67,636	32,364
S26_7	2,657	50,694	49,306	44,956	55,044	67,416	32,584
S26_8	15,178	50,156	49,844	44,378	55,622	68,642	31,358
S26_9	15,026	46,183	53,817	37,051	62,949	73,215	26,785
S27_1	12,834	44,627	55,373	37,022	62,978	73,571	26,429
S27_2	4,465	56,457	43,543	50,511	49,489	63,195	36,805
S27_3	9,448	54,024	45,976	46,483	53,517	65,773	34,227
S27_4	30,581	70,287	29,713	65,967	34,033	51,026	48,974
S28_1	25,678	27,530	72,470	16,161	83,839	86,888	13,112
S28_2	14,369	60,444	39,556	54,000	46,000	59,305	40,695

Sub-bacia	Área (ha)	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
		Imperv. (%)	Perv. (%)	Imperv. (%)	Perv. (%)	Imperv. (%)	Perv. (%)
S28_3	10,979	46,350	53,650	38,637	61,363	70,055	29,945
S28_4	3,125	24,233	75,767	10,737	89,263	90,595	9,405
S28_5	8,061	50,421	49,579	42,637	57,363	68,308	31,692
S28_6	3,495	64,073	35,927	58,641	41,359	56,292	43,708
S29	3,074	59,275	40,725	55,732	44,268	58,769	41,231
S3_1	22,908	14,712	85,288	1,998	98,002	98,484	1,516
S3_2	29,207	14,000	86,000	4,453	95,547	95,569	4,431
S4_1	47,646	28,684	71,316	16,406	83,594	88,267	11,733
S4_2	16,187	43,102	56,898	32,223	67,777	75,962	24,038
S5_1	29,090	20,771	79,229	4,363	95,637	96,099	3,901
S5_2	27,186	19,327	80,673	6,463	93,537	93,568	6,432
S6_1	43,189	19,972	80,028	6,667	93,333	93,903	6,097
S6_2	1,957	26,644	73,356	14,543	85,457	86,642	13,358
S7_1	16,783	22,975	77,025	7,123	92,877	94,520	5,480
S7_2	5,840	37,137	62,863	24,800	75,200	80,957	19,043
S8	39,348	23,435	76,565	10,618	89,382	92,856	7,144
S9	46,290	27,989	72,011	13,841	86,159	88,187	11,813

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE E: Coeficiente n de Manning ponderado para cada sub-bacia.

Tabela 29: Coeficiente n de Manning ponderado para cada sub-bacia.

Sub-bacia	Área (ha)	n pond.	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
			n imperv.	n perv.	n imperv.	n perv.	n imperv.	n perv.
S1_1	46,687	0,346	0,253	0,367	0,103	0,355	0,130	0,352
S1_2	34,666	0,263	0,186	0,283	0,062	0,275	0,068	0,273
S10_1	49,658	0,159	0,063	0,240	0,018	0,238	0,019	0,211
S10_2	10,428	0,106	0,047	0,174	0,016	0,180	0,018	0,149
S10_3	12,707	0,124	0,063	0,170	0,018	0,174	0,020	0,158
S10_4	14,581	0,110	0,050	0,171	0,017	0,176	0,019	0,149
S10_5	3,855	0,126	0,041	0,225	0,014	0,224	0,014	0,187
S11	55,515	0,093	0,047	0,134	0,017	0,138	0,018	0,121
S12	13,606	0,572	0,366	0,605	0,054	0,588	0,054	0,588
S13_1	55,148	0,346	0,194	0,385	0,040	0,370	0,047	0,364
S13_2	97,971	0,297	0,162	0,342	0,034	0,331	0,041	0,322
S14	106,406	0,345	0,187	0,384	0,036	0,368	0,038	0,366
S15_1	20,778	0,294	0,254	0,303	0,199	0,296	0,220	0,295
S15_2	19,449	0,382	0,267	0,408	0,093	0,393	0,094	0,393
S15_3	28,273	0,222	0,189	0,231	0,079	0,230	0,080	0,229
S16_1	43,676	0,218	0,103	0,259	0,023	0,249	0,026	0,242
S16_2	15,675	0,043	0,027	0,054	0,015	0,055	0,015	0,051
S16_3	15,122	0,048	0,030	0,058	0,015	0,057	0,016	0,055
S17_1	1,028	0,148	0,044	0,268	0,013	0,266	0,013	0,221
S17_2	14,313	0,074	0,026	0,157	0,013	0,162	0,014	0,118
S17_3	14,630	0,094	0,032	0,178	0,014	0,180	0,014	0,141
S18_1	19,185	0,127	0,074	0,141	0,023	0,134	0,024	0,134
S18_2	19,993	0,399	0,279	0,423	0,110	0,407	0,134	0,405
S19_1	28,312	0,284	0,189	0,309	0,056	0,299	0,060	0,298
S19_2	84,734	0,107	0,078	0,115	0,029	0,113	0,030	0,112
S2_1	22,305	0,208	0,200	0,210	0,143	0,210	0,158	0,209
S2_2	45,087	0,342	0,223	0,368	0,064	0,354	0,067	0,353
S20_1	18,741	0,077	0,031	0,192	0,015	0,199	0,015	0,139
S20_2	42,823	0,084	0,055	0,095	0,021	0,093	0,023	0,091
S20_3	46,296	0,076	0,050	0,090	0,018	0,092	0,020	0,087
S20_4	33,644	0,071	0,034	0,113	0,015	0,119	0,016	0,098
S20_5	3,321	0,045	0,022	0,091	0,013	0,099	0,014	0,070

