



ESTRUTURAÇÃO DE PLANILHA DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DRENAGEM URBANA

STRUCTURING A CALCULATION SHEET FOR SIZING URBAN DRAINAGE NETWORKS

Anísio de Sousa Meneses Filho¹, Lucas Florêncio da Cunha Teixeira²

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v42p515-529.2023

RESUMO: Este trabalho objetiva apresentar uma planilha de cálculo para dimensionamento de rede de drenagem urbana a partir do preenchimento de alguns dados de entrada por parte do usuário, além de demonstrar a realização de todo o procedimento de cálculo para dimensionar cada trecho e cada conduto, partindo-se dos pressupostos de Hidráulica Básica e de algumas predefinições propostas por regulações presentes em manuais de drenagem urbana de diversos municípios brasileiros. Por se tratar de uma área de conhecimento complexa e que deve formar profissionais com grande responsabilidade, a Engenharia Civil necessita que sejam ampliados os estudos para melhorias nos seus métodos de ensino, com auxílio da tecnologia e de formas didáticas de promover maior aprendizado aos alunos. Por esse motivo, a planilha apresentada se torna uma ferramenta cuja principal contribuição é aliviar a carga de trabalho manual que o engenheiro tem no processo de dimensionamento, além de expor claramente cada etapa, promovendo uma percepção mais sistêmica e integrada dos fatores e parâmetros envolvidos.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia Civil; drenagem urbana; método de ensino.

ABSTRACT: This paper aims at presenting a calculation sheet for sizing urban drainage networks by some input data filling by the user, carrying out the entire calculation procedure for sizing each branch and each conduit, and assuming the basic Hydraulic assumptions and some pre-definitions proposed in regulations present in urban drainage manuals of Brazilian cities. As Civil Engineering is a complex area of knowledge and graduates professionals with great responsibilities, it needs bigger studies in order to improve teaching methods with technology aiding and didactic ways of promoting greater learning by the students. For that reason, the presented sheet becomes a tool whose main contribution is relieving the manual labor which the Engineer has in the sizing process, and also clearly exposes each step along the way, promoting a more systemic and integrated perception of the factors and parameters involved.

KEYWORDS: Civil Engineering; urban drainage; teaching methods.

¹ Professor, Universidade de Fortaleza – Unifor, profanisio1@gmail.com

² Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará – UFC, lucasfengcivil@gmail.com



INTRODUÇÃO

A Engenharia Civil é uma área de estudo que demanda o conhecimento prático do profissional e cuja área de atuação está pautada na resolução de problemas, ora de projetos ora de gerenciamento de execução de obras. Dessa forma, o ensino das disciplinas presentes na academia necessita da exposição teórica dos conceitos, mas principalmente de um cunho prático voltado para as atividades a serem realizadas no exercício profissional.

A maioria das estratégias e metodologias educacionais utilizadas no Ensino da Engenharia hoje em dia ainda está apoiada no modelo tradicional de ensino, ou seja, na ideia do professor detentor do saber e do aluno receptor passivo, algo insuficiente para as necessidades atuais de mercado (SILVA; SARMENTO; OLIVEIRA, 2016 apud VOLSKI; FREITAS; MUNARO, 2022).

O desenvolvimento de soluções criativas para problemas encontrados na vivência da profissão advém da qualidade de ensino da Engenharia Civil. Uma das formas de atingir essa qualificação é promover o desenvolvimento de habilidades com ferramentas tecnológicas (LEMES, 2019), que possibilitam agilidade e facilidade na resolução de problemas. Com a globalização, as mudanças na forma de atuação do profissional são constantes, o que gera um mercado cada vez mais seletivo.

Por se tratar de uma área de conhecimento complexa e que deve formar profissionais com grande responsabilidade, a Engenharia Civil necessita que sejam ampliados os estudos para melhorias nos seus métodos de ensino, com auxílio da tecnologia e de formas didáticas de promover maior aprendizado aos alunos (LEMES, 2019).

Portanto, este trabalho se propõe a demonstrar a utilização de uma ferramenta gratuita para o dimensionamento de redes de drenagem urbana de águas pluviais, desenvolvida em planilha eletrônica Microsoft Excel®, resultante dos estudos do Grupo de Estudos e Pesquisas em Drenagem Urbana (GEDUR) da Universidade de Fortaleza (Unifor). O intuito é facilitar o aprendizado das técnicas adotadas nesse tipo de trabalho. A ferramenta pode ser adotada no ensino de disciplinas de Saneamento Básico ou Ambiental, Hidrologia ou Hidráulica, presentes nos cursos de Engenharia Civil. O principal propósito é contribuir para o aprimoramento didático-pedagógico na formação de profissionais de Engenharia Civil.



