



UTILIZAÇÃO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA O ENSINO DE DRENAGEM URBANA

Prof **José Carlos Bohnenberger** – bohnen@ufv.br

UFV / Departamento de Engenharia Civil

36570-000 – Viçosa - MG

Prof **Kléos M Lenz César JR** – kleos@ufv.br

UFV / Departamento de Engenharia Civil

36570-000 – Viçosa - MG

Resumo: *O projeto de redes de drenagem urbana não é uma tarefa simples e carece de ferramentas computacionais que auxiliem a análise e o dimensionamento das redes pluviais, facilitando as tomadas de decisão de modo a obter-se um projeto consistente e econômico. Deste modo, implementou-se uma planilha eletrônica (baseada no MS Excel) capaz de analisar e dimensionar um sistema de drenagem urbana. Ainda em fase de testes, esta planilha foi disponibilizada aos estudantes do curso de Engenharia Civil, na disciplina CIV 347 Sistemas de Esgotos, para realização de um projeto-piloto, visando a validação dos cálculos e da interface da planilha. Este trabalho apresenta um resumo de um dos projetos realizados pelos estudantes.*

Palavras-chave: *Drenagem urbana, Planilha eletrônica, Dimensionamento de galerias*

1. INTRODUÇÃO

O dimensionamento de redes de drenagem urbana é uma tarefa um pouco mais complexa para os estudantes de engenharia quando comparado com outros sistemas urbanos de saneamento. Além disso, não existem disponíveis ferramentas computacionais simples que auxiliem a análise e o dimensionamento das redes pluviais, de modo a facilitar as tomadas de decisão com o propósito de obter-se um projeto otimizado.

Deste modo, implementou-se uma planilha eletrônica (baseada no MS Excel) capaz de analisar e dimensionar um sistema de drenagem urbana, a qual permite uma série de simulações com base nos parâmetros abaixo apresentados. Destacam-se alguns aspectos relevantes do uso desta ferramenta:

- verificação da capacidade de escoamento das sarjetas;
- otimização das declividades das galerias;
- obtenção de uma rede menos profunda;
- relações h/D próximas de 0,84;
- verificação das linhas de energia nos poços de visita;
- diminuição dos degraus existentes junto aos PVs;
- revisão permanente do projeto hidráulico;

A planilha permite de modo automático realizar a revisão do projeto hidráulico, através da adoção de declividades ótimas, obtendo-se assim, um projeto mais econômico. Como roteiro de construção da planilha e de projeto adotou-se como referência o modelo introduzido por VÁRIOS AUTORES (1980).

2. METODOLOGIA

Utilizou-se esta planilha no desenvolvimento de projetos de drenagem urbana na disciplina CIV 347 Sistemas de Esgotos. Dividiu-se a turma em equipes e entregou-se uma cópia da área de projeto para que fossem dimensionadas as estruturas de drenagem.

Diferentes decisões foram tomadas durante a elaboração do projeto proposto, de modo que os estudantes adotassem diferentes critérios de projeto, alterando os valores dos diâmetros, das declividades, dos pontos de inserção de bocas de lobo, das capacidades de escoamento das sarjetas, do sentido de fluxo de sarjetas e galerias, na busca de uma melhor compreensão dos valores obtidos, objetivando avaliar criticamente as soluções encontradas.

3. ROTEIRO DE UTILIZAÇÃO DA PLANILHA NUMA BACIA PILOTO

A Figura 1 apresenta a área do projeto-piloto onde foram aplicadas as diferentes planilhas, com o propósito de auxiliar no dimensionamento de redes de drenagem urbana. Esta Figura apresenta os pontos numerados, a respectiva cota entre parênteses e a subdivisão da área dos quarteirões em hectares (ha) até o ponto de lançamento (LA). Para o projeto de drenagem da área proposta foram adotados os seguintes dados:

TR = 5 anos (período de retorno)

C = 0,70 (coeficiente de escoamento superficial)

TES = 10 minutos (tempo de entrada ou de escoamento superficial)

Gabaritos de ruas tipo “C” com grau de inundação de 4,00 metros

Demais parâmetros apresentados na planilha *Configurações gerais* (Figura 2).

As tarefas solicitadas aos alunos da disciplina foram:

- interpretar e criticar a interface da planilha com o usuário;
- dimensionar o sistema de drenagem da área apresentada;
- elaborar o perfil hidráulico ao longo da Av. “C” até o lançamento (LA);
- analisar os resultados do projeto hidráulico, com o objetivo de otimizar a relação a “h/D” e minimizar o “recobrimento mínimo”.