Sub-bacia	Área (ha)	n pond.	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
			n imperv.	n perv.	n imperv.	n perv.	n imperv.	n perv.
S20_6	25,048	0,130	0,066	0,180	0,020	0,186	0,023	0,163
S20_7	3,481	0,046	0,018	0,135	0,013	0,139	0,013	0,085
S20_8	11,205	0,066	0,027	0,140	0,014	0,148	0,014	0,106
S20_9	5,496	0,109	0,040	0,199	0,015	0,204	0,016	0,162
S21_1	12,892	0,281	0,117	0,355	0,024	0,342	0,026	0,329
S21_2	48,445	0,181	0,095	0,206	0,022	0,196	0,023	0,195
S22	3,477	0,221	0,067	0,301	0,013	0,289	0,013	0,271
S23_1	40,453	0,197	0,077	0,241	0,016	0,232	0,017	0,221
S23_2	11,388	0,077	0,055	0,086	0,019	0,088	0,020	0,086
S24_1	20,706	0,069	0,026	0,158	0,014	0,165	0,015	0,115
S24_2	4,390	0,034	0,020	0,053	0,014	0,057	0,014	0,045
S24_3	2,757	0,067	0,030	0,126	0,015	0,134	0,015	0,100
S25_1	38,881	0,149	0,070	0,202	0,020	0,200	0,022	0,185
S25_2	4,224	0,131	0,061	0,157	0,019	0,150	0,020	0,145
S25_3	13,363	0,153	0,056	0,216	0,016	0,211	0,017	0,190
S26_1	35,849	0,179	0,051	0,291	0,015	0,282	0,016	0,244
S26_2	40,206	0,032	0,018	0,051	0,013	0,050	0,013	0,044
S26_3	35,739	0,126	0,068	0,156	0,020	0,156	0,022	0,147
S26_4	2,167	0,155	0,091	0,190	0,023	0,197	0,027	0,180
S26_5	1,394	0,065	0,033	0,097	0,015	0,107	0,016	0,084
S26_6	3,157	0,087	0,036	0,144	0,015	0,154	0,016	0,121
S26_7	2,657	0,171	0,049	0,297	0,013	0,300	0,014	0,247
S26_8	15,178	0,214	0,053	0,376	0,014	0,374	0,015	0,305
S26_9	15,026	0,147	0,060	0,222	0,018	0,223	0,019	0,194
S27_1	12,834	0,156	0,049	0,242	0,015	0,239	0,016	0,206
S27_2	4,465	0,089	0,033	0,162	0,014	0,166	0,015	0,133
S27_3	9,448	0,096	0,037	0,164	0,015	0,165	0,016	0,137
S27_4	30,581	0,058	0,024	0,138	0,014	0,143	0,014	0,100
S28_1	25,678	0,242	0,090	0,299	0,018	0,285	0,019	0,275
S28_2	14,369	0,059	0,025	0,111	0,014	0,111	0,014	0,089
S28_3	10,979	0,246	0,061	0,406	0,015	0,392	0,016	0,345
S28_4	3,125	0,021	0,017	0,022	0,014	0,022	0,012	0,022
S28_5	8,061	0,057	0,021	0,093	0,014	0,089	0,014	0,077
S28_6	3,495	0,098	0,033	0,214	0,014	0,217	0,014	0,163
S29	3,074	0,197	0,036	0,432	0,012	0,430	0,012	0,327
S3_1	22,908	0,469	0,330	0,493	0,126	0,476	0,163	0,474
S3_2	29,207	0,610	0,356	0,652	0,025	0,637	0,025	0,637
S4_1	47,646	0,255	0,122	0,308	0,026	0,300	0,032	0,284
S4_2	16,187	0,132	0,065	0,182	0,019	0,185	0,021	0,166
S5_1	29,090	0,151	0,145	0,152	0,075	0,154	0,083	0,153
S5_2	27,186	0,425	0,241	0,469	0,040	0,451	0,041	0,451
S6_1	43,189	0,221	0,116	0,248	0,025	0,235	0,026	0,234
S6_2	1,957	0,271	0,117	0,327	0,016	0,314	0,016	0,310
S7_1	16,783	0,229	0,181	0,243	0,062	0,242	0,077	0,238
S7_2	5,840	0,171	0,087	0,220	0,021	0,220	0,024	0,206
S8	39,348	0,273	0,161	0,308	0,034	0,302	0,045	0,291
S9	46,290	0,181	0,109	0,209	0,028	0,206	0,030	0,201

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE F: Armazenamento em depressão ponderado para cada sub-bacia.

Tabela 30: Armazenamento em depressão ponderado para cada sub-bacia.

Sub-bacia	Área (ha)	ds pond. (mm)	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
			ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)	ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)	ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)
S1_1	46,687	5,347	4,925	5,442	3,916	5,399	4,008	5,385
S1_2	34,666	4,961	4,389	5,112	2,921	5,084	2,874	5,071

Sub-bacia	Área (ha)	ds pond. (mm)	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
			ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)	ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)	ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)
S10_1	49,658	4,126	3,172	4,922	2,691	4,921	2,591	4,688
S10_2	10,428	3,848	3,139	4,661	2,822	4,693	2,714	4,406
S10_3	12,707	4,025	3,170	4,660	2,615	4,679	2,467	4,520
S10_4	14,581	3,929	3,219	4,646	2,877	4,674	2,782	4,422
S10_5	3,855	3,796	2,912	4,826	2,609	4,830	2,444	4,526
S11	55,515	3,920	3,257	4,494	2,897	4,519	2,779	4,337
S12	13,606	6,088	4,776	6,298	1,296	6,238	1,296	6,238
S13_1	55,148	5,248	4,364	5,468	3,039	5,414	3,001	5,382
S13_2	97,971	5,021	4,088	5,329	2,931	5,294	2,815	5,233
S14	106,406	5,181	4,051	5,461	2,201	5,403	2,203	5,382
S15_1	20,778	5,185	5,040	5,218	4,799	5,193	4,886	5,190
S15_2	19,449	5,416	4,602	5,600	2,018	5,546	2,011	5,546
S15_3	28,273	4,792	4,257	4,943	2,104	4,939	2,099	4,939
S16_1	43,676	4,616	3,632	4,974	2,638	4,937	2,615	4,872
S16_2	15,675	3,726	3,135	4,139	2,753	4,148	2,709	4,043
S16_3	15,122	3,874	3,350	4,134	2,903	4,139	2,842	4,077
S17_1	1,028	3,844	2,842	4,995	2,521	4,996	2,296	4,685
S17_2	14,313	3,555	3,006	4,520	2,876	4,550	2,738	4,155
S17_3	14,630	3,710	3,047	4,619	2,854	4,635	2,732	4,296
S18_1	19,185	4,361	3,874	4,490	2,899	4,466	2,895	4,461
S18_2	19,993	5,537	5,067	5,628	4,195	5,573	4,310	5,563
S19_1	28,312	4,998	4,207	5,215	2,400	5,179	2,432	5,160
S19_2	84,734	4,294	3,892	4,409	2,914	4,403	2,921	4,394
S2_1	22,305	4,847	4,817	4,855	4,548	4,856	4,612	4,853
S2_2	45,087	5,241	4,439	5,420	2,354	5,369	2,282	5,366
S20_1	18,741	3,384	2,858	4,689	2,691	4,734	2,639	4,126
S20_2	42,823	4,155	3,710	4,322	3,101	4,319	3,141	4,280
S20_3	46,296	3,976	3,299	4,317	2,662	4,329	2,530	4,257
S20_4	33,644	3,725	3,139	4,395	2,907	4,427	2,785	4,181
S20_5	3,321	3,452	3,051	4,255	2,956	4,299	2,829	3,946
S20_6	25,048	4,148	3,431	4,708	2,989	4,738	2,889	4,537
S20_7	3,481	3,200	2,831	4,352	2,777	4,382	2,666	3,823
S20_8	11,205	3,471	2,948	4,466	2,817	4,511	2,693	4,079
S20_9	5,496	3,800	3,093	4,737	2,847	4,764	2,722	4,416
S21_1	12,892	4,717	3,275	5,370	2,150	5,323	2,149	5,201
S21_2	48,445	4,494	3,600	4,753	2,170	4,717	2,197	4,701
S22	3,477	4,385	3,029	5,090	2,357	5,049	2,127	4,932
S23_1	40,453	4,515	3,524	4,876	2,780	4,841	2,533	4,773
S23_2	11,388	3,976	3,178	4,305	2,147	4,313	2,069	4,269
S24_1	20,706	3,488	2,991	4,519	2,873	4,559	2,788	4,073
S24_2	4,390	3,589	3,233	4,085	3,130	4,109	3,067	3,886
S24_3	2,757	3,664	3,199	4,410	3,046	4,456	2,976	4,111
S25_1	38,881	4,164	3,244	4,767	2,629	4,769	2,557	4,612
S25_2	4,224	4,348	3,806	4,549	3,302	4,525	3,339	4,474
S25_3	13,363	4,204	3,317	4,783	2,878	4,771	2,745	4,610
S26_1	35,849	4,226	3,270	5,061	2,938	5,033	2,905	4,751
S26_2	40,206	3,353	2,764	4,104	2,533	4,109	2,493	3,878
S26_3	35,739	4,160	3,362	4,582	2,696	4,588	2,584	4,488
S26_4	2,167	4,202	3,328	4,682	2,570	4,729	2,191	4,604
S26_5	1,394	3,689	3,065	4,285	2,898	4,337	2,510	4,129
S26_6	3,157	3,646	2,902	4,486	2,692	4,539	2,389	4,248
S26_7	2,657	3,924	2,776	5,103	2,454	5,124	2,137	4,787
S26_8	15,178	4,275	3,173	5,385	2,884	5,385	2,738	4,977
S26_9	15,026	4,111	3,254	4,847	2,840	4,860	2,726	4,618
S27_1	12,834	4,125	3,209	4,863	2,876	4,859	2,735	4,624
S27_2	4,465	3,642	2,951	4,538	2,736	4,566	2,584	4,258
S27_3	9,448	3,809	3,177	4,552	2,932	4,570	2,876	4,294