Reforça-se aqui a necessidade, sobretudo, da apreensão completa por parte dos graduandos dos conceitos teóricos necessários, sendo a planilha apenas uma ferramenta facilitadora dos cálculos. Do contrário, esta se torna inutilizável.

A montagem da rede de drenagem exige do Engenheiro a habilidade em todas as etapas do processo, que devem ser exploradas e compreendidas para o efetivo aproveitamento, permitindo o ajuste ou refinamento de situações específicas, sempre que for julgado necessário.

A qualidade dos dados de entrada para o processamento assume relevância superlativa. Sem uma avaliação cuidadosa dos cenários de atendimento do sistema, sobretudo a estimativa da chuva intensa e sua transformação em escoamento superficial (*runoff*), o projeto tende a não gerar os benefícios almejados em compatibilidade com os custos de investimento na infraestrutura do saneamento básico.

Além disso, mais do que o domínio da rotina de cálculo, é indispensável a disponibilidade de dados que permitam a prospecção do processo ocupacional, com correto disciplinamento e controle do uso e ocupação do solo, e modelos da dinâmica dos processos hidrológicos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Referências normativas

Não há uma norma específica da ABNT NBR para projeto de rede de drenagem urbana. Entretanto, muitos municípios brasileiros já dispõem de normativos próprios que estabelecem os critérios a serem atendidos na elaboração de projetos dos dispositivos para a condução das águas do escoamento superficial direto nas vias públicas coletadas pelas sarjetas e que ingressam nas bocas de lobo. Além disso, há um nítido propósito de incorporar novas ações no manejo das águas pluviais buscando, tanto quanto possível, sobretudo na fase de planejamento que deve anteceder a ocupação da bacia, medidas estruturais e não estruturais que preservem a magnitude da vazão de pico natural (isto é, no cenário de pré-desenvolvimento).

Em alguns aspectos, a ABNT NBR 9649:1986 (projeto de redes coletoras de esgoto sanitário) tem servido para nortear o estabelecimento de critérios básicos para as redes de águas pluviais.

Conceitos fundamentais

No contexto de drenagem urbana, existe uma distinção entre microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem é, segundo Curitiba (2002) apud Teixeira (2017), um sistema de condutos pluviais ou em canais de loteamento ou em redes primárias urbanas projetado para atender à drenagem de precipitações de moderados períodos de recorrência. A macrodrenagem, por sua vez, é composta de sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem projetada para acomodar maiores precipitações.

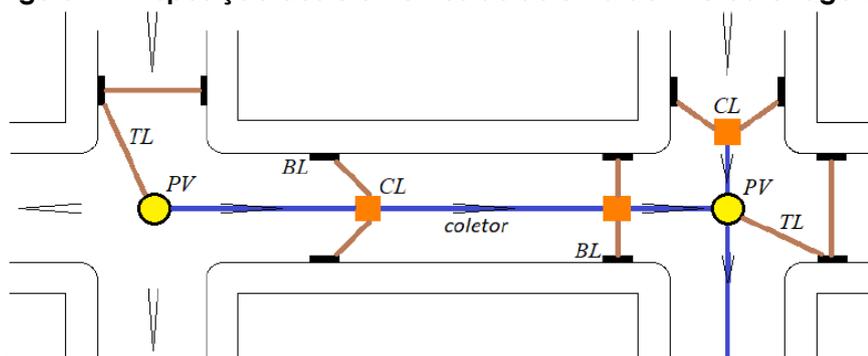
Os dispositivos que integram a rede de microdrenagem operam na captação e condução das águas pluviais durante e após o evento chuvoso. Na área contribuinte, o tempo de escoamento superficial direto das águas pluviais é sempre maior do que o tempo de duração da chuva. Portanto, a caracterização física e morfológica da bacia hidrográfica é fundamental para modelar o caminho das águas que precipitam e não encontram as condições propícias para a infiltração, como acentuado pela forma tradicional de urbanização que induz uma severa impermeabilização da superfície do solo.