3.1. Definição dos parâmetros de projeto

O desenvolvimento do projeto tem início na planilha *Configurações gerais*, conforme ilustrado na Figura 2, que tem por objetivo estabelecer parâmetros máximos, mínimos e default do projeto. Dentre os diferentes valores, destacam-se:

- o método de cálculo da capacidade de condução das sarjetas (Manning ou Izzard);
- o tempo de escoamento superficial *default* (TES);
- os parâmetros da equação de chuvas intensas de acordo com a localidade;
- o tempo de retorno (TR);
- o tipo de galeria default empregada no projeto;
- o recobrimento mínimo de projeto;

- o critério para o dimensionamento das galerias (menor recobrimento, menor diâmetro ou paralelismo).

Na utilização da planilha, os parâmetros de projeto podem ser alterados a qualquer momento, resultando na alteração de valores correlatos nas demais planilhas, tendo em vista que o cálculo é iterativo. Isto permite otimizar a solução de modo a obter-se um projeto hidráulicamente balanceado e ao mesmo tempo econômico.

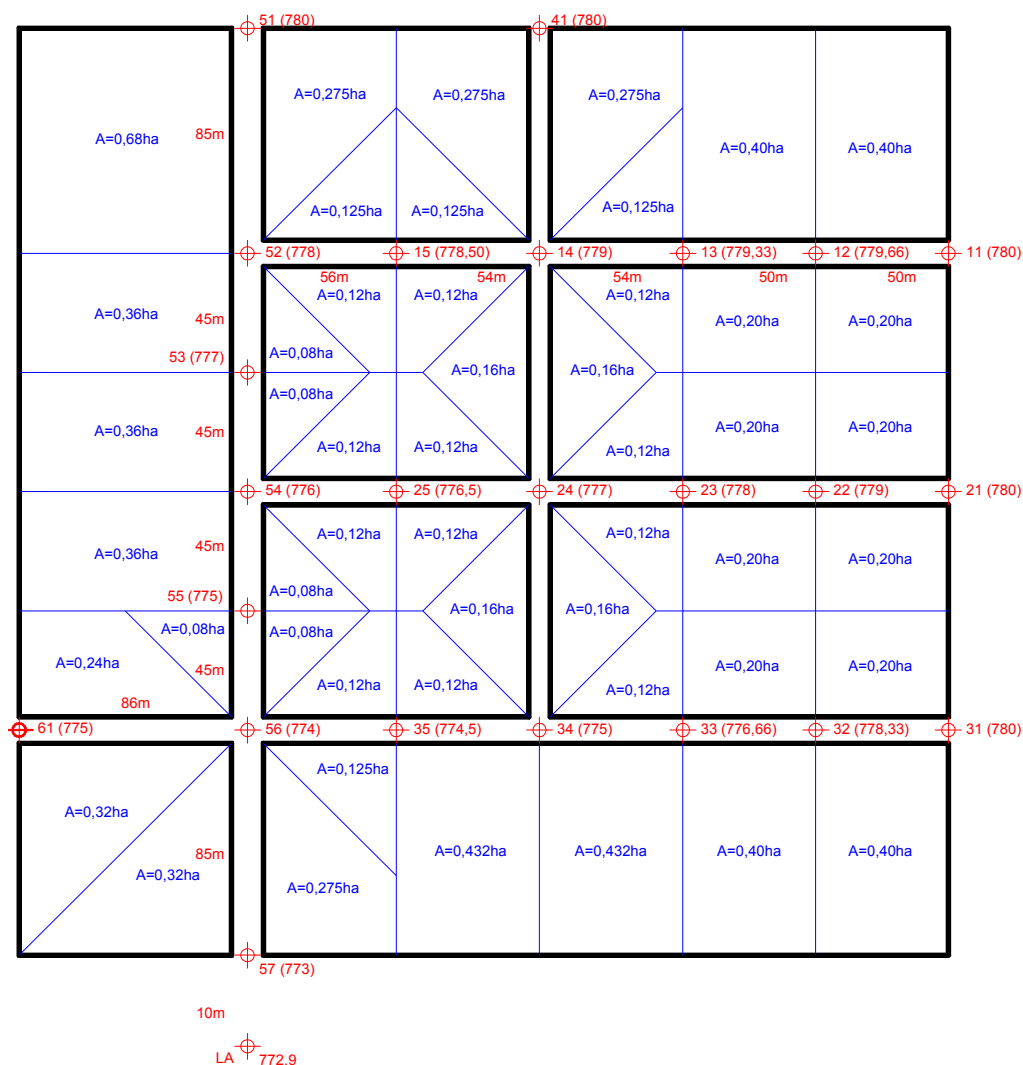


Figura 1 - Área do loteamento para fins acadêmicos

3.2. Lançamento dos pontos de análise

O projeto é realizado através de pontos de análise obtidos a partir do levantamento planialtimétrico. Estes pontos são posições de referência através dos quais os trechos são determinados.