Sub-bacia	Área (ha)	ds pond. (mm)	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
			ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)	ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)	ds imperv. (mm)	ds perv. (mm)
S27_4	30,581	3,369	2,934	4,399	2,818	4,438	2,765	3,949
S28_1	25,678	4,651	3,461	5,103	2,581	5,050	2,574	4,964
S28_2	14,369	3,460	2,880	4,347	2,694	4,359	2,630	4,029
S28_3	10,979	4,353	3,039	5,488	2,626	5,441	2,597	5,104
S28_4	3,125	3,814	3,335	3,967	2,492	3,973	2,421	3,958
S28_5	8,061	3,672	3,109	4,246	2,912	4,237	2,878	4,041
S28_6	3,495	3,591	2,945	4,741	2,759	4,769	2,643	4,326
S29	3,074	3,960	2,882	5,528	2,715	5,527	2,574	4,932
S3_1	22,908	5,802	5,277	5,893	4,340	5,832	4,492	5,822
S3_2	29,207	6,159	4,299	6,462	0,758	6,411	0,747	6,410
S4_1	47,646	4,837	3,971	5,186	3,203	5,158	3,176	5,058
S4_2	16,187	4,092	3,277	4,709	2,753	4,728	2,631	4,554
S5_1	29,090	4,569	4,435	4,604	3,603	4,613	3,556	4,610
S5_2	27,186	5,439	3,898	5,808	1,006	5,745	0,995	5,744
S6_1	43,189	4,716	3,938	4,910	2,632	4,864	2,549	4,856
S6_2	1,957	4,617	2,892	5,243	1,197	5,199	0,980	5,177
S7_1	16,783	4,848	4,386	4,986	3,095	4,983	2,962	4,958
S7_2	5,840	4,323	3,395	4,872	2,646	4,876	2,478	4,758
S8	39,348	4,918	4,033	5,189	2,787	5,171	2,347	5,116
S9	46,290	4,447	3,500	4,815	2,221	4,805	2,132	4,757

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE G: Análise de sensibilidade das sub-bacias.

Tabela 31: Análise de sensibilidade das sub-bacias.

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade
S1_1	18,39%	
S1_2	19,96%	

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S10_1	44,11%		
S10_2	52,36%		
S10_3	40,41%		
S10_4	49,55%		
S10_5	50,13%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S11	45,41%	<p>Sensitivity gradients at subcatchment S11</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S11</p>
S12	11,75%	<p>Sensitivity gradients at subcatchment S12</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S12</p>
S13_1	19,88%	<p>Sensitivity gradients at subcatchment S13_1</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S13_1</p>
S13_2	23,81%	<p>Sensitivity gradients at subcatchment S13_2</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S13_2</p>
S14	18,69%	<p>Sensitivity gradients at subcatchment S14</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S14</p>

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S15_1	18,76%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S15_1</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S15_1</p>
S15_2	18,51%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S15_2</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S15_2</p>
S15_3	19,75%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S15_3</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S15_3</p>
S16_1	26,54%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S16_1</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S16_1</p>
S16_2	39,97%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S16_2</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S16_2</p>

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S16_3	31,62%		
S17_1	45,72%		
S17_2	61,02%		
S17_3	55,79%		
S18_1	19,68%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S18_2	16,46%		
S19_1	20,43%		
S19_2	18,56%		
S2_1	19,91%		
S2_2	16,48%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S20_1	71,24%		
S20_2	27,24%		
S20_3	32,82%		
S20_4	52,28%		
S20_5	64,46%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S20_6	43,71%		
S20_7	73,50%		
S20_8	64,78%		
S20_9	55,11%		
S21_1	31,20%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S21_2	20,68%		
S22	28,23%		
S23_1	28,25%		
S23_2	27,30%		
S24_1	67,43%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S24_2	57,90%		
S24_3	60,71%		
S25_1	39,64%		
S25_2	27,13%		
S25_3	37,41%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S26_1	46,63%		
S26_2	51,18%		
S26_3	29,69%		
S26_4	33,08%		
S26_5	47,77%		