Tipicamente, os principais elementos constituintes de um sistema de microdrenagem são sarjetas, bocas-de-lobo (BL), poços de visita (PV) e galerias pluviais (TEIXEIRA, 2017), estas últimas formando a rede propriamente dita. De forma a conectar esses elementos, existem os tubos (TL) e as caixas de ligação (CL).

O primeiro elemento da rede, a sarjeta, recebe as águas que escoam sobre as vias públicas e lotes não atendidos por detenções locais. A capacidade hidráulica associada a uma seção de sarjeta pode ser estimada com base na expressão de Manning.

A Figura 1 ilustra a disposição dos elementos geométricos do sistema de microdrenagem, assim como as suas interligações.

Figura 1 – Disposição dos elementos do sistema de microdrenagem



Fonte: elaborada pelos autores (2023).

As águas transferidas pela microdrenagem se encaminham para o sistema de macrodrenagem (córrego, rio, canal de maior dimensão). É necessário, então, observar a compatibilidade dos volumes com a capacidade de condução do corpo hídrico receptor, de maneira a evitar a agudização da cheia a jusante da área tratada.

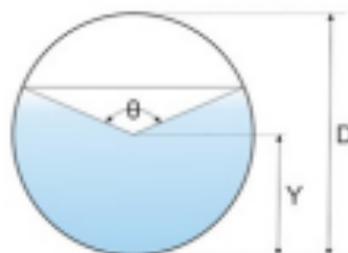
O plano de escoamento deve ser definido em atenção aos aspectos topográficos tanto da área que está sendo drenada quanto daquela a jusante potencialmente impactada pela implantação da rede de condutos.

Aspectos hidráulicos da rede

O desenvolvimento da planilha acarretou a adoção de alguns pressupostos, entre os quais: escoamento permanente e uniforme, fluxo livre por gravidade, rede de condutos circulares, autolimpeza dos condutos e sistema separador absoluto.

Assim, adotaram-se as equações básicas da Hidráulica, tais como a equação da continuidade, de Chezy e de Manning. O escoamento em condutos circulares é regido pelas equações de 1 a 6 (PORTO, 2006) e pela Figura 2.

Figura 2 – Perfil geométrico do conduto circular



Fonte: Maciel, Costa e Martins (2019).

$$\frac{y}{D} = \frac{1 - \cos\theta/2}{2} \quad (1)$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(1 - \frac{2y}{D}\right) \quad (2)$$

$$\frac{A_m}{D^2} = \frac{\theta - \sin\theta}{8} \quad (3)$$

$$\frac{R_h}{D} = \frac{\theta - \sin\theta}{4\theta} \quad (4)$$



$$\frac{A_m}{y^2} = \frac{\theta - \text{sen}\theta}{4(1 - \text{cos}\theta/2)} \quad (5)$$

$$\frac{R_h}{y} = \frac{\theta - \text{sen}\theta}{2(1 - \text{cos}\theta/2)} \quad (6)$$

sendo y a altura da lâmina de escoamento (m), θ o ângulo central (rad), D o diâmetro do conduto (m), A_m a área molhada (m^2) e R_h o raio hidráulico (m).

Os critérios básicos para dimensionamento da rede são: declividade mínima de 0,5 m/100 m, diâmetro mínimo de 400 mm, tração trativa mínima de 2,0 Pa, velocidade mínima de 0,6 m/s e máxima de 5,0 m/s e tirante máximo (relação y/D) de 0,80 (TOMAZ, 2013). O usuário possui a liberdade de administrar esses parâmetros conforme a necessidade de cada projeto.

A rede de drenagem de águas pluviais opera, tipicamente, por gravidade. É importante, então, o levantamento cadastral prévio das obras de infraestrutura já implantadas, a fim de se prevenir interferências com outros sistemas enterrados. Ajustes de projeto feitos em campo, no decorrer da execução da obra, para acomodar os conflitos de redes diversas, costumam não ser efetivos ou bastante onerosos.

A declividade do fundo do conduto é fundamental para a escolha do diâmetro do tubo que atenda à vazão de projeto em compatibilidade com a velocidade e o tirante permitidos.