Os pontos são identificados por 2 caracteres, normalmente valores numéricos com uma sequência lógica. As coordenadas X,Y,Z podem ser obtidas do levantamento topográfico. Alternativamente, pode-se omitir os valores de X,Y, sendo o valor de Z (cota) obrigatoriamente inserido na coluna apropriada da Figura 3. Neste projeto, informamos apenas o identificador dos pontos, suas cotas e as distâncias.



Configurações gerais

Parâmetro	Valores			Un
	Mínimo	Máximo	Default	
Pontos de análise				
Distância entre dois pontos de análise	1,00	100,00		m
Vias e sarjetas				
Largura da via	3,00	50,00		m
Largura de passeio	0,00	10,00		m
Altura do meio fio (h)	15,00	20,00		cm
Declividade transversal da via (itr)	1,00	100,00		%
Declividade longitudinal da via (i)	0,01	50,00		%
Tirante molhado (Tmax)	0,00	25,00		m
Altura da lâmina d'água junto à sarjeta para cálculo do TPS			100,00	%
Precisão no controle de velocidade			10,00	%
Método de cálculo de capacidade de condução de sarjeta			M	M/I
[M]anning				
[I]zzard				
Tempo de Escoamento Superficial (TES)	5,0	60,0	10,0	min
Equação de chuvas intensas da localidade (parâmetros IDF)				
K (coeficiente definido para I em mm/h)			3800,00	
a			0,227	
b			29,30	
c			0,995	
Tempo de Retorno (Tr) Default	2	100	5	anos
Coeficiente de Escoamento Superficial (C)				
Pavimento	0,10	1,00	0,70	
Passeio	0,10	1,00	0,70	
Sarjeta	0,10	1,00	0,70	
Lotes + vias	0,10	1,00	0,70	
Vazão concentrada	0,10	1,00	1,00	
Galeria				
Tipo de galeria default (ver Catálogo de Galeria)			Conc	
Tolerância para escolha do diâmetro nominal da galeria	0,0	10,0	2,0	%
Velocidade de escoamento na galeria	0,75	7,00		m/s
Aceleração da gravidade (G)			9,81	m/s²
Recobrimento	1,00	5,00	1,00	m
Critério de projeto [R, D, P]			D	R/D/E
menor [R]ecobrimento				
menor [D]iâmetro				
[P]aralelismo				
Ativar modo inteligente da filosofia de projeto (S/N)			S	S/N
Relação h/D tolerada no projeto	0,50	0,84		
Declividade longitudinal da galeria	0,50	99,00		%
Degrau múltiplo de...			0,01	m
Profundidade do 1º PV	1,00	6,00	1,50	m
Orçamento/Escavação				
Altura do berço de apoio da galeria			10,00	cm
Acréscimo do volume escavado			0,00	%
Acréscimo do volume de reaterro			0,00	%
Acréscimo do volume de bota fora			0,00	%

Figura 2 – Planilha de Configurações gerais

3.3. Definição dos trechos

Os trechos de análise são definidos através da ligação de pontos subsequentes de uma sub-bacia, através da planilha *Definição de trechos* (Figura 4), sendo estes trechos identificados por uma sequência de 6 caracteres: os 2 primeiros referem-se ao número da sub-bacia, os 2 seguintes ao ponto de análise à montante, e os 2 últimos ao ponto de jusante. Os valores da cota dos pontos à montante e de jusante são obtidos automaticamente.

Neste exemplo, as coordenadas X,Y foram omitidas, sendo a distância entre pontos fornecida pelo usuário. Deve-se igualmente indicar o gabarito de vias e sarjetas a ser aplicado em cada trecho, o qual poderá ser variável de acordo com àqueles especificados na planilha *Gabarito de vias e sarjetas*. Neste projeto, o gabarito da via adotado foi do tipo “C”.