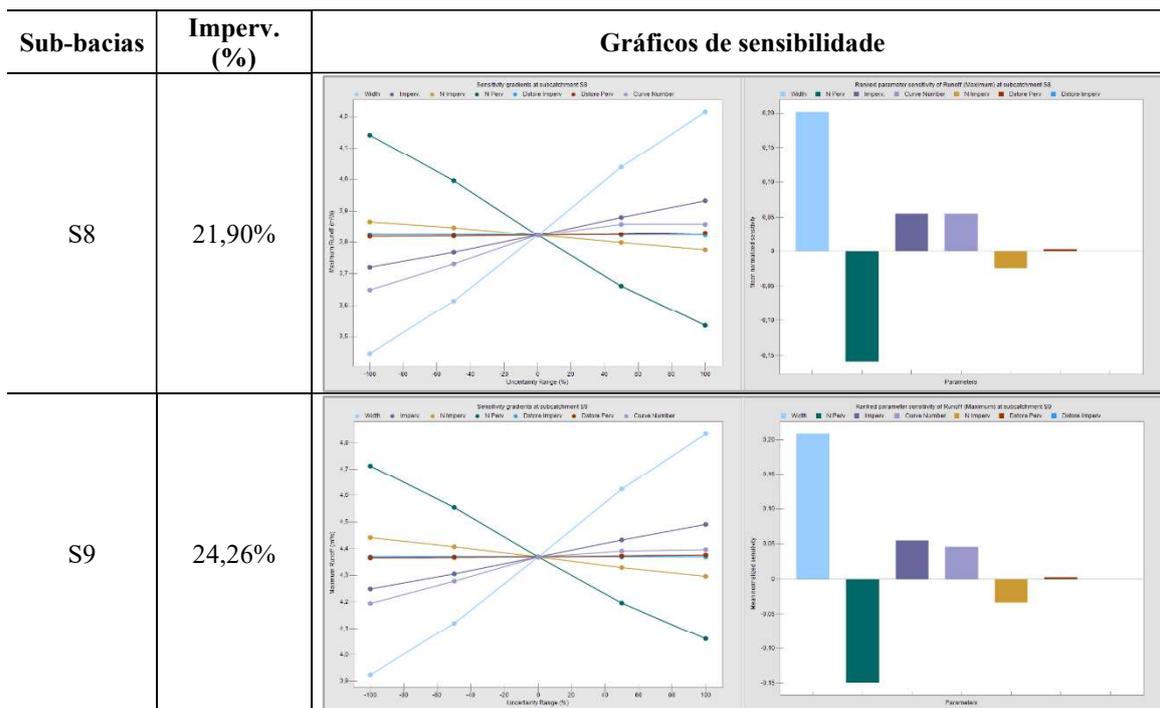
Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S26_6	51,94%		
S26_7	46,91%		
S26_8	47,63%		
S26_9	45,59%		
S27_1	44,25%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S27_2	55,43%		
S27_3	52,73%		
S27_4	69,68%		
S28_1	27,55%		
S28_2	60,47%		

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S28_3	46,16%	<p>Sensitivity gradients of runoff (Maximum) at subcatchment S28_3. The graph shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 1.38 to 1.70) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100). Multiple lines represent different parameters, showing their sensitivity to changes in imperviousness.</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S28_3. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.10 to 0.25) for various parameters on the x-axis. Parameters include Curve Number, Imperv., Width, N.Per., Curve Par., N.Per., Curve Par., N.Per., and Curve Imperv.</p>
S28_4	20,47%	<p>Sensitivity gradients of runoff (Maximum) at subcatchment S28_4. The graph shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 0.65 to 0.85) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100).</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S28_4. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from 0 to 0.40) for various parameters on the x-axis.</p>
S28_5	50,36%	<p>Sensitivity gradients of runoff (Maximum) at subcatchment S28_5. The graph shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 1.40 to 1.90) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100).</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S28_5. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.10 to 0.25) for various parameters on the x-axis.</p>
S28_6	60,68%	<p>Sensitivity gradients of runoff (Maximum) at subcatchment S28_6. The graph shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 3.70 to 3.86) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100).</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S28_6. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.10 to 0.15) for various parameters on the x-axis.</p>
S29	55,49%	<p>Sensitivity gradients of runoff (Maximum) at subcatchment S29. The graph shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 3.54 to 3.70) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100).</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) at subcatchment S29. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.10 to 0.25) for various parameters on the x-axis.</p>

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S3_1	14,70%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S3_1. The plot shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 1.90 to 2.05) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100). Multiple lines represent different parameters, showing their sensitivity to changes in the uncertainty range.</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S3_1. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.15 to 0.25) for various parameters on the x-axis. The parameters are ranked by their sensitivity.</p>
S3_2	10,57%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S3_2. The plot shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 1.90 to 2.35) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100).</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S3_2. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.15 to 0.20) for various parameters on the x-axis.</p>
S4_1	27,34%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S4_1. The plot shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 4.1 to 5.0) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100).</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S4_1. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.15 to 0.23) for various parameters on the x-axis.</p>
S4_2	41,79%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S4_2. The plot shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 1.85 to 2.55) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100).</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S4_2. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.15 to 0.25) for various parameters on the x-axis.</p>
S5_1	20,79%	<p>Sensitivity gradient of subcatchment S5_1. The plot shows Maximum Runoff (mm) on the y-axis (ranging from 2.80 to 3.40) and Uncertainty Range (%) on the x-axis (ranging from -100 to 100).</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Runoff (Maximum) of subcatchment S5_1. The bar chart shows Mean parameter sensitivity on the y-axis (ranging from -0.15 to 0.25) for various parameters on the x-axis.</p>

Sub-bacias	Imperv. (%)	Gráficos de sensibilidade	
S5_2	17,78%	<p>Sensitivity analysis of Maximum Runoff (mm) vs Uncertainty Range (%) for sub-bacia S5_2. The graph shows the impact of varying parameters like Width, Imperv., N.Imperv., N.Perv., Curve Number, and others. The y-axis ranges from 2.200 to 2.700 mm, and the x-axis ranges from -100% to 100% uncertainty.</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Maximum Runoff (Maximum) of sub-bacia S5_2. The bar chart shows the mean parameter sensitivity for various parameters. The y-axis ranges from -0.15 to 0.20.</p>
S6_1	18,36%	<p>Sensitivity analysis of Maximum Runoff (mm) vs Uncertainty Range (%) for sub-bacia S6_1. The graph shows the impact of varying parameters like Width, Imperv., N.Imperv., N.Perv., Curve Number, and others. The y-axis ranges from 3.8 to 4.6 mm, and the x-axis ranges from -100% to 100% uncertainty.</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Maximum Runoff (Maximum) of sub-bacia S6_1. The bar chart shows the mean parameter sensitivity for various parameters. The y-axis ranges from -0.15 to 0.20.</p>
S6_2	17,81%	<p>Sensitivity analysis of Maximum Runoff (mm) vs Uncertainty Range (%) for sub-bacia S6_2. The graph shows the impact of varying parameters like Width, Imperv., N.Imperv., N.Perv., Curve Number, and others. The y-axis ranges from 0.25 to 0.33 mm, and the x-axis ranges from -100% to 100% uncertainty.</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Maximum Runoff (Maximum) of sub-bacia S6_2. The bar chart shows the mean parameter sensitivity for various parameters. The y-axis ranges from -0.30 to 0.35.</p>
S7_1	21,79%	<p>Sensitivity analysis of Maximum Runoff (mm) vs Uncertainty Range (%) for sub-bacia S7_1. The graph shows the impact of varying parameters like Width, Imperv., N.Imperv., N.Perv., Curve Number, and others. The y-axis ranges from 1.70 to 2.00 mm, and the x-axis ranges from -100% to 100% uncertainty.</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Maximum Runoff (Maximum) of sub-bacia S7_1. The bar chart shows the mean parameter sensitivity for various parameters. The y-axis ranges from -1.00 to 0.20.</p>
S7_2	30,06%	<p>Sensitivity analysis of Maximum Runoff (mm) vs Uncertainty Range (%) for sub-bacia S7_2. The graph shows the impact of varying parameters like Width, Imperv., N.Imperv., N.Perv., Curve Number, and others. The y-axis ranges from 0.75 to 1.00 mm, and the x-axis ranges from -100% to 100% uncertainty.</p>	<p>Ranked parameter sensitivity of Maximum Runoff (Maximum) of sub-bacia S7_2. The bar chart shows the mean parameter sensitivity for various parameters. The y-axis ranges from -0.20 to 0.30.</p>



Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE H: Cotas das junções do modelo.