Além disso, o cobrimento (distância entre o topo do conduto e o nível da rua) é, no mínimo (INDAIATUBA, 2019):

$$Cob_{\text{mín}} = 0,40 + \frac{D}{2} \quad (7)$$

A tensão trativa (tensão média de cisalhamento sobre o perímetro molhado), segundo Tomaz (2013), é de 2,0 Pa, no mínimo. A adequação dessa variável no estudo é fundamental para garantir a autolimpeza das tubulações do sistema que, do contrário, necessitariam de limpeza periódica para que o correto funcionamento da rede não fosse comprometido. Seu valor pode ser determinado por (PORTO, 2006):

$$\sigma_t = \gamma \cdot R_h \cdot I_0 \quad (8)$$

em que σ_t é a tensão trativa, γ o peso específico do fluido e I_0 a declividade do fundo.



Aspectos hidrológicos da rede

A estimativa da chuva de projeto, quantificada por meio da intensidade de chuva, adotada para a planilha deste trabalho corresponde à relação IDF (intensidade-duração-frequência), que considera parâmetros regionais de calibração, tempo de duração da chuva e período de retorno.

O período de retorno adotado para sistemas de macrodrenagem abrange a faixa de 25 a 100 anos, enquanto para microdrenagem, usualmente, são adotados entre 10 e 25 anos.

O tempo de duração corresponde ao tempo de concentração, para pequenas bacias. Este último pode ser estimado pela expressão de California Culverts Practice:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (7)$$

sendo L o comprimento do curso de água principal (km) e H o desnível entre o ponto mais elevado da bacia e a seção exutória (m).

O valor obtido pela Equação 7 foi adotado para a entrada da rede, enquanto, para os demais, adicionou-se o tempo de percurso calculado pelo critério cinemático:

$$t_{esc} = \frac{x}{v} \quad (8)$$

sendo x o comprimento do trecho e v a velocidade de escoamento.

Para a estimativa da vazão de projeto, foi utilizado o método racional modificado:

$$Q = C_d \cdot i \cdot A \cdot f \quad (9)$$

Sendo i a intensidade de chuva, A a área de contribuição, C_d e f coeficientes determinados por:

$$C_d = 1,0 \quad (A \leq 10.000 \text{ m}^2) \quad (10)$$

$$C_d = \left(\frac{A}{10.000} \right)^{-0,15} \quad (A > 10.000 \text{ m}^2) \quad (11)$$

$$f = 0,0725 \cdot C \cdot (i \cdot t)^{1/3} \quad (12)$$

sendo C o coeficiente de escoamento superficial direto, determinado através da ocupação da bacia. No caso de áreas com diferentes ocupações, C será determinado pela média ponderada entre o coeficiente e a área superficial de cada uma.



METODOLOGIA

Dimensionamento do conduto

A planilha considera o aporte de água na galeria somente através dos PV, ou seja, não há contribuição ao longo do trecho. Considerando o tirante máximo de 80%, tem-se:

$$D = 1,5614 \cdot \left(\frac{Q_f \cdot n}{\sqrt{I_0}} \right) \quad (13)$$

sendo n o coeficiente de Manning.

Tipicamente, os trechos de rede conduzem as águas pluviais que chegam, através de um ou mais trechos, a um mesmo PV, e daí passam a compartilhar um mesmo trecho de galeria. Além da soma dessas vazões, há aquela produzida na parcela adjacente da bacia contribuinte. Por conseguinte, as vazões são sempre crescentes no sentido de montante para jusante.

Ao desenvolver o cálculo de montante para jusante, os seguintes passos devem ser seguidos:

- i. traçado da rede de condutos em planta, com a indicação locacional das bocas de lobo e poços de visita, considerando criteriosamente a orientação da topografia da área que está sendo tratada;
- ii. estabelecimento do tempo de retorno (TR) da precipitação de projeto, tendo em vista a magnitude do risco assumido;
- iii. estimativa do tempo de concentração (t_c) da área contribuinte;
- iv. aplicação da relação IDF da área em estudo, considerando a duração da chuva equivalente ao tempo de concentração da área contribuinte, a cada trecho;
- v. determinação do coeficiente de escoamento superficial (C), ponderando-o em caso de cobertura diversificada no solo;
- vi. aplicação do método racional para a estimativa da vazão máxima naquele ponto de ingresso na rede (boca de lobo);
- vii. estabelecimento do diâmetro e da declividade compatíveis para a vazão do trecho da galeria, considerando aspectos técnicos e de custos;
- viii. determinação do tempo de viagem ao longo do trecho, dividindo-se a extensão do trecho pela velocidade média de escoamento (na vazão de projeto);
- ix. atualização do valor do tempo de concentração, somando-se o tempo de viagem ao t_c calculado anteriormente (item viii);



x. retorno à etapa (iv) para o sequenciamento do cálculo, até contemplar todos os trechos da rede.

