



PLANO DE URBANIZAÇÃO ZONA EMPRESARIAL DE ALVAREDO  
PROJECTO DE ESPECIALIDADES  
2ª Fase

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA  
REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

Rev.0  
11 de Julho de 2019

## FICHA TÉCNICA

<b>Descrição:</b>	Memória descritiva relativa ao projecto de drenagem de águas residuais envolvida na execução física do Plano de Urbanização Zona Empresarial de Alvaredo.	
<b>Equipa Técnica:</b>	David Galvão (Eng.º Civil)	
<b>Nome do Ficheiro Digital:</b>	1_MDJ AR	
<b>Revisão:</b>	<b>Data:</b>	<b>Descrição:</b>
0	11 de Julho de 2019	Revisão inicial – Projecto de Execução

## ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	4
2.	REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS.....	4
2.1.	Descrição Geral.....	4
2.2.	Dados De Base.....	4
2.3.	Traçado Em Planta.....	5
2.4.	Traçado Em Perfil.....	5
2.5.	Diâmetro Do Colector.....	5
2.6.	Inclinações.....	6
2.7.	CrITÉrios Gerais De Concepção E Dimensionamento.....	6
2.7.1.	CrITÉrio De Autolimpeza.....	6
2.7.2.	Velocidade.....	7
2.7.3.	Altura De ÁGua No Colector.....	7
2.8.	Cálculos Hidráulicos.....	8
2.8.1.	Colector Gravítico.....	8
3.	CONCLUSÃO.....	12
4.	ANEXOS.....	13
4.1.	Tabelas de Cálculo Hidráulico.....	14

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de ocupação por fases.....	4
Tabela 2 – Elementos Hidráulicos de Colectores de Secção Circular.....	11

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1. Elementos geométricos de colectores de secção circular.....	9
Fig.2. Elementos hidráulicos de colectores de secção circular.....	10

## 1. INTRODUÇÃO

A presente memória descritiva e justificativa é parte integrante do projecto de especialidades do Plano de Urbanização da Zona Empresarial de Alvaredo (adiante designado de PUZEA), que o Município de Melgaço, pretende levar a efeito em Alvaredo.

Esta etapa desenvolve o projecto de especialidades envolvidas na execução física da segunda fase da nova zona empresarial sendo a presente memória descritiva relativa ao projecto da Rede de Drenagem de Águas Residuais.

## 2. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

### 2.1. Descrição Geral

A solução apresentada corresponde a um subsistema de saneamento, com as infraestruturas necessárias para a recolha, o transporte gravítico com ligação à estação de tratamento de águas residuais da Zona Industrial de Penso. A condução dos esgotos será conduzida graviticamente não estando prevista a introdução de estações elevatórias. Nesta fase, está prevista a execução de cerca de 250 ml de colector gravítico de drenagem de águas residuais que liga na rede da 1ª fase da Zona Empresarial.

A rede foi projectada na totalidade das 3 fases de construção da Zona Empresarial de Alvaredo de modo a garantir cotas de drenagem para os pontos mais baixos das fases 2 e 3.

### 2.2. Dados De Base

O estabelecimento de dados de base de caudais a drenar no capítulo das águas residuais, torna-se difícil numa fase do projecto em que não sabemos exactamente a tipologia de indústria que se irá estabelecer na zona e correspondentes condições de serviço.

Assim sendo recorreremos a uma metodologia utilizada em projectos similares, estimando uma população a servir tendo em conta uma taxa de ocupação do solo.