Identificação dos pontos de análise

Id	Obtidas em planta		Ref	Coordenadas			Cota Corrig	Desn	Obs
	x	y		Absolutas					
				x (abs)	y (abs)	z (cota)			
11						780,00			
12						779,66			
13						779,33			
14						779,00			
15						778,50			
21						780,00			
22						779,00			
23						778,00			
24						777,00			
25						776,50			
31						780,00			
32						778,33			
33						776,66			
34						775,00			
35						774,50			
41						780,00			
51						780,00			
52						778,00			
53						777,00			
54						776,00			
55						775,00			
56						774,00			
57						773,00			
LA						772,90			
61						775,00			

Figura 3 - Planilha Identificação dos pontos de análise

Definição de trechos

Trechos			Cota da superfície		Dist		Via			Observações
Id	PA						Gab	Desn	i	
	M	J	M	J	Cal	Med				
011112	11	12	780,00	779,66		50	C	0,34	0,68	
011213	12	13	779,66	779,33		50		0,33	0,66	
011314	13	14	779,33	779,00		54		0,33	0,61	
011415	14	15	779,00	778,50		54		0,50	0,93	
011552	15	52	778,50	778,00		56		0,50	0,89	
022122	21	22	780,00	779,00		50		1,00	2,00	
022223	22	23	779,00	778,00		50		1,00	2,00	
022324	23	24	778,00	777,00		54		1,00	1,85	
022425	24	25	777,00	776,50		54		0,50	0,93	
022554	25	54	776,50	776,00		56		0,50	0,89	
033132	31	32	780,00	778,33		50		1,67	3,34	
033233	32	33	778,33	776,66		50		1,67	3,34	
033334	33	34	776,66	775,00		54		1,66	3,07	
033435	34	35	775,00	774,50		54		0,50	0,93	
033556	35	56	774,50	774,00		56		0,50	0,89	
044114	41	14	780,00	779,00		85		1,00	1,18	
041424	14	24	779,00	777,00		90		2,00	2,22	
042434	24	34	777,00	775,00		90		2,00	2,22	
055152	51	52	780,00	778,00		85		2,00	2,35	
055253	52	53	778,00	777,00		45		1,00	2,22	
055354	53	54	777,00	776,00		45		1,00	2,22	
055455	54	55	776,00	775,00		45		1,00	2,22	
055556	55	56	775,00	774,00		45		1,00	2,22	
055657	56	57	774,00	773,00		85		1,00	1,18	
0557LA	57	LA	773,00	772,90		10		0,10	1,00	
066156	61	56	775,00	774,00		86		1,00	1,16	

Figura 4 - Planilha Definição de trechos



Áreas de contribuição

Trecho Id	Áreas de contribuição						Lotes (TES)				Observações	
	Lotes		Via	Total			Prof		Decliv			
	« 0,00	» 0,00	« » 0,00 0,00	« 0,00	» 0,00	Ac 0,00	« 0,00	» 0,00	« 0,00	» 0,00		
011112	0,20	0,40			0,20	0,40	0,60					
011213	0,20	0,40			0,20	0,40	1,20					
011314	0,12	0,13			0,12	0,13	1,45					
011415	0,12	0,13			0,12	0,13	1,69					
011552	0,12	0,13			0,12	0,13	1,94					
022122	0,20	0,20			0,20	0,20	0,40					
022223	0,20	0,20			0,20	0,20	0,80					
022324	0,12	0,12			0,12	0,12	1,04					
022425	0,12	0,12			0,12	0,12	1,28					
022554	0,12	0,12			0,12	0,12	1,52					
033132	0,40	0,20			0,40	0,20	0,60					
033233	0,40	0,20			0,40	0,20	1,20					
033334	0,43	0,12			0,43	0,12	1,75					
033435	0,43	0,12			0,43	0,12	2,30					
033556	0,13	0,12			0,13	0,12	2,55					
044114	0,28	0,28			0,28	0,28	0,55					
041424	0,16	0,16			0,16	0,16	0,87					
042434	0,16	0,16			0,16	0,16	1,19					
055152	0,28	0,68			0,28	0,68	0,96					
055253	0,08	0,36			0,08	0,36	1,40					
055354	0,08	0,36			0,08	0,36	1,84					
055455	0,08	0,36			0,08	0,36	2,28					
055556	0,08	0,08			0,08	0,08	2,44					
055657	0,28	0,32			0,28	0,32	3,03					
0557LA					0,00	0,00	3,03					
066156	0,24	0,32			0,24	0,32	0,56					