Determinando-se a vazão, o diâmetro e a declividade de cada trecho, verificam-se o tirante, as velocidades máximas e mínimas e a tensão trativa, que são os aspectos operacionais da rede. Caso necessário, alguns dos parâmetros precisarão de adequação para atender aos critérios máximos de operação de cada um dos parâmetros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exemplo de aplicação

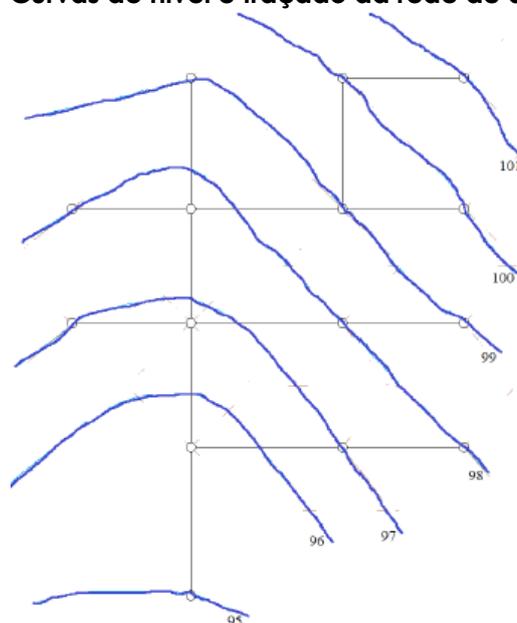
Ilustra-se, a seguir, um exemplo de utilização da planilha para demonstrar a visualização dos resultados, além dos locais de preenchimento dos dados de entrada.

O primeiro passo é o traçado da rede a partir das curvas de nível, assim como a locação dos PV, conforme ilustrado na Figura 3.

A numeração dos nós e trechos e os comprimentos de cada trecho estão na Figura 4.

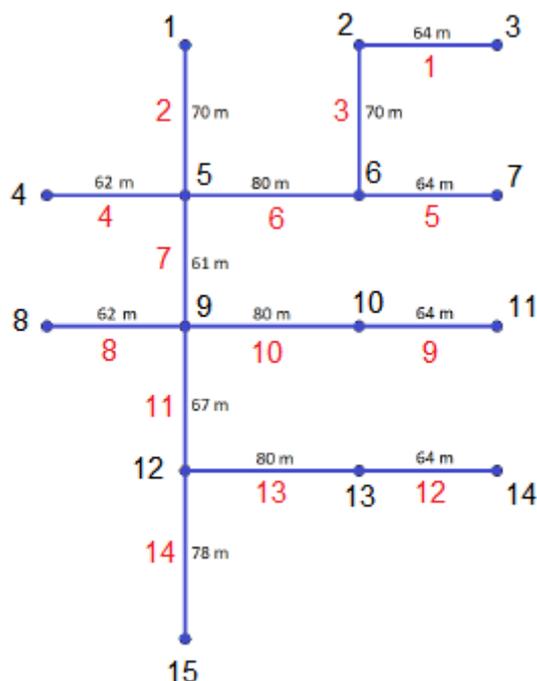
Por fim, na Figura 5 estão as áreas de contribuição adjacentes aos trechos.

Figura 3 – Curvas de nível e traçado da rede de drenagem



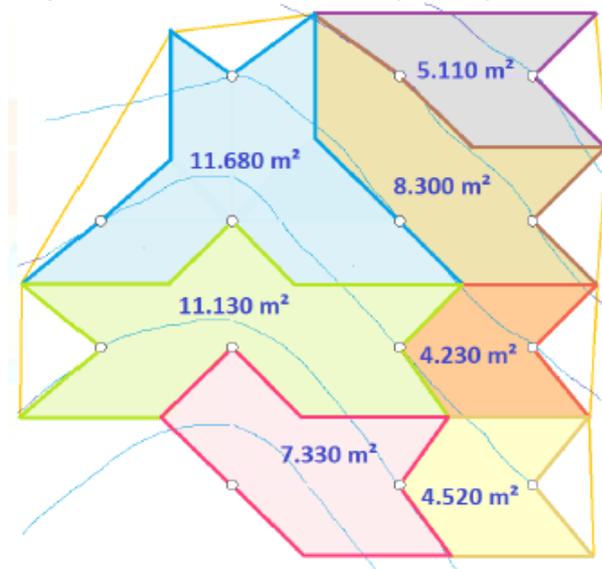
Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Figura 4 – Numeração dos nós (em preto) e dos trechos (em vermelho) e comprimento de cada trecho



Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Figura 5 – Áreas de contribuição adjacentes



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Após a determinação desses parâmetros, o usuário irá preencher a planilha nos campos em azul claro, conforme pode ser visualizado na Figura 6.



Figura 6 – Preenchimento da planilha para o exemplo ilustrativo

DADOS BÁSICOS DO PROJETO DE REDE DE DRENAGEM PLUVIAL					trecho	comprimento (m)	PV montante	PV jusante
parâmetros da relação IDF	a	2.345,29	b	0,173	1	64,0	3	2
	c	28,31	d	0,904	2	70,0	1	5
tempo de retorno (anos)		25			3	70,0	2	6
					4	62,0	4	5
					5	64,0	7	6
cobertura mínima		90			6	80,0	6	5
diâmetro mínimo		400			7	61,0	5	9
					8	62,0	8	9
coeficiente de rugosidade de Manning		0,013			9	64,0	11	10
					10	80,0	10	9
tempo inicial de percurso (PVs iniciais)		10			11	67,0	9	12
					12	64,0	14	13
declividade mínima do coletor pluvial		0,50			13	80,0	13	12
velocidade mínima de escoamento		0,60			14	78,0	12	15
velocidade máxima de escoamento		5,00			15			

PV	trecho	trecho	trecho	cota do terreno (m)	área adjacente de contribuição incremental (m²)	coeficiente de runoff da área adjacente
1				99,00	2000	0,65
2	1			100,00	5110	0,65
3				101,00	2000	0,65
4				98,00	2000	0,70
5	2	6	4	97,70	11680	0,70
6	3	5		99,00	8300	0,70
7				100,00	2000	0,70
8				97,00	2000	0,75
9	7	10	8	96,70	11130	0,75
10	9			98,00	4230	0,75
11				99,00	2000	0,80
12	11	13		95,70	7330	0,80
13	12			97,00	4520	0,80
14				98,00	2000	0,80
15	14			95,00		

Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Para cada um dos trechos, a planilha irá avaliar automaticamente a necessidade de tubo de queda no seu PV de jusante, admitindo um desnível máximo de 0,50 m. Esse processamento está na Figura 7.

Figura 7 – Resultado do processamento da planilha quanto à necessidade de tubo de queda nos PV de jusante a cada trecho

trecho	PV jusante	necessidade de TUBO DE QUEDA	maior desnível no PV de jusante
1	2	NÃO	0,00
2	5	NÃO	0,30
3	6	NÃO	0,00
4	5	NÃO	0,19
5	6	NAO	0,00
6	5	NÃO	0,00
7	9	NÃO	0,00
8	9	NÃO	0,40
9	10	NÃO	0,00
10	9	NÃO	0,41
11	12	NÃO	0,00
12	13	NÃO	0,00
13	12	NÃO	0,41
14	15	NÃO	0,00

Fonte: elaborada pelos autores (2023).



Assim, a Figura 8 expõe o resultado final para cada um dos trechos, em termos de declividade do terreno, cota da soleira de montante e de jusante, área da bacia contribuinte, coeficiente de distribuição, coeficiente de deflúvio, tempo de concentração, intensidade de chuva, deflúvio parcial, diâmetros calculado e adotado, tirante, tirante crítico, velocidade, velocidade crítica, regime de escoamento (crítico, supercrítico ou subcrítico), tempo de percurso e tensão trativa.