Tabela 32: Junções do modelo.

Junção	Invert Elev. (m)						
E29	879,038	J18	924,566	J251	887,581	J273	879,234
J1	901,006	J18-23	917,54	J252	884,567	J274	879,206
J10	886,282	J19	915,77	J253	883,398	J275	879,2
J101	886,277	J191	915,61	J254	880,945	J276	879,317
J102	886,199	J19-21	905,841	J26	880,409	J28	897,31
J10-20	884,848	J2	921,103	J261	900,318	J281	893,782
J103	886,155	J20	918,133	J2610	881,79	J282	886,833
J104	886,125	J201	913,334	J2611	881,231	J283	885,744
J105	886,095	J2010	889,426	J2612	881,076	J284	884,075
J106	885,498	J2011	887,624	J2613	880,754	J285	882,311
J107	885,485	J2012	887,605	J2614	880,688	J286	880,477
J11-16	882,488	J2013	886,2	J2615	880,541	J287	880,409
J1-2	892,321	J2014	886,175	J2616	887,614	J3	912,628
J13	905,273	J202	900,248	J2617	883,339	J31	922,213
J131	912,292	J203	895,72	J2618	883,389	J4	897,499
J132	912,203	J204	895,157	J2619	880,709	J41	891,824
J134	905,464	J205	891,289	J262	898,884	J42	891,354
J15	924,959	J206	891,216	J263	889,844	J4-8	890,231
J151	934,667	J207	890,266	J264	889,666	J5	930,49
J152	933,774	J208	890,264	J265	887,037	J5-12	920,531
J16	890,706	J209	889,532	J266	885,26	J61	898,682
J161	891,071	J21	919,718	J267	882,764	J6-14	896,476
J162	889,809	J22-24	881,059	J268	882,477	J62	898,279
J17	881,764	J23	926,54	J269	881,825	J7	891,277
J171	884,367	J24	888,525	J27	879,371	J71	891,233
J172	884,225	J241	889,026	J271	879,331	J7-9	888,837
J173	882,9	J242	886,173	J272	879,28	J8	891,69

Junção	Invert Elev. (m)						
J174	882,899	J25	881,064	J27-28	879,228	J81	891,63

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE I: Levantamento das dimensões dos condutos regulares.

Tabela 33: Levantamento fotográfico dos condutos regulares.

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C101	Ponte em Concreto	1	C = 9,55 L = 6,57 A = 3,51	
C103	Ponte em Madeira	1	C = 4,15 L = 6 A = 3,14	
C105 C105-S	Galeria em Concreto / Tubulação Circular em Concreto	1 / 1	C = 10,32 L = 2,00 A = 1,50 / C = 10,32 Ø 1,00	
C107	Ponte em Madeira	1	C = 4,05 L = 7,53 A = 2,12	

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C13	Tubulação circular em Concreto	1	C = 10,95 Ø 1,00	
C135	Tubulação circular em Concreto	1	C = 11,47 Ø 1,01	Sem registro fotográfico por ser de difícil acesso, no entanto todos os condutos de drenagem da linha férrea são de concreto com Ø 1,00 m
C161	Tubo Circular em Concreto	1	C = 20,07 Ø 1,00	
C171	Galeria em Concreto	2	C = 3,60 L= 2,00 A = 1,50	
C173	Ponte em Madeira	1	C = 4,11 L= 8,57 A = 2,70	
C191	Ponte em Concreto	1	C = 4,24 L= 6,63 A = 2,62	

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C20	Tubulação Circular em Concreto	2	C = 34,78 Ø 1,00	
C201 C201-S	Tubulação Circular em Concreto	2 / 1	C = 600,41 Ø 0,60 / C = 605,01 Ø 0,80	
C2011	Ponte em Concreto	1	C = 18,70 L = 5,00 A = 2,60	
C2013	Galeria em Concreto	1	C = 14,10 L = 2,00 A = 1,50	
C203	Galeria em Concreto	1	C = 15,66 L = 2,00 A = 1,50	

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C205	Galeria em Concreto	2	C = 17,18 L= 2,00 A = 1,50	
C207	Ponte em Concreto	1	C = 32,51 L= 8,62 A = 2,33	
C209	Galeria em Concreto	1	C = 12,52 L= 5,45 A = 2,13	
C24	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 25,27 Ø 1,00	
C25	Ponte Semicircular em Concreto	1	C = 48,21 A = 3,70	

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C253	Tubulação circular em Concreto	1	C = 43,10 Ø 1,00	
C26	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 80,15 Ø 1,00	
C2610	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 10,52 Ø 1,00	
C2612	Ponte em Concreto	1	C = 10,35 L = 10,20 A = 4,50	
C2614	Ponte em Concreto	1	C = 12,73 L = 12,4 A = 2,30	

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C2617	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 77,30 Ø 1,00	
C2618	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 198,45 Ø 1,00	
C262	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 48,30 Ø 1,00	
C264	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 20,26 Ø 1,00	
C266	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 62,09 Ø 1,00	

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C268	Tubulação Circular em Concreto	2	C = 11,15 Ø 1,00	
C271	Ponte em Concreto	1	C = 10,20 L = 11,60 A = 3,01	
C273	Ponte em Concreto	1	C = 6,20 L = 6,36 A = 3,43	
C276	Ponte em Concreto	1	C = 9,10 L = 7,50 A = 3,20	
C28	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 294,79 Ø 1,00	
C282	Tubulação Circular em Concreto	1	C = 19,87 Ø 1,00	Sem registro fotográfico por ser de difícil acesso, no entanto todos os condutos de drenagem da linha férrea são de concreto com Ø 1,00 m

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C284	Tubulação Circular em Concreto	2	C = 188,81 Ø 1,00	
C286 C286-S	Tubulação Circular em Concreto	1 / 1	C = 51,33 Ø 1,00 / C = 51,61 Ø 0,60	
C41	Tubulação circular em Concreto	2	C = 14,05 Ø 1,00	
C61	Ponte em Madeira	1	C = 4,00 L= 5,60 A = 2,05	
C71	Galeria em Concreto	1	C = 9,13 L= 2,00 A = 1,50	

Conduto	Tipo	Quantidade	Dimensão (m)	Imagem
C81	Ponte em Concreto	1	C = 11,81 L= 3,47 A = 2,83	

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE J: Propriedades dos condutos.

