



Cátia Vanessa Soares Ferreira

SISTEMA DE DRENAGEM PÚBLICO: CONSTRUÇÃO DE UM MODELO PARA SÃO PEDRO DE GALA

PUBLIC DRAINAGE SYSTEM: CONSTRUCTION OF
A MODEL FOR SÃO PEDRO DE GALA

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, na área de Especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente,
orientada pela Professora Doutora Maria Rita Lacerda Morgado Fernandes de Carvalho Mesquita David e pelo Professor Doutor
Jorge Eduardo Teixeira Leandro

Coimbra, Julho, 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Cátia Vanessa Soares Ferreira

SISTEMA DE DRENAGEM PÚBLICO: CONSTRUÇÃO DE UM MODELO PARA SÃO PEDRO DE GALA

PUBLIC DRAINAGE SYSTEM: CONSTRUCTION OF A MODEL FOR SÃO PEDRO DE GALA

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, na área de Especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, orientada pela Professora Doutora Maria Rita Lacerda Morgado Fernandes de Carvalho Mesquita David e pelo Professor Doutor Jorge Eduardo Teixeira Leandro

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor.
O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer
responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões
que possam surgir

Coimbra, 07 de julho de 2017

AGRADECIMENTOS

Na realização da presente dissertação, contei com o apoio direto ou indireto de múltiplas pessoas e instituições às quais estou profundamente grata. Correndo o risco de injustamente não mencionar algum dos contributos quero deixar expresso os meus agradecimentos aos meus orientadores pela disponibilidade demonstrada.

Agradeço igualmente ao laboratório MAREFOZ, às águas da Figueira e à Câmara Municipal da Figueira da Foz pelo apoio dado durante as campanhas de estudo da rede, obtenção de ficheiros e ajuda na análise dos dados de cadastro. Ao LNEC pelo equipamento cedido.

O trabalho apresentado faz parte do projeto QUICS (Quantifying Uncertainty in Integrated Catchment Studies). Este projeto recebeu financiamento do Sétimo Programa-Quadro da União Europeia para investigação, desenvolvimento tecnológico e demonstração no âmbito do acordo de subvenção n.º 607000.

Um obrigada à Dona Lucinda, e um muito especial ao senhor Ricardo, pelo incentivo constante e o seu humor sempre tão característico que faz sempre amenizar as situações mais complicadas.

Não quero esquecer-me do nome de nenhum, pois felizmente conto com muitas pessoas verdadeiramente boas a meu lado, agradeço a todos os meus amigos que sempre me apoiam nos momentos menos fáceis, e me ajudam a “carregar as pilhas”.

RESUMO

Nos últimos anos, com o aumento da concentração da população em áreas urbanas, a crescente impermeabilização de superfícies associado à verificação mais frequente de eventos extremos, tem-se verificado uma maior exigência da legislação relativamente aos sistemas de drenagem. A diretiva europeia relativamente aos sistemas de drenagem impõe limites nos parâmetros de qualidade nos meios recetores para obter um bom estado ecológico e químico, promovendo o conceito da sustentabilidade e adaptação às alterações climáticas, de monitorização, modelação e gestão efetiva.

Neste contexto, a modelação dos sistemas de drenagem surge como uma ferramenta de gestão dos sistemas de drenagem já existentes, assumindo extrema relevância para a previsão e controlo das descargas de águas poluentes não tratadas no meio recetor, afetando o ambiente, consequentemente a saúde pública.

A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) por parte das entidades gestoras permite também melhorar a organização da informação cadastral, tornando assim mais eficaz a gestão das infraestruturas no apoio aos projetos face ao seu planeamento, exploração e manutenção. Construir um modelo de simulação com base no cadastro é uma tarefa morosa, e sujeita a erros se for efetuado de forma manual. Nestas circunstâncias, a criação de uma base de dados do cadastro com uma estrutura adequada pode permitir uma fácil automatização deste processo. Constitui assim uma mais-valia a integração entre o sistema de cadastro e o ficheiro de dados do modelo de simulação e o SIG no apoio dessa tarefa, é uma ferramenta que permite facilitar o trabalho.

O objetivo da presente dissertação foi a construção do modelo em SWMM com a integração dos dados de cadastro utilizando ferramentas auxiliares tais como Survey123 a partir de uma plataforma GIS, dados de campo de udómetros e medição de caudal. Para tal, procedeu-se a um estudo detalhado de ambos os programas, dos dados existentes e complementou-se a estrutura da base de dados do cadastro de forma a ser adequada às necessidades do modelo SWMM.