Partindo dos dados do Plano Director Municipal de 0,5 lugares de estacionamento por cada 100m<sup>2</sup> de área de indústria estabeleceu-se uma taxa de ocupação de 1hab/100m<sup>2</sup>. Desta forma, para a totalidade dos lotes da PUZEA obtemos um valor de habitantes/m<sup>2</sup> que, para as diversas infraestruturas, serão afectados pelos factores de ponta correspondentes para cálculo dos caudais de projecto. No caso da rede de drenagem de águas residuais domésticas, a estimativa de ocupação para as diversas fases será distribuída da seguinte forma:

Tabela 1 – Estimativa de ocupação por fases

Fase da Zona Empresarial de Alvaredo	Estimativa de Ocupação
1ª Fase	389
2ª Fase	338
3ª Fase	455

A capitação utilizada será de 135 l/hab/dia, valor acordado com os serviços técnicos da Câmara Municipal de Melgaço em outros estudos.

### 2.3. Traçado Em Planta

A nível de traçado, foram devidamente analisadas as condições de implantação dos coletores, sendo de um modo geral, marcado em função da maior economia dos encargos de primeiro investimento e de exploração.

A profundidade de assentamento mínimo dos coletores, medida entre o seu extradorso e o pavimento da via pública deverá ser 1m, devendo sempre ser instalados a cota inferior à de condutas de abastecimento de água e delas afastadas no mínimo 1.00m em planta. Esse afastamento deve ser no mínimo 0.50 m relativamente às condutas de gás e 0.20 m relativamente aos cabos elétricos.

### 2.4. Traçado Em Perfil

Os alinhamentos dos coletores em perfil longitudinal deverão garantir continuidade hidráulica através das caixas de visita, devendo ser rectilíneos.

As profundidades máximas a admitir foram definidas, caso a caso, comparando os custos de escavação e assentamento a grandes profundidades, com os custos das soluções alternativas.

Para o seu assentamento deverá ser considerada a regularização com saibro adequado ou areia, salvo especificação diferente por parte da fiscalização, devendo ainda a tubagem ser protegida, acima do seu extradorso, com pelo menos 0.30m do mesmo material.

No seguimento do exposto no ponto 2.2, as cotas das caixas de visita onde serão ligadas as futuras fases da Zona Empresarial terão de ter profundidade para permitir a drenagem no ponto mais baixo destas áreas. A situação alternativa seria a instalação de uma estação elevatória para cada uma das fases que, considerando o investimento inicial e os custos de manutenção, é uma solução de último recurso. O colector será sempre colocado a uma cota inferior ao colector das águas pluviais sempre que a vala seja conjunta.

### 2.5. Diâmetro Do Colector

O diâmetro mínimo dos coletores deve ser definido em função dos custos de construção, que naturalmente crescem com os diâmetros, e os de exploração resultantes da ocorrência de entupimentos. Por outro lado, o Decreto Regulamentar nº 23/95, estipula, no seu artigo 134.º, que o seu valor nominal mínimo é de 200 mm.

Na rede a construir será utilizada tubagem em polipropileno corrugado de classe de rigidez circunferencial SN8 com um diâmetro nominal mínimo de 200 mm.

## 2.6. Inclinações

A inclinação mínima aconselhável da rasante da tubagem gravítica deve ser limitada a 0.5% por razões de ordem prática, associadas às possibilidades de implantação rigorosa com recurso às técnicas correntes. Para este projecto foi considerada sempre inclinação mínima superior a 0.5% de modo a prever algumas imperfeições de assentamento.

A inclinação máxima não deverá, na generalidade, ultrapassar os 15% por questões que se prendem com a estabilidade das tubagens. Em casos excecionais de razão técnica ou económica em que esta situação não se verifique, a tubagem deverá ser ancorada com maciços de amarração.

A instalação das tubagens deve ser feita respeitando as inclinações constantes nos perfis correspondentes. Estas foram calculadas troço a troço de modo a garantir o bom funcionamento do sistema.

## 2.7. Critérios Gerais De Concepção E Dimensionamento

Referem-se de seguida os critérios indispensáveis a assegurar serviços tecnicamente eficientes no referente à execução das redes de drenagem. Já foram referidos nesta memória descritiva os critérios relativamente ao diâmetro mínimo, traçado em planta e em perfil longitudinal.