Figura 7 - Planilha Áreas de contribuição

Áreas pond. e destino do deflúvio das sarjetas

Trecho Id	Áreas Ponderadas de contribuição										Dest	Obs
	Lotes + via			Contr Lat		Acumulada						
	Cesq	«	Cdir	«	»	«	Direção		»	Direção	«	
		ba	ba	ba	ba	ba	Trecho Id	e/d	ba	Trecho Id	e/d	e/d
011112		0,14		0,28			0,14			0,28		
011213		0,14		0,28			0,28			0,56		
011314		0,08		0,09			0,36	041424	e	0,09		
011415		0,08		0,09		0,19	0,08			0,37		
011552		0,08		0,09			0,17	055253	e	0,46	055253	e
022122		0,14		0,14			0,14			0,14		
022223		0,14		0,14			0,28			0,28		
022324		0,08		0,08			0,36	042434	e	0,36		
022425		0,08		0,08		0,11	0,08			0,56		
022554		0,08		0,08			0,17	055455	e	0,08	055455	e
033132		0,28		0,14			0,28			0,14		
033233		0,28		0,14			0,56			0,28		
033334		0,30		0,08			0,86			0,36		
033435		0,30		0,08		0,11	0,30			0,56		
033556		0,09		0,08			0,39	055657	e	0,08	055657	e
044114		0,19		0,19			0,19			0,19	011415	d
041424		0,11		0,11	0,36		0,67			0,11	022425	d
042434		0,11		0,11	0,36		1,14	033435	d	0,11	033435	d
055152		0,19		0,48			0,19			0,48		
055253		0,06		0,25	0,62		0,87			0,73		
055354		0,06		0,25			0,93			0,98		
055455		0,06		0,25	0,25		0,31			0,25		
055556		0,06		0,06			0,36			0,31		
055657		0,19		0,22	0,47	0,39	1,03			0,92		
0557LA												
066156		0,17		0,22			0,17	055657	d	0,22	055657	d

Figura 8 - Planilha Áreas ponderadas e destino do deflúvio das Sarjetas

3.8. Verificação da capacidade de escoamento na sarjeta

O deflúvio acumulado calculado na planilha *Verif. da capacidade de escoamento na sarjeta* (Figura 10) decorre da intensidade de chuva aplicada à área ponderada em cada trecho. Este valor é confrontado com a capacidade admissível de escoamento da sarjeta (Q_{Adm}). Caso o tirante ultrapasse o valor limite especificado para o gabarito do trecho (4,00m), será necessário a inserção de boca de lobo à jusante do trecho (identificado por ⇨ na coluna *Status*). A partir deste ponto, o deflúvio da sarjeta é transferido à galeria. Na primeira ocorrência de boca de lobo na subbacia, inicia-se o sistema de galeria.

Intensidade de chuva

Trec Id	TR	TES			TPS		TC				I	Observações
		«	»	Arb	«	»	Trecho		Acumulad			
							«	»	«	»		
011112		10,0	10,0		1,0	1,0	11,0	11,0	11,0	11,0	138	
011213		10,0	10,0		1,0	1,0	11,0	11,0	12,1	12,1	135	
011314		10,0	10,0		1,2	1,2	11,2	11,2	13,2	11,2	131	
011415		10,0	10,0		0,9	0,9	10,9	10,9	14,2	12,1	128	
011552		10,0	10,0		1,0	1,0	11,0	11,0	15,2	13,1	126	
022122		10,0	10,0		0,6	0,6	10,6	10,6	10,6	10,6	140	
022223		10,0	10,0		0,6	0,6	10,6	10,6	11,2	11,2	138	
022324		10,0	10,0		0,7	0,7	10,7	10,7	11,9	11,9	136	
022425		10,0	10,0		0,9	0,9	10,9	10,9	12,8	12,8	133	
022554		10,0	10,0		1,0	1,0	11,0	11,0	13,8	11,0	129	
033132		10,0	10,0		0,5	0,5	10,5	10,5	10,5	10,5	140	
033233		10,0	10,0		0,5	0,5	10,5	10,5	10,9	10,9	139	
033334		10,0	10,0		0,5	0,5	10,5	10,5	11,4	11,4	137	
033435		10,0	10,0		0,9	0,9	10,9	10,9	10,9	13,4	131	
033556		10,0	10,0		1,0	1,0	11,0	11,0	11,9	11,0	135	
044114		10,0	10,0		1,3	1,3	11,3	11,3	11,3	11,3	137	
041424		10,0	10,0		1,0	1,0	11,0	11,0	13,2	12,3	131	
042434		10,0	10,0		1,0	1,0	11,0	11,0	14,2	13,4	128	
055152		10,0	10,0		0,9	0,9	10,9	10,9	10,9	10,9	139	
055253		10,0	10,0		0,5	0,5	10,5	10,5	15,2	11,4	126	
055354		10,0	10,0		0,5	0,5	10,5	10,5	15,7	12,0	124	
055455		10,0	10,0		0,5	0,5	10,5	10,5	13,8	10,5	129	
055556		10,0	10,0		0,5	0,5	10,5	10,5	14,3	11,0	128	
055657		10,0	10,0		1,3	1,3	11,3	11,3	15,6	12,3	124	
0557LA		10,0	10,0		0,2	0,2	10,2	10,2	10,2	10,2	141	
066156		10,0	10,0		1,3	1,3	11,3	11,3	11,3	11,3	137	