Figura 8 – Dados de saída da planilha para cada trecho calculado

trecho	cota da soleira de montante	declividade do terreno (m/100m)	cota da soleira de jusante	área da bacia local (m ²)	área da bacia contribuinte total (m ²)	coeficiente de distribuição	coeficiente de deflúvio
1	99,70	1,5625	98,70	2.000,0	2.000,00	1,00	0,56
2	97,70	1,8571	96,40	2.000,0	2.000,00	1,00	0,56
3	98,70	1,4286	97,70	5.110,0	7.110,00	1,00	0,57
4	96,70	0,4839	96,39	2.000,0	2.000,00	1,00	0,60
5	98,70	1,5625	97,70	2.000,0	2.000,00	1,00	0,60
6	97,50	1,6250	96,20	8.300,0	17.410,00	1,00	0,62
7	95,99	1,6393	94,99	11.680,0	33.090,00	0,98	0,63
8	95,70	0,4839	95,39	2.000,0	2.000,00	1,00	0,65
9	97,70	1,5625	96,70	2.000,0	2.000,00	1,00	0,69
10	96,70	1,6250	95,40	4.230,0	6.230,00	1,00	0,66
11	94,99	1,4925	93,99	11.130,0	52.450,00	0,98	0,68
12	96,70	1,5625	95,70	2.000,0	2.000,00	1,00	0,69
13	95,70	1,6250	94,40	4.520,0	6.520,00	1,00	0,70
14	93,79	0,8974	93,09	7.330,0	66.300,00	1,00	0,73
tempo de concentração (min)	intensidade pluviométrica (mm/h)	deflúvio parcial (m ² /s)	deflúvio a escoar (m ³ /s)	deciv do terreno atende	DIÂMETRO CALCULADO (mm)	DIÂMETRO (mm)	
10,00	151,61	0,05	0,05	sim	212,6	400	
10,00	151,61	0,05	0,05	sim	205,8	400	
10,68	149,20	0,12	0,17	sim	348,0	400	
10,00	151,61	0,05	0,05	não	270,7	400	
10,00	151,61	0,05	0,05	sim	218,6	400	
11,24	147,30	0,21	0,43	sim	483,2	600	
11,71	145,73	0,29	0,82	sim	614,0	800	
10,00	151,61	0,05	0,05	não	277,8	400	
10,00	151,61	0,06	0,06	sim	229,8	400	
10,66	149,27	0,12	0,17	sim	343,8	400	
12,03	144,70	0,30	1,34	sim	752,8	800	
10,00	151,61	0,06	0,06	sim	229,8	400	
10,66	149,27	0,13	0,19	sim	355,4	400	
12,34	143,70	0,21	1,74	sim	913,6	1000	
trecho	declividade considerada (m/100m)	y/D	velocidade (m/s)	velocidade crítica (m/s)	(y/D) _{crítico}	regime de escoamento	
1	1,56250	0,29	1,56	4,85	0,39	supercrítico	
2	1,85714	0,28	1,64	4,78	0,39	supercrítico	
3	1,42857	0,61	2,09	6,29	0,75	supercrítico	
4	0,50000	0,41	1,05	5,55	0,4	subcrítico	
5	1,56250	0,30	1,60	4,91	0,4	supercrítico	
6	1,62500	0,53	2,82	7,41	0,72	supercrítico	
7	1,63934	0,50	3,25	8,40	0,69	supercrítico	
8	0,50000	0,43	1,05	5,65	0,42	subcrítico	
9	1,56250	0,33	1,61	5,11	0,43	supercrítico	
10	1,62500	0,59	2,25	6,24	0,76	supercrítico	
11	1,49254	0,70	3,57	9,15	0,87	supercrítico	
12	1,56250	0,33	1,61	5,11	0,43	supercrítico	
13	1,62500	0,63	2,27	6,34	0,79	supercrítico	
14	0,89744	0,66	3,17	10,12	0,77	supercrítico	
tirante (γ) (m)	número de Froude	VERIFICAÇÃO	tempo de percurso (min)	tensão trativa (Pa)	VERIFICAÇÃO		
0,12	1,72	ok	0,58	10,39	ok		
0,11	1,85	ok	0,71	11,99	ok		
0,24	1,47	ok	0,56	16,00	ok		
0,16	0,95	alterar diâmetro ou declividade	0,99	4,36	ok		
0,12	1,74	ok	0,67	10,68	ok		
0,32	1,79	ok	0,47	25,27	ok		
0,40	1,85	ok	0,31	32,79	ok		
0,17	0,93	alterar diâmetro ou declividade	0,98	4,52	ok		
0,13	1,65	ok	0,66	11,54	ok		
0,24	1,62	ok	0,59	17,89	ok		
0,36	1,50	ok	0,31	35,37	ok		
0,13	1,65	ok	0,66	11,54	ok		
0,25	1,56	ok	0,59	18,47	ok		
0,66	1,33	ok	0,41	26,02	ok		

Fonte: elaborada pelos autores (2023).