### 2.7.1. Critério De Autolimpeza

Considera-se existirem condições de autolimpeza quando, em regime normal de funcionamento, não ocorrer a acumulação de sólidos sedimentáveis na canalização.

Em termos hidráulicos, tal condição deverá fundamentar-se na verificação de que, pelo menos uma vez por dia, durante a vida útil da obra, ocorre um caudal com um poder de transporte de escoamento que seja suficiente para o arrastamento dos sólidos sedimentáveis nas águas residuais e que eventualmente se tenham depositado na soleira durante as horas de menor caudal.

A verificação da autolimpeza dos coletores foi executada com recurso ao critério da Força Tractiva, que se determina através da expressão:

$$F_t = \gamma \times R \times i \text{ [Pa]}$$

Em que:

- $F_t$  é a força tractiva
- $\gamma$  é o peso específico do líquido (Água –  $10 \times 10^3 \text{ N/m}^3$ )
- $R$  é o Raio hidráulico (m)
- $i$  é a inclinação do colector (m/m)

Considera-se que, para o dimensionamento de condutas de esgoto, o valor de  $1 \text{ N/m}^2$  para a Força Tractiva crítica atende à condição de autolimpeza e de controlo da produção de gás sulfídrico, sendo aconselhável pelo menos  $2 \text{ N/m}^2$ .

De forma a evitar a instalação de tubagem com profundidades elevadas em grandes extensões, não é exequível aumentar o declive daqueles coletores, haverá então que dar especial atenção à exploração da rede,

fazendo cumprir programas de limpeza frequente das canalizações. Assim, prevê-se que a tensão de arrastamento seja assegurada com recurso a um fluxo semelhante ao produzido por câmaras de corrente de varrer. Nos perfis longitudinais são assinalados os lanços de tubagem que deverão merecer especial atenção. Estas situações ocorrem principalmente em troços de cabeceira de rede ou lanços de inclinação reduzida, o que nesta segunda fase implica a totalidade da extensão do troço de drenagem.

### 2.7.2. Velocidade

O Decreto Regulamentar nº 23/95, estipula, nas alíneas b) e c), do ponto 1, do seu artigo 133.º que a velocidade de escoamento deve variar entre os limites de 0.6 m/s e o máximo de 3.00 m/s, no entanto, tal como no ponto anterior, em alguns dos troços não é verificado o valor mínimo de 0.6 m/s. Como se compreende os troços são genericamente os mesmos da força tractiva, prevendo-se também aqui a mesma solução. Quanto aos troços de velocidade acima do máximo aconselhável, uma vez que os valores não estão muito acima do esperado serão mantidos com inclinação paralela ao terreno de modo a minimizar a movimentação de terras e consequente custo de implantação do colector.

### 2.7.3. Altura De Água No Colector

A altura de água nos coletores gravíticos previstos não deverá exceder os seguintes valores (que se expressam em função do diâmetro):

Para Ø até 500 mm -  $Y_n/D \leq 0.50$

Para Ø acima de 500 mm -  $Y_n/D \leq 0.75$

Este critério fundamenta-se no seguinte:

- Para que as canalizações sejam adequadamente ventiladas, há que manter livre, em situação de permanência, uma parcela da sua secção transversal.
- Dadas as graves consequências sanitárias que podem advir da sobrecarga de coletores de águas residuais comunitárias, preconiza-se a criação de uma capacidade de transporte em excesso do caudal de projeto, de modo a prevenir situações em que este possa ser eventualmente excedido, até porque não foi considerada uma parcela de caudais imprevistos na composição dos caudais de projeto.

## 2.8. Cálculos Hidráulicos

### 2.8.1. Colector Gravítico

O dimensionamento hidráulico de um coletor consiste essencialmente na determinação dos diâmetros da tubagem, respeitando as condições de escoamento impostas pelo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Este cálculo é efetuado em função do caudal de dimensionamento.