Figura 9 - Planilha Intensidade de chuva

3.9. Cálculo das áreas ponderadas e destino do deflúvio nas galerias

Após a inserção de bocas de lobo, inicia-se o sistema de galerias e as áreas ponderadas de contribuição passam a surgir forma automática na planilha *Áreas pond. e destino do deflúvio nas galerias* (Figura 11). As galerias podem ser direcionadas a quaisquer trechos de forma distinta daquela especificada para as sarjetas, as quais constituem contribuições laterais.


Verif. da capacidade de escoamento na Sarjeta

Trecho Id	Defluvio Acumulado	Sarjeta											Satus			BL	Observações
		Qeo	FR		Qm	y	TM	Velocid				St	«	»	«	»	
			Calc	Arb				Max	Arb	St							
«	»	«	»	«	»	«	»	«	»	«	»	«	»	«	»	«	»
011112	54	108	218	0,8		175	6	9	210	297	0,8						
011213	105	210	215	0,8		172	9	13	295	417	0,8						
011314	133	32	207	0,8		166	10	5	338	166	0,8						
011415	30	131	255	0,8		204	4	9	145	303	1,0						
011552	59	159	250	0,8		200	6	10	204	336	0,9						
022122	54	54	374	0,8		302	5	5	161	161	1,4						
022223	107	107	374	0,8		302	7	7	226	226	1,4						
022324	137	137	360	0,8		288	8	8	260	260	1,3						
022425	31	206	255	0,8		204	4	11	147	380	1,0						
022554	60	30	250	0,8		200	6	4	208	147	0,9						
033132	109	55	484	0,7		316	6	4	201	142	1,8						
033233	216	108	484	0,7		316	8	6	282	199	1,8						
033334	328	138	464	0,7		317	11	7	355	231	1,7						
033435	110	203	255	0,8		204	8	11	277	377	1,0						
033556	146	32	250	0,8		200	10	5	323	150	0,9						
044114	73	73	287	0,8		230	6	6	214	214	1,1						
041424	244	41	395	0,8		307	10	4	332	136	1,5						
042434	407	40	395	0,8		307	13	4	429	134	1,5						
055152	74	183	406	0,8		310	5	9	180	284	1,5						
055253	304	254	395	0,8		307	11	10	371	339	1,5						
055354	320	338	395	0,8		307	11	12	380	391	1,5						
055455	111	91	395	0,8		307	7	6	224	202	1,5						
055556	129	109	395	0,8		307	7	7	242	222	1,5						
055657	356	319	287	0,8		230	14	13	470	445	1,1						
0557LA	0	0	265	0,8		212	8	8	258	258	1,0						
066156	64	85	285	0,8		228	6	7	200	231	1,1						

Figura 10 - Planilha Verificação da capacidade de escoamento na sarjeta

Áreas pond. e destino do deflúvio nas galerias

Trecho Id	Áreas Ponderadas de Contribuição									Obs
	Lotes+via		Contribuição				Acumulada			
	«	»	Conce	C	TC	Later	Direção			
	Dir	Dir	Dir		Dir	Dir	Dir	Dir	Dir	
011112										
011213										
011314	0,08	0,09					0,56			
011415							0,56			
011552							0,56	055253		
022122										
022223										
022324										
022425										
022554	0,08	0,08					0,56	055455		
033132										
033233										
033334										
033435	0,30	0,08				1,14	2,01			
033556	0,09	0,08					2,57	055657		
044114										
041424										
042434								033435		
055152										
055253						0,56	0,56			
055354							0,56			
055455	0,06	0,25				0,56	3,03			
055556							3,03			
055657						2,57	5,59			
0557LA							7,55			
066156										