A planilha calcula, também, o cobrimento de cada trecho, conforme Figura 9, bem como o volume de escavação para a implantação dos tubos coletores, conforme o demonstrado na Figura 10.

Figura 9 – Cobrimento de cada trecho

trecho	cobrimento do coletor no PV de montante	cobrimento do coletor no PV de jusante
1	0,90	0,90
2	0,90	0,90
3	0,90	0,90
4	0,90	0,91
5	0,90	0,90
6	1,30	1,30
7	1,71	1,71
8	0,90	0,91
9	0,90	0,90
10	0,90	0,90
11	1,71	1,71
12	0,90	0,90
13	0,90	0,90
14	2,11	2,11

Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Figura 10 – Volume de escavação de cada trecho

trecho	volume de escavação (m ³)
1	66,560
2	72,800
3	72,800
4	64,728
5	66,560
6	152,000
7	183,732
8	64,728
9	66,560
10	83,200
11	201,804
12	66,560
13	83,200
14	339,612

Fonte: elaborada pelos autores (2023).



CONCLUSÕES

Com a profusão dos aplicativos computacionais mais recentes, amigáveis e com excelente apelo visual, a atuação do profissional de engenharia se volta sobretudo para a análise mais crítica e minudente em prol não apenas de identificar uma solução, mas de reconhecer a melhor entre aquelas inúmeras soluções tecnicamente viáveis. A modelagem da informação, que avança vigorosamente com o BIM (*Building Information Modelling*) em ampliadas dimensões, traz, desde que bem utilizada, uma promissora oportunidade de simulação e compatibilização de projetos inovadores, de menor custo e com desempenho mais duradouro e efetivo.

Também nessa perspectiva, a planilha pode facilmente incorporar rotinas e comandos para a quantificação de materiais e serviços, para a estimativa de custos e cotejo por critérios econômicos objetivos.

Complementarmente, infere-se que a planilha alivia a carga de trabalho manual que o engenheiro tem nesse procedimento de cálculo, além de expor claramente cada etapa do processo, promovendo uma percepção mais sistêmica e integrada dos fatores e parâmetros envolvidos.

Uma vez que se trata de um artefato em construção, são amplas as possibilidades de ajustes e aprimoramentos por parte dos usuários, o que favorece a aquisição de maturidade no ambiente acadêmico.

REFERÊNCIAS

ABNT. **9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986. 7 p.

INDAIATUBA, Prefeitura Municipal de. **Drenagem**. 2019. Disponível em: <https://www.indaiatuba.sp.gov.br/download/50039/#:~:text=1.1.1.&text=O%20projeto%20de%20drenagem%20de,lan%C3%A7amento%20no%20corpo%20d'agua..> Acesso em: 01 dez. 2022.

LEMES, S. R. A Educação Tecnológica como ferramenta de Ensino na Engenharia Civil. **Revista Semana Acadêmica**, Ibitiré, p. 1-15, jan. 2019.

MACIEL, R. P.; COSTA, L. H. M.; MARTINS, L. F. Desenvolvimento de Aplicação Web aplicada à hidráulica de canais. **Anais...** Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 30., 2019, Natal: Abes, p. 1-22, 2019.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**, 4ª Edição. EESC USP/Projeto REENGE, São Carlos/SP, 519 p., 2006.

SILVA, W. A. et al. Avaliação das Estratégias de Ensino no Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 35, n. 1, p. 13-24, 2016.



- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (Paraná). **Manual de drenagem urbana da região metropolitana de Curitiba**. Curitiba: SUDERHSA, 2002. Disponível em https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf. Acesso em: 01 dez. 2022.
- TEIXEIRA, L. F. C. **Avaliação do Desempenho Hidráulico de Sarjetas no Sistema de Drenagem de Fortaleza**. 2017. 66 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2017.
- TOMAZ, P. Microdrenagem. In: TOMAZ, P. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. Guarulhos, 2013. p. 1-100.
- VOLSKI, I.; FREITAS, M. C. D.; MUNARO, M. R. Metodologia ativa para o ensino dos conceitos de gerenciamento de obras para acadêmicos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura: adaptação ao regime remoto. **Revista de Ensino de Engenharia**, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 112-121, 2022.