A expressão de cálculo do caudal escoado, em superfície livre, por uma tubagem, será dada pela fórmula de Manning-Strickler, que é a seguinte:

$$Q = K_s S R^{2/3} i^{1/2} [1]$$

Sendo:

- Q - Caudal de escoamento (m<sup>3</sup>/s)
- R - Raio Hidráulico (m)
- K<sub>s</sub> - coeficiente de rugosidade (m<sup>1/3</sup>/s)
- S - secção transversal do escoamento (m<sup>2</sup>)
- i - inclinação do colector (m/m)

Para a tubagem preconizada o valor de K<sub>s</sub> será de 90 m<sup>1/3</sup>/s.

Para além do condicionamento de velocidades máxima e mínima aconselháveis, a fixação do diâmetro foi efetuada de forma a minimizar os custos, tirando partido da perda de carga disponível nos coletores gravíticos.

A expressão apresentada é de cálculo relativamente simples quando se refere ao escoamento com secção cheia. Para um escoamento em regime permanente e uniforme, as inclinações da linha de energia e do colector são iguais. Assim, da expressão podemos concluir que o diâmetro necessário para escoar um dado caudal Q varia na razão inversa da inclinação do colector que num aumento de inclinação reduz o diâmetro necessário, e vice-versa. Verifica-se, ainda, que a cada diâmetro D corresponde, para um dado caudal Q uma única inclinação do colector.

No caso do escoamento se dar a secção parcialmente cheia, a análise não se torna tão simples. Considere-se, para o efeito, os elementos geométricos para coletores circulares que se apresentam na Figura 1 da página seguinte. Substituindo as expressões da área da secção transversal S e do raio hidráulico R, na fórmula de Manning-Strickler [1] expressa, obtêm-se a seguintes equações:

$$Q = (0,0496/n) \theta^{-2/3} (\theta - \text{sen } \theta)^{5/3} D^{8/3} i^{1/2} [2]$$

ou

$$V = (0,397/n) \theta^{-2/3} (\theta - \text{sen } \theta)^{2/3} D^{2/3} i^{1/2} [3]$$

Em que:

$$n = 1/K_s$$

Estas equações indicam que, mesmo que se conheçam o caudal Q ou a velocidade V e o diâmetro D, a inclinação do colector, i, não fica univocamente determinada, como acontecia anteriormente em regime de secção cheia.

De facto, existe um grande número de combinações para o ângulo ao centro  $\theta$  e para a inclinação do colector,  $i$ , que satisfaz as equações anteriores. Para um mesmo diâmetro, a uma maior inclinação corresponde um ângulo ao centro e uma altura de escoamento menores, e vice-versa.