Palavras-chave: Sistema público de drenagem, modelação matemática, cadastro, SIG, SWMM.

ABSTRACT

In recent years, with increasing concentration of the population in urban areas, increasing surfaces impermeability and waterproofing associated with more frequent extreme events, there has been a greater requirement of legislation on drainage systems. The European directive on drainage systems imposes limits on the quality parameters of in the receiving waters to achieve a good ecologic and chemical status, promoting concepts of sustainability, adaptation to climate change, monitoring, modeling and effective management.

In this context, the modeling of drainage systems emerges as a tool to manage existing drainage systems, assuming extreme relevance for the control of discharges of untreated pollutants into the receiving environment, which may affect the environment, and consequently public health.

The use of Geographic Information Systems (GIS) by management entities also allows for better organization of cadastral information, thus making infrastructure management more effective in supporting projects in relation to their planning, operation and maintenance. Building a database-based simulation model is a time-consuming and time-consuming task if done manually. In these circumstances, the creation of a database of the register with an adequate structure can allow easy automation of this process. The integration between the registration system and the data file of the simulation model and the GIS in support of this task is an added advantage, it is a tool that facilitates the work.

The objective of the present dissertation was the construction of a SWMM model with the integration of the cadastre data using auxiliary tools such as Survey123 from a GIS platform, UDM field data and flow measurement. To do so, a detailed study of both programs was carried out, from the existing data, and the structure of the database was supplemented so as to be adequate to the needs of the SWMM model.

Keywords: public drainage systems, mathematical modeling, cadastre, SIG, SWMM.

ÍNDICE

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estrutura da tese	3
2	Revisão Bibliográfica	4
2.1	Considerações introdutórias	4
2.1.1	Tipos de sistemas de drenagem	5
2.1.2	Componentes dos sistemas de drenagem	8
2.2	Qualidade da água.....	13
2.3	Etapas envolvidas num processo de modelação.....	15
2.4	Modelação Matemática de sistemas de drenagem	16
2.4.1	Modelação Hidrológica	16
2.4.2	Modelos Hidrodinâmicos	20
2.4.3	Calibração dos modelos matemáticos	24
2.5	Programas existentes para modelação de redes de drenagem.....	24
3	Software para simulação de sistemas de drenagem - SWMM	27
3.1	Apresentação do software SWMM	27
3.1.1	Componentes físicos do SWMM	29
3.1.2	Métodos computacionais no SWMM.....	31
4	Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Drenagem Urbana	33
4.1	Considerações gerais.....	33
5	Metodologia	37
5.1	Caso de estudo	37
5.2	Construção do modelo	40

5.2.1	Identificação das opções de simulação	40
5.2.2	Desenvolvimento da interface dos atributos	41
5.2.3	Condição de fronteira do sistema	54
5.2.4	Dados da precipitação	54
5.2.5	Dados de caudais.....	58
5.2.6	Instabilidades numéricas dos cálculos no software SWMM	59
6	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	60
6.1	Introdução	60
6.2	Modelo matemático do sistema de drenagem	60
7	Conclusões e trabalhos futuros.....	65
7.1	Conclusões.....	65
7.2	Trabalhos Futuros.....	66
	Referências Bibliográficas	67
	Anexos.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Interface com o público e o meio ambiente (adaptado de Butler e Davies (2011)).	5
Figura 2.2 – Sistema de drenagem unitário (adaptado de Butler e Davies (2011)).	7
Figura 2.3 – Sistema de drenagem separativo (adaptado de Butler e Davies (2011)).	8
Figura 1.4 – Figura de um descarregador lateral duplo: em 1-vista frontal; em 2-vista no plano (adaptado de Balmforth e Henderson, 1988).	11
Figura 1.5 – Figura de um descarregador transversal rectangular: em 1-corte lateral; em 2-corte transversal (adaptado de Butler e Davies, 2011).	12
Figura 1.6 – Figura de um descarregador irregular (adaptado de Hidra et al., 2007).	12
Figura 1.7 – Figura de um tanque de retenção: em 1-corte lateral; em 2-vista no plano (adaptado de Balmforth e Henderson, 1988).	13
Figura 1.8 – Processos envolvidos nos modelos de drenagem urbana (adaptado de Clemens (2001)).	17
Figura 1.9 – Representação do modelo hidrológico utilizado pelo SWMM.	19
Figura 1.10 - Representação do modelo de sub-bacia utilizado no SWMM (adaptado de EPA, 2013).	19
Figura 1.11 – Fenda de Preissmann (Butler e Davis 2011)	22
Figura 1.12 – Representação esquemática do conceito de drenagem dual (adaptado de Smith, 2006).	22
Figura 3.1 – Representação dos componentes físicos no modelo de um sistema de drenagem (adaptado de Rossman, 2008.)	29
Figura 4.1 – Representação do conceito fundamental da análise espacial de um SIG(adaptado de Korte, 2001.)	34
Figura 4.2 – Representação da criação de formulário e interface do Survey123.	36
Figura 5.1 – Localização da zona do caso de estudo, assinalada a vermelho(adaptado do Google Maps, 2017).	37
Figura 5.2 – Representação dos caudais diários registados na ETAR para o mês de Julho de 2015, e do valor médio anual dos caudais para o ano de 2015 na ETAR.	39
Figura 5.3 – Representação dos níveis de maré máximos e mínimos diários para o período de estudo	54
Figura 5.4 – Representação dos dados da precipitação, intensidade de precipitação e precipitação acumulada, no udómetro 1 para o período do estudo.	54
Figura 5.5 – Representação dos dados da precipitação, intensidade de precipitação e precipitação acumulada, no udómetro 2 para o período do estudo.	55