Tabela 34: Parâmetros dos condutos.

Conduto	Junção de entrada	Junção de saída	Comprimento (m)	n	Seção	Geom1 (m)	Geom2 (m)	Paralelo	Transecto
C1	J1	J1-2	375,80	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C1
C10	J7-9	J10	748,83	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C10
C101	J10	J101	9,55	0,03	Ponte	3,51	6,57	1	
C102	J101	J102	205,06	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C102
C103	J102	J103	4,15	0,03	ponte	3,14	6,00	1	
C104	J103	J104	162,73	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C104
C105	J104	J105	10,32	0,013	Galeria	1,50	2,00	1	
C105-S	J104	J105	10,32	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C106	J105	J106	168,49	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C106
C107	J106	J107	4,05	0,03	Ponte	2,12	7,53	1	
C108	J107	J10-20	210,12	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C108
C11	J4-8	J11-16	1031,35	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C11
C12	J15	J5-12	364,10	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C12
C13	J131	J132	10,95	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C131	J132	J134	1185,04	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C131
C135	J134	J13	11,47	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C14	J19-21	J6-14	1438,49	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C14
C15	J151	J15	304,70	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C15
C151	J152	J15	509,01	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C151
C16	J16	J161	228,91	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C16
C161	J161	J162	20,07	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C162	J162	J11-16	207,21	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C162
C17	J10-20	J171	91,62	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C17
C171	J171	J172	3,60	0,013	Galeria	1,50	2,00	2	
C172	J172	J173	516,07	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C172
C173	J173	J174	4,11	0,03	Ponte	2,70	8,57	1	
C174	J174	J17	256,39	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C174
C175	J11-16	J17	131,84	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C175
C18	J18	J18-23	297,89	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C18
C19	J18-23	J19	344,69	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C19
C191	J19	J191	4,24	0,03	Ponte	2,62	6,63	1	
C192	J191	J19-21	1073,82	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C192
C2	J2	J1-2	909,11	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2
C20	J20	J201	34,78	0,017	Circular	1,00	0,00	2	
C201	J201	J202	600,41	0,017	Circular	0,60	0,00	2	
C2010	J2010	J2011	111,63	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2010
C2011	J2011	J2012	18,70	0,03	Ponte	2,60	5,00	1	
C2012	J2012	J2013	138,02	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2012
C2013	J2013	J2014	14,10	0,013	Galeria	1,50	2,00	1	
C2014	J2014	J10-20	165,99	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2014
C201-S	J201	J202	605,01	0,017	Circular	0,80	0,00	1	

Conduto	Junção de entrada	Junção de saída	Comprimento (m)	n	Seção	Geom1 (m)	Geom2 (m)	Paralelo	Transecto
C202	J202	J203	397,11	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C202
C203	J203	J204	15,66	0,013	Galeria	1,50	2,00	1	
C204	J204	J205	405,10	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C204
C205	J205	J206	17,18	0,013	Galeria	1,50	2,00	2	
C206	J206	J207	100,78	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C206
C207	J207	J208	32,51	0,03	Ponte	2,33	8,62	1	
C208	J208	J209	70,72	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C208
C209	J209	J2010	12,52	0,013	Galeria	2,13	5,45	1	
C21	J21	J19-21	1079,20	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C21
C22	J17	J22-24	254,26	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C22
C23	J23	J18-23	296,44	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C23
C24	J24	J2616	25,27	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C241	J241	J24	115,24	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C1
C242	J242	J22-24	110,85	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C242
C25	J22-24	J25	48,21	0,03	Ponte semi circular	3,70	0,00	1	
C251	J25	J254	313,34	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C251
C252	J251	J252	114,62	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C252
C253	J252	J253	43,10	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C254	J253	J254	39,60	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C254
C26	J261	J262	80,15	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C261	J262	J263	520,59	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C261
C2610	J2611	J2612	10,52	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C2611	J2612	J26	113,09	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2611
C2612	J2613	J2619	10,35	0,03	Ponte	4,50	10,20	1	
C2613	J2619	J2614	165,82	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2613
C2614	J2614	J2615	12,73	0,03	Ponte	2,90	6,20	2	
C2615	J2615	J26	77,93	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2615
C2616	J2616	J2617	43,87	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2616
C2617	J2617	J2618	77,30	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C2618	J2618	J2619	198,45	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C2619	J254	J2613	408,75	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C2619
C262	J263	J264	48,30	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C263	J264	J265	399,22	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C263
C264	J265	J266	20,26	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C265	J266	J267	104,41	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C265
C266	J267	J268	62,09	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C267	J268	J269	23,40	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C267
C268	J269	J2610	11,15	0,017	Circular	1,00	0,00	2	
C269	J2610	J2611	65,43	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C269
C27	J26	J27	206,81	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C27
C271	J27	J271	10,20	0,03	Ponte	3,01	11,60	1	
C272	J271	J272	132,84	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C272
C273	J272	J273	6,20	0,03	Ponte	3,43	6,36	1	
C274	J273	J27-28	120,46	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C274
C275	J27-28	J274	71,97	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C275
C276	J274	J275	9,10	0,03	Ponte	3,20	7,50	1	
C277	J275	J276	7,54	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C277
C28	J28	J281	294,79	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C281	J281	J282	276,78	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C281
C282	J282	J283	19,87	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C283	J283	J284	100,17	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C283
C284	J284	J285	188,81	0,017	Circular	0,89	0,00	2	
C285	J285	J286	24,32	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-T-C285
C286	J286	J287	51,33	0,017	Circular	1,00	0,00	1	
C286-S	J286	J287	51,61	0,017	Circular	0,60	0,00	1	
C287	J287	J27-28	96,63	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C287
C29	J276	E29	166,82	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C29
C3	J5-12	J3	718,96	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C3
C31	J31	J3	339,51	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C31
C4	J4	J41	294,09	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C4
C41	J41	J42	14,05	0,017	Circular	1,00	0,00	2	

Conduto	Junção de entrada	Junção de saída	Comprimento (m)	n	Seção	Geom1 (m)	Geom2 (m)	Paralelo	Transecto
C42	J42	J4-8	14,34	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C42
C5	J5	J5-12	540,24	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C5
C6	J3	J61	799,40	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C6
C61	J61	J62	4,00	0,03	Ponte	2,05	5,60	1	
C62	J62	J6-14	189,57	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C62
C7	J1-2	J7	184,27	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C7
C71	J7	J71	9,13	0,013	Galeria	1,50	2,00	1	
C72	J71	J7-9	265,13	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C72
C8	J13	J8	491,75	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C8
C81	J8	J81	11,81	0,03	Ponte	2,83	3,47	1	
C82	J81	J4-8	15,03	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C82
C9	J6-14	J7-9	1168,95	0,03	Irregular	0,00	0,00	1	T-C9

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE K: Coeficiente de Manning estabelecido para o modelo 2D.

Tabela 35: Coeficiente de Manning model 2D.