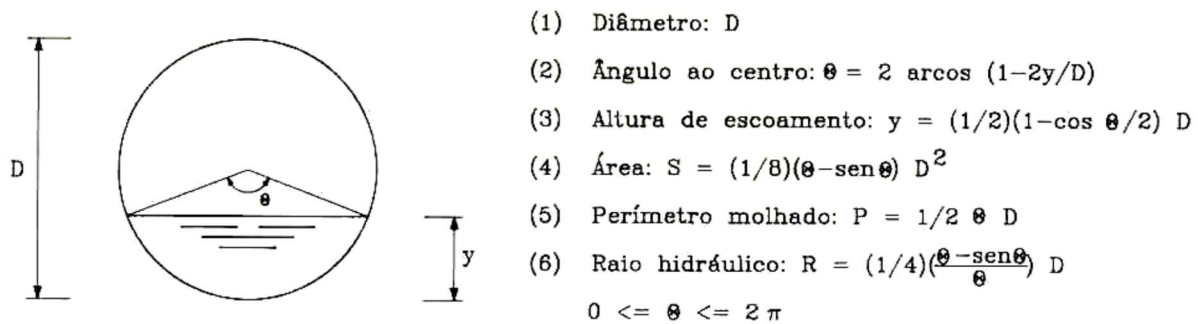


Fig.1. Elementos geométricos de colectores de secção circular

Este aspecto torna ainda mais complexa a escolha dos diâmetros e das inclinações dos colectores. Por outro lado, mesmo que se fixem  $Q$  ou  $V$ ,  $D$  e  $i$ , não é possível explicitamente determinar  $\theta$ . Felizmente que, no caso da fórmula de Manning-Strickler, a sua generalização em termos das relações entre cada elemento hidráulico da secção parcialmente cheia e o correspondente elemento para a secção cheia é dependente exclusivamente, e em última análise, da altura de escoamento.

A cada valor de  $y/D$  corresponde, pela expressão (2) da Figura 2, um valor de  $\theta$ . Consequentemente, a cada valor de  $y/D$  corresponde um valor da relação  $Q/Q_f$  ou  $V/V_f$ , em que  $Q$  e  $V$  são os valores de caudal e velocidade de cálculo e  $Q_f$  e  $V_f$  os valores para a secção cheia. Para os restantes elementos hidráulicos é possível estabelecer relações idênticas às anteriores. A figura seguinte representa um diagrama clássico dos elementos hidráulicos fundamentais para colectores de secção circular.

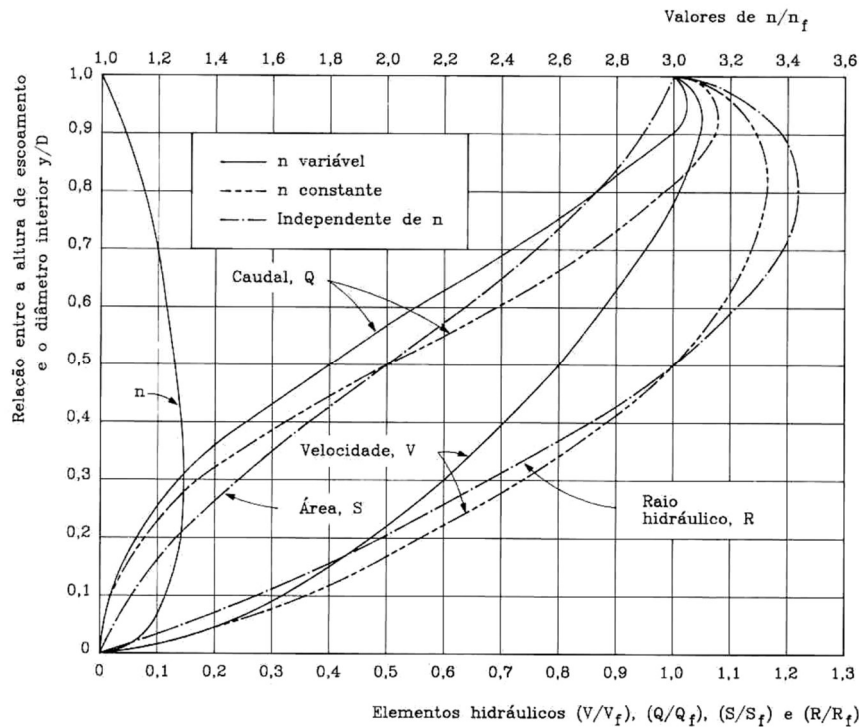


Fig.2. Elementos hidráulicos de colectores de secção circular

Alguns investigadores têm observado que, de facto,  $n$  varia com a altura de escoamento. Por exemplo, WILCOX e YARNELL e WOODWARD, demonstraram que o valor de  $n$ , para um colector com secção parcialmente cheia, é maior do que para a secção cheia. De acordo com os resultados referidos por estes autores, apresenta-se na Figura 2 a lei de variação de  $n$  com a altura de escoamento. Os dois conjuntos de curvas (para o caudal e a velocidade), indicadas nesta figura, reflectem a variação de  $n/n_f$ . Finalmente, é importante salientar que a área e o raio hidráulico são elementos hidráulicos estáticos, enquanto que a rugosidade, a velocidade e o caudal são dinâmicos. Em complemento do ábaco da Figura 3, e para uma maior precisão de valores, apresenta-se a tabela na página seguinte. Os valores correspondem a  $n$  variável com a altura de escoamento.