Figura 5.6 – Representação dos dados da precipitação, intensidade de precipitação e precipitação acumulada, no udómetro 3 para o período do estudo.....	55
Figura 5.7 – Representação da intensidade de precipitação nos 3 udómetros e no udómetro colocado na ETAR de São Pedro para o período do estudo.....	56
Figura 5.8 – Representação da comparação da precipitação acumulada dos 3 udómetros com o udómetro localizado na ETAR para o período do estudo.....	57
Figura 5.9 – Representação dos caudais obtidos para o estudo da rede de drenagem residual.....	58
Figura 6.1 – Representação no GIS dos dados da rede.(Em 1 representam-se as caixas de visita para a rede de drenagem de águas residuais, e em 2 os coletores para a rede de drenagem de águas residuais).....	61
Figura 6.2 – Representação da rede de águas residuais domésticas no SWMM.....	62
Figura 6.3 – Representação da rede de águas residuais domésticas no SWMM.....	63

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Modelos utilizados por programas de simulação de drenagem urbana (adaptado de Ferreira, 2006).....	25
Quadro 2.1 - Modelos utilizados por programas de simulação de drenagem urbana (adaptado de Ferreira, 2006)-continuação.....	26
Quadro 1.1 – Tipos de descarregadores do SWMM (adaptado de Rossman , 2008).....	31
Quadro 5.1– Caudais registados na ETAR de São Pedro (ÁGUAS DA FIGUEIRA, S.A., 2017).....	38
Quadro 5.2 - Unidades utilizadas no SWMM.....	41
Quadro 5.3 - Atributos carregados numa câmara de visita.....	42
Quadro 5.4 - Atributos carregados no descarregador de tempestade.....	45
Quadro 5.4 - Atributos carregados no descarregador de tempestade-continuação.....	46
Quadro 5.5 - Atributos carregados no ponto de rejeição.....	47
Quadro 5.6 - Atributos carregados ás bacias pluviais.....	48
Quadro 5.6 - Atributos carregados ás bacias pluviais-continuação.....	49
Quadro 5.7- Atributos carregados ao grupo electrobomba.....	50
Quadro 5.8- Atributos carregados ao poço de bombagem.....	51
Quadro 5.8- Atributos carregados ao poço de bombagem-continuação.....	52
Quadro 5.9- Atributos carregados ao udómetro.....	53

ABREVIATURAS

CAD – Computer-aided design

CSO – Combined Sewer Overflows

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CQO – Carência Química de Oxigénio

DT – Descarregador de tempestade

EPA – Environmental Protection Agency

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

PGBH – Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos Rios Vouga, Mondego e Lis

RGSPDADAR - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de distribuição de
Água e Drenagem de Águas Residuais

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SWMM - Storm Water Management Model

SST – Sólidos Suspensos Totais

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O aproveitamento dos recursos naturais foi sempre decisivo para a localização, organização e desenvolvimento económico e social dos aglomerados urbanos. Ao longo do tempo, as cidades cresceram em harmonia com os cursos de água que as abasteciam e sustentavam. Porém, com a concentração demográfica e o desenvolvimento industrial do último século, esse equilíbrio foi perturbado, passando alguns cursos de água a serem o destino final de águas residuais não tratadas, de origem permanente ou intermitente.