Figura 11 - Planilha Áreas ponderadas de contribuição – Galerias


Dimensionamento das galerias

Trecho Id	Deflu Calc	Tipo	Diametros			Declividades					Prof Ger Inf			Recob Jus	Degrau	
						Via	Recob		Econ	Prop						
			Calc	Prop	Efet		Def	Máx			1o PV	M	J	Calc	Arb	
011112																
011213																
011314	0,21		400	400		0,61	0,50	7,91	1,02	1,02		1,50	1,72	1,28		
011415	0,21		400	400		0,93	0,41	7,82	0,99	0,99		1,72	1,75	1,31		
011552	0,21		400	400		0,89	0,33	7,47	0,97	0,97		1,75	1,80	1,36		
022122																
022223																
022324																
022425																
022554	0,21		400	400		0,89	0,79	7,93	0,98	0,98		1,50	1,55	1,11		
033132																
033233																
033334																
033435	0,69		637	800	600	0,93	0,93	8,33	1,27	1,27		1,66	1,85	1,19		
033556	0,85		693	800		0,89	1,25	8,39	0,41	1,25		1,85	2,05	1,17		
044114																
041424																
042434																
055152																
055253	0,20		345	400		2,22	2,09	10,98	0,95	2,09		1,50	1,44	1,00		
055354	0,20		341	400		2,22	2,20	11,09	0,93	2,20		1,45	1,44	1,00	0,01	
055455	1,04		631	800		2,22	1,40	10,29	0,62	1,40	2,22	2,25	2,25	1,37	0,81	
055556	1,04		630	800		2,22	1,40	10,29	0,62	1,40	2,22	2,25	2,25	1,37		
055657	1,85		882	1000		1,18	1,00	5,71	0,60	1,00		2,25	2,10	1,00		
0557LA	2,50		983	1000		1,00	-0,58	39,42	1,09	1,09	1,20	2,10	2,12	1,02		
066156																

Figura 12 - Planilha Dimensionamento das galerias

Projeto Hidráulico das Galerias

Trecho Id	Galeria		TC	TEG	I	Q	Parâmetros hidráulicos							Obs
	DN	i					Q/Qc	h/D	V/Vc	h	v	v2/2g	En	
011112														
011213														
011314	400	1,02	12,1	0,47	135	0,21	1,00	0,84	1,14	0,34	1,90	0,18	0,52	
011415	400	0,99	12,5	0,48	133	0,21	1,00	0,84	1,14	0,34	1,88	0,18	0,52	
011552	400	0,97	13,0	0,50	132	0,21	1,00	0,84	1,14	0,34	1,86	0,18	0,51	
022122														
022223														
022324														
022425														
022554	400	0,98	12,8	0,50	133	0,21	1,00	0,84	1,14	0,34	1,87	0,18	0,51	
033132														
033233														
033334														
033435	600	1,27	15,7	0,00	124	0,69	1,00	0,84	1,14	0,50	2,79	0,40	0,90	
033556	800	1,25	15,7	0,00	124	0,88	0,60	0,56	1,04	0,45	3,07	0,48	0,93	
044114														
041424														
042434														
055152														
055253	400	2,09	13,5	0,29	130	0,20	0,67	0,60	1,07	0,24	2,57	0,34	0,58	
055354	400	2,20	13,8	0,29	129	0,20	0,65	0,59	1,07	0,24	2,62	0,35	0,59	
055455	800	2,22	15,7	0,19	124	1,04	0,53	0,51	1,01	0,41	3,97	0,80	1,21	
055556	800	2,22	15,9	0,19	124	1,04	0,53	0,51	1,01	0,41	3,96	0,80	1,21	
055657	1000	1,00	16,1	0,00	123	1,91	0,80	0,68	1,11	0,68	3,40	0,59	1,26	
0557LA	1000	1,20	16,1	0,00	123	2,58	0,98	0,82	1,14	0,82	3,81	0,74	1,56	
066156														

Figura 13 - Planilha Projeto Hidráulico das Galerias

3.10. Dimensionamento do sistema de galerias

Na planilha *Dimensionamento das galerias* (Figura 12), o diâmetro proposto para a galeria no trecho é calculado de acordo com o critério de projeto estabelecido em *Configurações* (R/D/P). Da mesma forma, uma declividade para a galeria neste trecho é proposta. Caso o usuário queira interferir na declividade ou no diâmetro nominal da galeria, basta digitar novos valores nos campos (Efet), o que atualiza todos valores do projeto proposto. A profundidade da geratriz inferior da galeria no trecho (à montante e à jusante), o recobrimento e os degraus são calculados com o propósito de definir o perfil longitudinal da rede.