Tabela 2 – Elementos Hidráulicos de Colectores de Secção Circular

Q/Q <sub>f</sub>	y/D	V/V <sub>f</sub>	R/R <sub>f</sub>	Q/Q <sub>f</sub>	y/D	V/V <sub>f</sub>	R/R <sub>f</sub>	Q/Q <sub>f</sub>	y/D	V/V <sub>f</sub>	R/R <sub>f</sub>
0,001	0,025	0,12	0,065	0,220	0,364	0,67	0,798	0,620	0,642	0,91	1,146
0,005	0,058	0,20	0,151	0,240	0,381	0,69	0,826	0,660	0,666	0,93	1,165
0,010	0,075	0,26	0,192	0,260	0,398	0,71	0,853	0,700	0,690	0,95	1,180
0,015	0,088	0,29	0,223	0,280	0,413	0,72	0,877	0,750	0,726	0,97	1,198
0,020	0,101	0,31	0,255	0,300	0,428	0,73	0,901	0,800	0,760	0,98	1,210
0,025	0,114	0,33	0,288	0,320	0,443	0,74	0,921	0,820	0,774	0,99	1,213
0,030	0,126	0,36	0,315	0,340	0,457	0,76	0,941	0,840	0,787	1,00	1,215
0,035	0,138	0,38	0,343	0,360	0,471	0,77	0,961	0,860	0,800	1,01	1,216
0,040	0,150	0,40	0,372	0,380	0,485	0,78	0,980	0,880	0,813	1,01	1,216
0,050	0,171	0,43	0,418	0,400	0,499	0,79	0,999	0,900	0,826	1,02	1,216
0,060	0,189	0,46	0,458	0,420	0,513	0,81	1,016	0,920	0,840	1,02	1,215
0,070	0,204	0,48	0,492	0,440	0,525	0,82	1,030	0,940	0,855	1,02	1,212
0,080	0,219	0,50	0,522	0,460	0,539	0,83	1,047	0,960	0,870	1,03	1,207
0,090	0,234	0,52	0,556	0,480	0,553	0,84	1,064	0,980	0,890	1,03	1,198
0,100	0,248	0,54	0,584	0,500	0,566	0,85	1,078	1,000	0,910	1,03	1,184
0,120	0,270	0,57	0,628	0,520	0,579	0,86	1,091	1,020	0,930	1,03	1,168
0,140	0,291	0,59	0,666	0,540	0,592	0,87	1,104	1,030	0,950	1,03	1,144
0,160	0,310	0,62	0,704	0,560	0,605	0,88	1,116	1,040	0,975	1,02	1,106
0,180	0,329	0,64	0,738	0,580	0,618	0,89	1,126	1,020	0,988	1,01	1,074
0,200	0,347	0,66	0,767	0,600	0,630	0,90	1,136	1,000	1,000	1,00	1,000

n variável com y/D

É importante que se verifiquem as condições de escoamento, para o caudal de ponta, tais que os sólidos depositados nas horas mortas possam ser arrastados quando ocorrem aquelas condições. O caudal de ponta mencionado refere-se ao do início de exploração da rede. Por outro lado, os diâmetros e as inclinações, dos colectores devem ter, ao mesmo tempo, capacidade para escoar os caudais de ponta no ano horizonte do projecto. Em resumo, existem dois caudais característicos no dimensionamento hidráulico duma rede de drenagem de águas residuais: caudal de ponta no início de exploração da rede (ano 0) e caudal de ponta no ano horizonte do projecto (ano H).