A contínua expansão urbana e a degradação das infraestruturas de drenagem têm criado dificuldades acrescidas ao desenvolvimento e ao funcionamento dos sistemas de drenagem urbana, como exemplo são a descarga do caudal em excesso, situações de escoamento superficial (inundações), poluição das águas recetoras, das águas subterrâneas e do solo, e o escoamento em secção cheia com o aumento da degradação do próprio sistema. Por outro lado, identifica-se um aumento dos custos unitários de transporte e tratamento, associado ao incremento dos custos com energia, manutenção e operação das infraestruturas (MATOS, 2006).

Todos estes problemas se atribuem ao envelhecimento da rede existente, ao volume excessivo de infiltrações e de afluências indevidas nas redes separativas, à limitada capacidade da rede de drenagem, e à falta de manutenção dos sistemas.

As descargas dos sistemas de drenagem urbana são uma das principais fontes de poluição dos meios hídricos superficiais. A construção de estações de tratamento de águas residuais, (ETAR), tem sido uma das medidas utilizadas para a resolução do problema. Porém, é frequente os sistemas de drenagem funcionarem de forma deficiente, descarregando para os meios recetores volumes significativos de águas residuais não tratadas: quer devido a descargas de tempestade, em sistemas unitários e mistos, quer devido a ligações indevidas, em sistemas separativos. Estas descargas podem conter elevadas cargas poluentes levando à

degradação da qualidade da água dos meios recetores e comprometendo os objetivos de qualidade.

As preocupações atuais da política da água a nível europeu, como expresso na Diretiva do Quadro sobre a Política da Água, indicam a tomada de medidas de âmbito institucional, técnico-científico e económico-financeiro tendo em vista a preservação e a melhoria da qualidade dos meios hídricos. Os níveis de exigência tendem a tornar-se mais elevados no controlo das diversas fontes de poluição, que deve ser levada a cabo tanto quanto possível de montante para jusante, privilegiando a prevenção relativamente à reabilitação.

Nesse sentido, a modelação matemática dos sistemas de drenagem urbana desempenha um papel fundamental na determinação de soluções para o planeamento, gestão e reabilitação deste tipo de sistemas face ao excesso das afluências. Por outro lado, os modelos estão dependentes da capacidade de registos de dados existentes, utilizados numa perspetiva de calibração e validação, sendo que quanto mais detalhado for o sistema a modelar mais eficiente será a sua utilização.

As potencialidades dos Sistemas de Informação Geográfica, SIG, devem ser tomadas como rotina dos profissionais, e entidades gestoras. As potencialidades dos dados espaciais podem ser exploradas de forma infindável, permitindo a melhoria da organização da informação cadastral, tornando assim mais eficaz a gestão das infraestruturas no apoio aos projetos face ao seu planeamento, exploração e manutenção.

Nesta dissertação procedeu-se à criação de uma rede pública de drenagem no software SWMM, a partir do cadastro realizado em SIG.

1.2 Objetivos

A partir da análise de um sistema de drenagem real em Portugal os objetivos desta dissertação são:

- a caracterização do sistema público de drenagem;
- a criação de um ficheiro de cadastro de um sistema público de drenagem;
- a construção de um modelo em SWMM desse sistema de drenagem.

1.3 Estrutura da tese

A dissertação é constituída por sete capítulos.

No primeiro capítulo é feito um enquadramento geral ao tema da tese no qual se explicam os motivos essenciais da realização deste trabalho e definindo os objetivos do trabalho.

O segundo capítulo inclui uma revisão bibliográfica do tema em estudo, abordando os seus conceitos mais importantes.

No terceiro capítulo apresenta-se o software SWMM, utilizado para a modelação de sistemas de drenagem e no qual foi construído o modelo do caso de estudo descrevendo as suas componentes e os métodos utilizados.

No quarto capítulo apresenta-se o software ArcGis e a ferramenta Survey123 utilizado para a realização do cadastro do sistema de drenagem.

No quinto capítulo expõe-se a metodologia utilizada para a criação do modelo matemático em SWMM a partir de dados de cadastro, de levantamento de campo e de dados medidos durante o período em análise.