Sub-bacias	n pond. 2D						
S1_1	0,311	S17_3	0,105	S23_2	0,069	S28_1	0,231
S1_2	0,309	S18_1	0,165	S24_1	0,040	S28_2	0,058
S10_1	0,164	S18_2	0,503	S24_2	0,029	S28_3	0,246
S10_2	0,098	S19_1	0,351	S24_3	0,067	S28_4	0,021
S10_3	0,091	S19_2	0,078	S25_1	0,238	S28_5	0,057
S10_4	0,097	S2_1	0,248	S25_2	0,131	S28_6	0,098
S10_5	0,126	S2_2	0,347	S25_3	0,153	S29	0,197
S11	0,097	S20_1	0,042	S26_1	0,105	S3_1	0,602
S12	0,572	S20_2	0,077	S26_2	0,035	S3_2	0,622
S13_1	0,274	S20_3	0,047	S26_3	0,160	S4_1	0,192
S13_2	0,328	S20_4	0,049	S26_4	0,155	S4_2	0,139
S14	0,353	S20_5	0,045	S26_5	0,065	S5_1	0,229
S15_1	0,299	S20_6	0,062	S26_6	0,084	S5_2	0,450
S15_2	0,475	S20_7	0,046	S26_7	0,171	S6_1	0,213
S15_3	0,220	S20_8	0,065	S26_8	0,214	S6_2	0,271
S16_1	0,227	S20_9	0,109	S26_9	0,085	S7_1	0,235
S16_2	0,017	S21_1	0,325	S27_1	0,127	S7_2	0,171
S16_3	0,036	S21_2	0,186	S27_2	0,089	S8	0,281
S17_1	0,148	S22	0,221	S27_3	0,078	S9	0,194
S17_2	0,074	S23_1	0,136	S27_4	0,064		

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE L: Parâmetros dos barris de chuva.

Tabela 36: Dados de entrada dos barris de chuva.

Sub-bacia	Soma 100%	Soma 95%	Número de barris	% Imperv.	Sub-bacia	Soma 100%	Soma 95%	Número de barris	% Imperv.
S1_1	4054,744	3766,082	26	0,807	S23_2	442,406	420,286	1	0,369
S1_2	5340,435	4554,782	30	1,314	S24_1	46451,323	41644,172	315	20,112
S10_1	84357,303	74011,417	415	14,904	S24_2	8222,449	6920,653	64	15,765
S10_2	20648,612	17469,906	177	16,752	S24_3	5699,638	4671,070	45	16,941
S10_3	14021,691	11046,872	110	8,694	S25_1	36310,975	34262,412	90	8,812
S10_4	26485,808	22560,240	210	15,473	S25_2	2978,910	2517,059	14	5,960
S10_5	7206,509	5733,917	65	14,874	S25_3	12214,360	9904,658	102	7,412
S11	88682,622	73522,708	654	13,244	S26_1	39015,175	35195,215	160	9,818

Sub-bacia	Soma 100%	Soma 95%	Número de barris	% Imperv.	Sub-bacia	Soma 100%	Soma 95%	Número de barris	% Imperv.
S12	0,000	0,000	0	0,000	S26_2	49062,350	46061,163	82	11,456
S13_1	11859,779	10539,435	75	1,911	S26_3	22062,628	20024,150	107	5,603
S13_2	35142,759	30233,948	256	3,086	S26_4	1285,426	812,844	11	3,751
S14	5213,636	4751,890	19	0,447	S26_5	1947,430	1534,359	17	11,008
S15_1	50,007	0,000	0	0,000	S26_6	5472,617	4698,795	37	14,882
S15_2	451,618	384,384	2	0,198	S26_7	5133,001	4347,325	25	16,364
S15_3	170,484	74,384	1	0,026	S26_8	23598,439	19402,736	194	12,784
S16_1	10720,928	9631,226	46	2,205	S26_9	18955,884	16658,093	146	11,086
S16_2	4206,882	3760,996	17	2,399	S27_1	18530,448	16085,388	127	12,534
S16_3	4016,585	3316,642	31	2,193	S27_2	8347,668	7326,219	52	16,407
S17_1	1383,095	1020,789	13	9,930	S27_3	17801,555	16452,041	69	17,413
S17_2	28059,068	24066,341	224	16,814	S27_4	77589,575	69729,050	362	22,802
S17_3	29022,187	25492,553	198	17,425	S28_1	14019,252	12646,492	97	4,925
S18_1	0,000	0,000	0	0,000	S28_2	24877,378	22662,581	101	15,772
S18_2	0,000	0,000	0	0,000	S28_3	15777,463	14945,374	6	13,612
S19_1	1975,508	1694,488	16	0,598	S28_4	33,275	0,000	0	0,000
S19_2	5010,508	4436,974	20	0,524	S28_5	10857,651	9808,202	67	12,168
S2_1	0,000	0,000	0	0,000	S28_6	7129,184	6299,142	49	18,023
S2_2	660,876	609,376	2	0,135	S29	5969,205	4910,098	40	15,973
S20_1	33275,507	29293,958	228	15,631	S3_1	765,659	727,376	4	0,318
S20_2	26810,687	25350,918	8	5,920	S3_2	211,889	151,214	1	0,052
S20_3	25763,791	22700,643	208	4,903	S4_1	26891,138	23554,537	171	4,944
S20_4	48581,049	41439,977	413	12,317	S4_2	21975,608	19080,271	160	11,788
S20_5	6934,168	5512,070	57	16,598	S5_1	0,000	0,000	0	0,000
S20_6	26147,304	22457,879	216	8,966	S5_2	286,554	272,227	4	0,100
S20_7	10365,846	9470,185	49	27,205	S6_1	2468,205	2240,572	14	0,519
S20_8	23405,012	19989,147	139	17,840	S6_2	331,887	314,045	2	1,605
S20_9	10862,617	9430,893	94	17,161	S7_1	2999,347	2610,161	23	1,555
S21_1	2697,781	2424,893	19	1,881	S7_2	6903,916	5182,808	59	8,875
S21_2	519,834	383,921	3	0,079	S8	7610,530	6920,163	40	1,759
S22	1888,548	1310,266	17	3,768	S9	15792,121	14892,117	19	3,217
S23_1	12694,826	11483,359	38	2,839	Total	618688,611	533927,46	4096	279,0611

Fonte: Autora (2024).

APÊNDICE M: Resultados dos barris de chuva.

Tabela 37: Resultados da simulação com LID.