### 3. CONCLUSÃO

Esta memória é parte integrante do projecto “PLANO DE URBANIZAÇÃO ZONA EMPRESARIAL DE ALVAREDO – 2ª FASE- INFRAESTRUTURAS” adjudicado à David Galvão Civil Lda., estando interligada com as peças desenhadas, mapa de medições e caderno de encargos das quais nunca deve ser dissociada.

Todas as infraestruturas e estruturas dimensionadas encontram-se em conformidade de cálculo com as solicitações preconizadas e a legislação em vigor.

Qualquer tipo de alteração ao projecto ou às suas peças não pode ser realizado sem a avaliação e consentimento da equipa Projectista.

Braga, 11 de Julho de 2019

---

(Luís David Teixeira Galvão - Eng.º Civil – N.º OE 44000)

## 4. ANEXOS

#### 4.1. Tabelas de Cálculo Hidráulico

Caixa	Distância Entre Caixas (m)	Profundidade da Caixa (m)	Cota Terreno (m)	Cota Soleira (m)	Inclinação Troço %
CVR2.01		1.25	91.89	90.64	
CVR2.02	50	1.7	92.05	90.35	-0.58%
CVR2.03	50	2.2	92.22	90.02	-0.66%
CVR2.04	50	2.65	92.38	89.73	-0.58%
CVR2.05	50	3.1	92.54	89.44	-0.58%
CVR01 1ª Fase	50	3.5	92.7	89.2	-0.48%

Caixa	Pop Calc	
	No troço	Acumulado
CVR2.01	0	46
CVR2.02	28	74
CVR2.03	28	102
CVR2.04	28	130
CVR2.05	28	158
CVR01	28	186

Capitação Cálculo 135		l/hab/dia					
2ª fase							
Caixa	Caudal Médio (l/s)		Factor de Ponta	Caudal de Ponta Acumulado (l/s)	Caudal de Infiltação		Caudal Cálculo - Qfi l/s
	No troço	Acumulado			No troço (l/s)	Acumulado (l/s)	
CVR2.01	0	0.0575	5.9	0.3393	0	0.0173	0.3566
CVR2.02	0.035	0.0925	5.9	0.5458	0.0105	0.0278	0.5736
CVR2.03	0.035	0.1275	5.9	0.7523	0.0105	0.0383	0.7906
CVR2.04	0.035	0.1625	5.9	0.9588	0.0105	0.0488	1.0076
CVR2.05	0.035	0.1975	5.9	1.1653	0.0105	0.0593	1.2246
CVR01 1ª Fase	0.035	0.2325	5.9	1.3718	0.0105	0.0698	1.4416

Caixa	Verificações				
	Caudal Secção Cheia - Qf	Velocidade Secção Cheia - Vf	Força Tractiva Secção Cheia	Caudal de Cálculo/ Caudal Secção Cheia	
	l/s		N/m <sup>2</sup>	Qfi/Qf	Qin/Qf
		m/s			
CVR2.01					
CVR2.02	18.07	0.825	2.422	0.0317	0.0317
CVR2.03	19.27	0.88	2.755	0.041	0.041
CVR2.04	18.07	0.825	2.422	0.0558	0.0558
CVR2.05	18.07	0.825	2.421	0.0678	0.0678
CVR01 1ª Fase	16.44	0.75	2.004	0.0877	0.0877

Caixa					Força Tractiva	Velocidade
	Y/D	X (rad)	S (m <sup>2</sup> )	R (m)	N/m <sup>2</sup>	m/s
CVR2.01					-	-
CVR2.02	0.1301	0.738	0.001675048	0.01359109	0.788	0.39
CVR2.03	0.1521	0.8013	0.002102502	0.015711758	1.037	0.459
CVR2.04	0.1814	0.8799	0.002710839	0.018448197	1.07	0.479
CVR2.05	0.2007	0.929	0.003133888	0.020199995	1.172	0.508
CVR01 1ª Fase	0.2306	1.0018	0.003820119	0.022833862	1.096	0.502