No sexto capítulo descreve-se a construção do modelo criado.

No sétimo capítulo apresentam-se as principais conclusões do trabalho realizado e propostas de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações introdutórias

As últimas décadas foram marcadas por um crescimento urbano, de ritmo particularmente acelerado, provocando profundas alterações no ciclo hidrológico natural. Com efeito, a urbanização tem como consequência um aumento da impermeabilização dos solos, provocando acréscimos significativos nos volumes de escoamento superficial das bacias e dos caudais de ponta, o que implica uma necessidade acrescida de meios para efetuar eficazmente a drenagem das águas pluviais e o controlo das inundações (Matos et al., 1994). A urbanização induz, também, uma concentração das populações e de atividades humanas, com consequências inerentes na intensificação da utilização da água para diversos usos, verificando-se, conseqüentemente, um aumento da produção de águas residuais e de resíduos. Todos estes aspetos favorecem a deterioração das águas pluviais e dos meios recetores, o que implica necessidades acrescidas de racionalização do uso da água, da drenagem das águas residuais e do controlo da poluição gerada pelas descargas no meio.

A drenagem das águas residuais domésticas e pluviais é feita através dos sistemas de drenagem urbana. Os principais objetivos destes sistemas são recolher e transportar os efluentes das águas residuais domésticas até um local apropriado para efeitos de tratamento e de descarga final, preservando deste modo a saúde pública; conduzir as águas pluviais, evitando a ocorrência de inundações e assegurando que as condições de descarga são compatíveis com os objetivos de qualidade dos meios recetores.

Segundo previsões da Organização das Nações Unidas, a atual população mundial de cerca de 7,5 mil milhões de pessoas vai alcançar a marca de 8,5 mil milhões até 2030, e de 9,7 mil milhões em 2050. Com esse ritmo, o planeta deve chegar a 2100 com 11,2 mil milhões de seres humanos, um crescimento de 53% em relação ao presente. Este crescimento conduz a solicitações intensas dos sistemas de drenagem urbana. Por esta razão, as capacidades dos sistemas existentes não serão suficientes para fazer face às necessidades que a nova expansão urbana requererá, aumentando o risco de insuficiência das redes existentes, a probabilidade de ocorrência de inundações, e o efeito das descargas de efluentes sem tratamento adequado para

os meios recetores, contribuindo para a sua acelerada degradação e para o aumento da pressão ambiental.

A Figura 2.1 mostra um esquema da interface da drenagem urbana com o público e o meio ambiente. (Butler e Davies, 2011)

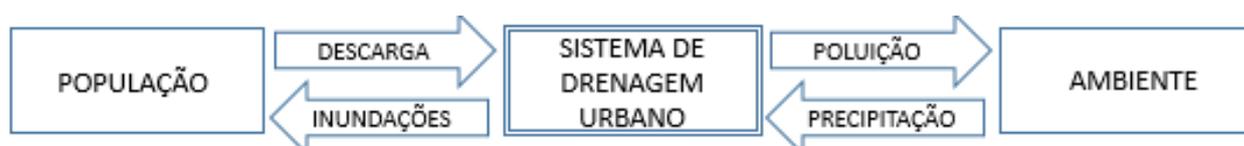


Figura 2.1 – Interface com o público e o meio ambiente (adaptado de Butler e Davies (2011)).

Os sistemas de drenagem urbana, para além de prestarem um serviço fundamental para a saúde e o bem-estar das populações, e para a preservação do ambiente, com todos os benefícios económicos e sociais daí decorrentes, constituem uma parcela do património construído de grande valor, a proteger e a manter, correspondente a vultuosos investimentos realizados no passado e a realizar no futuro. De acordo com o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, PO SEUR, em Março de 2017 foi anunciado que Portugal tem aprovado um investimento de 485 milhões de euros no setor da água com financiamento comunitário de 367 milhões de euros.

Tendo em conta as limitações financeiras, as obrigações regulamentares é pois fundamental utilizar os meios ao dispor das entidades gestoras que possam contribuir para uma gestão eficaz e também sustentável para os sistemas de drenagem urbana.

2.1.1 Tipos de sistemas de drenagem

De acordo com o Decreto-Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto, o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR, 1995), existem vários tipos de sistemas públicos de drenagem de águas residuais, nomeadamente separativos, unitários, mistos, e pseudo-separativos.