Sub-bacia	Natural		LID	
	Volume escoado (m ³)	Pico de escoamento (m ³ .s ⁻¹)	Volume escoado (m ³)	Pico de escoamento (m ³ .s ⁻¹)
S1_1	60340	3,65	60330	3,65
S1_2	46870	3,42	46840	3,42
S10_1	75960	5,46	75570	5,46
S10_2	16620	1,47	16450	1,47
S10_3	19450	1,56	19340	1,56
S10_4	22910	1,89	22710	1,89
S10_5	6170	0,55	6110	0,55
S11	86000	6,27	85380	6,28
S12	16600	0,95	16600	0,95
S13_1	72810	4,29	72740	4,29
S13_2	132350	7,49	132110	7,49
S14	139140	6,74	139120	6,74

Sub-bacia	Natural		LID	
	Volume escoado (m ³)	Pico de escoamento (m ³ .s ⁻¹)	Volume escoado (m ³)	Pico de escoamento (m ³ .s ⁻¹)
S15_1	27110	1,77	27110	1,77
S15_2	24970	1,49	24970	1,49
S15_3	38390	2,7	38380	2,7
S16_1	61730	3,88	61680	3,88
S16_2	24610	2,25	24590	2,25
S16_3	23150	2,12	23120	2,12
S17_1	1640	0,15	1630	0,15
S17_2	23570	2	23360	2
S17_3	23650	1,94	23460	1,94
S18_1	27500	2,25	27500	2,25
S18_2	25450	1,53	25450	1,53
S19_1	38210	2,67	38200	2,67
S19_2	121030	8,37	121010	8,37
S2_1	29990	2,05	29990	2,05
S2_2	59050	3,61	59050	3,61
S20_1	31330	2,55	31120	2,55
S20_2	63000	4,95	63000	4,95
S20_3	69840	5,7	69640	5,7
S20_4	53840	4,53	53450	4,53
S20_5	5540	0,52	5490	0,52
S20_6	38070	2,74	37860	2,75
S20_7	5950	0,55	5900	0,55
S20_8	18600	1,63	18470	1,63
S20_9	8840	0,76	8750	0,76
S21_1	18330	1,18	18320	1,18
S21_2	68130	4,17	68130	4,17
S22	5170	0,44	5160	0,44
S23_1	57760	3,57	57720	3,57
S23_2	17070	1,52	17070	1,52
S24_1	34230	2,6	33930	2,6
S24_2	7190	0,66	7130	0,66
S24_3	4520	0,42	4480	0,42
S25_1	58200	3,76	58110	3,76
S25_2	6190	0,54	6180	0,54
S25_3	20240	1,62	20150	1,62
S26_1	55070	3,98	54920	3,98
S26_2	65860	5,72	65780	5,72
S26_3	53170	3,85	53070	3,85
S26_4	3230	0,29	3220	0,29
S26_5	2230	0,21	2220	0,21
S26_6	5100	0,46	5060	0,46
S26_7	4210	0,37	4190	0,37
S26_8	23540	1,79	23350	1,79
S26_9	23020	1,61	22890	1,61
S27_1	19630	1,3	19510	1,3
S27_2	7260	0,66	7210	0,66
S27_3	14970	1,07	14900	1,07
S27_4	50930	3,81	50590	3,81
S28_1	36570	2,37	36480	2,37
S28_2	23680	2,12	23590	2,12
S28_3	16850	1,32	16850	1,32
S28_4	4720	0,48	4720	0,48

Sub-bacia	Natural		LID	
	Volume escoado (m ³)	Pico de escoamento (m ³ .s ⁻¹)	Volume escoado (m ³)	Pico de escoamento (m ³ .s ⁻¹)
S28_5	12950	1,18	12890	1,18
S28_6	5760	0,52	5710	0,52
S29	4970	0,43	4930	0,43
S3_1	28480	1,67	28480	1,67
S3_2	35460	1,91	35460	1,91
S4_1	66620	4,28	66460	4,28
S4_2	24710	1,96	24560	1,96
S5_1	40300	2,94	40300	2,94
S5_2	35350	2,27	35350	2,27
S6_1	59800	3,97	59780	3,97
S6_2	2800	0,25	2790	0,25
S7_1	22930	1,74	22900	1,74
S7_2	8680	0,74	8630	0,74
S8	53770	3,6	53730	3,6
S9	65810	4,16	65800	4,16
Total	2715740		2709180	

Fonte: Autora (2024).

ANEXO A: *Script* para uso e ocupação da terra

```

rm(list=ls(all=TRUE))
## Carregando bibliotecas
library(caret)
library(caTools)
library(dplyr)
library(mapview)
library(randomForest)
library(raster)
library(rgdal)
library(sf)
library(sp)
# Carregando o sistema de coordenadas
CRS("+init=epsg:31982")

## Carregando arquivo shapefile da área de estudo.
shp = read_sf("areadeestudo.shp")

## Carregando o raster e o recortando (crop) no apenas para análise da área de estudo
## A função pipe (%>%), serve para que, o último objeto carregado seja a entrada para o
próximo comando. No caso, a função "crop"
## A função crop recebe como entrada uma imagem RGB formada pelas bandas espectrais que
vem da função stack e o shapefile para o recorte

img = stack ("bandaRED.tif",
            "bandaGREEN.tif",
            "bandaBLUE.tif") %>% crop(shp)

## O dado utilizado ficou sem sistema de coordenadas. Buscar o EPSG no site
https://spatialreference.org/ref/epsg

```

```

crs(img) <- CRS("+init=epsg:31982")
plotRGB(img, r = 3, g = 2, b = 1, stretch = 'lin')

## Alterando o nome das bandas
names(img) <- c("BR", "BG", "BB",)

## Importante as amostras de treino tipo ponto
amostras = read_sf("amostras.shp")

#Extraindo os valores e avaliando
amostras.extract = extract(img, amostras) %>% data.frame()
amostras.extract$Class = as.factor(amostras$Classe)
View(amostras.extract)

## Separando os dados em treino e teste
posicoes.treino = sample.split(amostras.extract$Class)
train = amostras.extract[posicoes.treino,]
valid = amostras.extract[posicoes.treino == F, ]

## Treinamento do RandomForest. mtry sendo a raiz quadrada do número de variáveis
RF.model = randomForest(Class~., data = train, ntree = 200, mtry = sqrt(n))

## Importância das variáveis
varImpPlot(RF.model, pch = 20)

## Predição do random forest utilizando os dados de validação
pred.RF = predict(RF.model, valid)

## Cálculo da matriz de confusão
CM.RF = confusionMatrix(data = pred.RF, reference = valid$Class)
CM.RF

## Predição do modelo, o número de cores vai corresponder ao número de classes de uso criadas
class.RF = predict(img, RF.model)
mapview(class.RF,col.regions=list('yellow', 'blue','grey', 'green', 'darkgreen', 'orange', 'brown'))

## Majority filter, utilizado para agrupar pixels isolados

class.RF.majority <-focal(class.RF, w=matrix(1,3,3), fun=modal) # 3x3 moving window
class_filtrada = mapview(as.factor(class.RF.majority),col.regions=list('yellow', 'blue','grey',
'green', 'darkgreen', 'orange', 'brown'))
class_sem_filtro = mapview(class.RF,col.regions=list('yellow','blue','grey','green',
'darkgreen', 'orange', 'brown'))
class_sem_filtro + class_filtrada

## Salvando o resultado
writeRaster(class.RF.majority, 'resultado_rf_majority.tif')

```