3.11. Projeto hidráulico do sistema de galerias

Na planilha *Projeto Hidráulico das Galerias* (Figura 13) são apresentados todos os parâmetros hidráulicos. Merecem destaque os valores de h/D e V/V_c que permitem calcular o valor da energia do fluxo no trecho e otimizar hidraulicamente o sistema proposto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os estudantes da disciplina CIV 347 testaram esta planilha para o projeto da Figura 1 com diferentes soluções, interferindo nas declividades e diâmetros propostos, bem como em diversos outros parâmetros de projeto, como o objetivo de otimizar as soluções na busca de um projeto mais econômico.

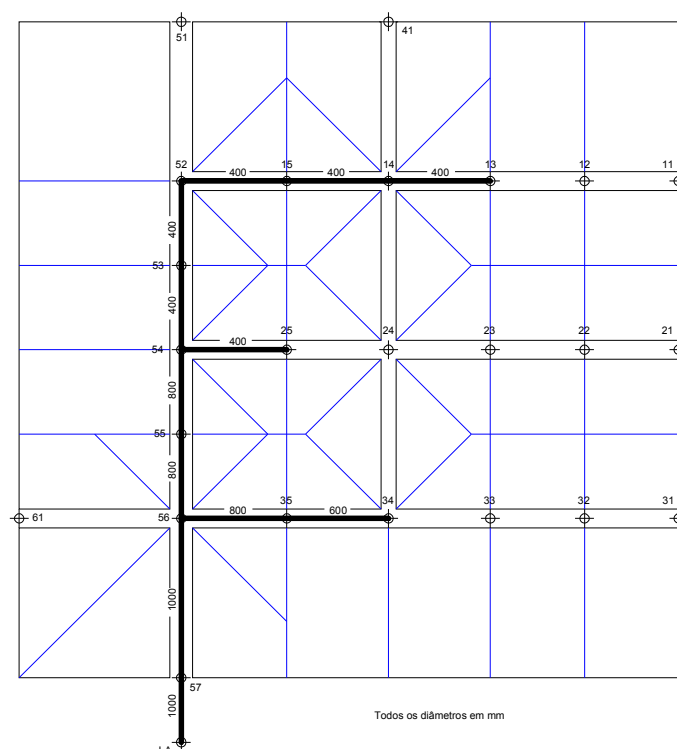


Figura 14 - Projeto da rede de drenagem – diâmetros

Uma destas alternativas é mostrada na Figura 14, onde foi privilegiado o escoamento pelas sarjetas, deslocando o fluxo das vias para a subbacia 03. Como

consequência, diminui-se o diâmetro das galerias das subbacias 01, 02 e do trecho inicial da subbacia 05, todos com apenas 400mm.

Outras alternativas, não apresentadas neste momento, foram testadas pelos demais grupos de projeto, possibilitando soluções diferentes, o que permite ao final escolher àquela mais eficiente e econômica.

5. CONCLUSÕES

A *planilha* eletrônica (baseada no MS Excel) é um instrumento oportuno e poderoso na busca de uma solução otimizada de um projeto hidráulico de um sistema de galerias de drenagem urbana. A planilha permite simular várias soluções tendo como orientação de projeto o recobrimento mínimo, a relação hidráulica “h/D” ou mesmo o paralelismo.

Neste sentido, ao final de um projeto, é possível analisar a solução proposta e simular outras alternativas visando obter um projeto que minimize a escavação, otimizado hidraulicamente e com um perfil longitudinal da rede adequado.

Para finalizar, a planilha encontra-se na fase de implementação de um orçamento que permitirá definir os quantitativos de material, mão de obra e volume escavado de modo a poder verificar qual o projeto mais econômico levando em conta sua implantação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VÁRIOS AUTORES. Drenagem Urbana: Manual de Projeto. São Paulo. DAEE/CETESB. 1980. 468 p.

USE OF ELECTRONIC SPREADSHEET FOR THE TEACHING OF URBAN DRAINAGE

Abstract: *The design of urban drainage systems is not a simple task and requires computational tools that support the analysis and design of stormwater networks, facilitating decision-making in order to obtain a consistent and economical design. Thus, a MS Excel based spreadsheet has been implemented which is able to analyze and calculate an urban drainage system. Still in the testing phase, this spreadsheet was made available to students of Civil Engineering in the discipline CIV 347 Sewerage Systems, to conduct a pilot project in order to validate the calculations and spreadsheet interface. This paper presents a summary of the designs undertaken by the students.*

Key-words: *Urban drainage system, Spreadsheet, design of storm sewer*