- Sistemas unitários: Os sistemas são constituídos por uma única rede de coletores que transporta as águas residuais domésticas, industriais e pluviais.
- Sistemas separativos: Os sistemas são constituídos por duas redes de drenagem diferentes. Uma rede destinada às águas residuais domésticas e industriais enquanto outra transporta as água pluviais, não existindo assim ligação entre as duas redes.
- Sistemas mistos. Uma rede constituída pelos dois tipos de sistemas, unitários e separativos.

- Sistemas pseudo-separativos. Nestes em condições excepcionais parte das águas pluviais poderá afluir à rede de águas residuais domésticas.

A adoção dos diferentes tipos de sistemas tem sido alvo ao longo dos anos de discussão, sendo apontadas várias vantagens e desvantagens a cada um deles.

Os sistemas unitários, (Figura 2.2), têm como principal desvantagem que em períodos chuvosos, os caudais ao aumentarem significativamente, façam com que se ultrapasse a capacidade de transporte da rede de coletores, ou a capacidade hidráulica da ETAR, o que resulta numa descarga diretamente ao meio recetor. Já em tempo seco, revelam-se complicados na manutenção das condições hidráulicas mínimas de escoamento, além de que a sedimentação das matérias em suspensão provocam odores desagradáveis e corrosão do material das condutas.

O crescimento urbano atual, o acréscimo de impermeabilização associado à verificação mais frequente de eventos extremos, originando maiores de caudais de ponta, de volumes de escoamento superficial, e às atividades humanas (aumento do volume de águas residuais e produção crescente de resíduos) acentua o efeito das descargas diretas no meio recetor e o aumento do risco de inundações. Finalmente, para além de ser frequente a descarga de excedentes com graus de diluição reduzidos, esta situação é agravada devido ao aumento dos caudais, resultante da ocorrência de precipitações, que pode arrastar e colocar em suspensão substâncias previamente sedimentadas nos coletores. Essas substâncias são responsáveis por um acréscimo significativo da carga poluente descarregada para os meios recetores, nomeadamente em termos dos seguintes parâmetros: bactérias, nutrientes, sólidos em suspensão, carência química e bioquímica de oxigénio e metais pesados. A sua vantagem assenta num menor custo de investimento em relação ao sistema separativo. (Butler e Davies, 2011).

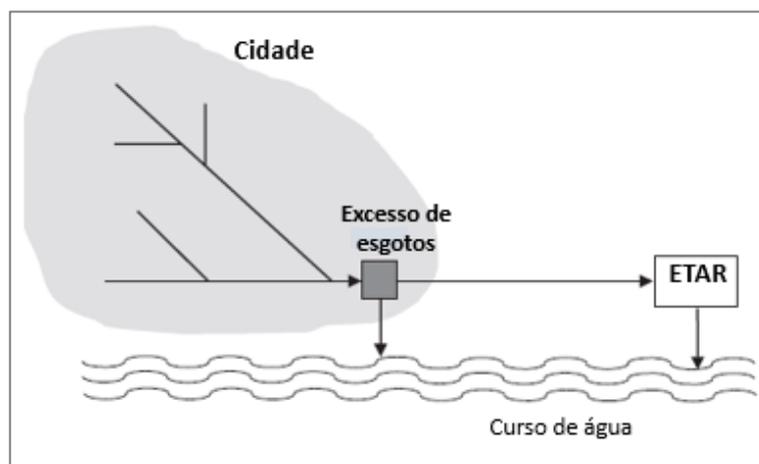


Figura 2.2 – Sistema de drenagem unitário (adaptado de Butler e Davies (2011)).

As vantagens dos sistemas separativos (Figura 2.3) em relação aos sistemas unitários são:

- Não são necessários sifões nas sarjetas, nos sumidouros, ou em outros órgãos de entrada na rede.
- Não é necessário que os coletores de sistemas separativos de drenagem pluvial sejam construídos com materiais resistentes à corrosão.
- A menor afluência de grandes cargas poluentes à ETAR durante as primeiras chuvadas.
- A menor afluência de águas à estação de tratamento a jusante, o que resulta em menores custos de construção, e de manutenção.

Uma das desvantagens dos sistemas separativos passa pelo facto de a separação perfeita entre sistemas ser algo quase impossível de se conseguir. Uma outra desvantagem passa pela existência de ligações indevidas de coletores pluviais à rede separativa de águas residuais domésticas. Segundo Butler e Davies (2011), 40% das casas possuem este tipo de ligação ilegal.

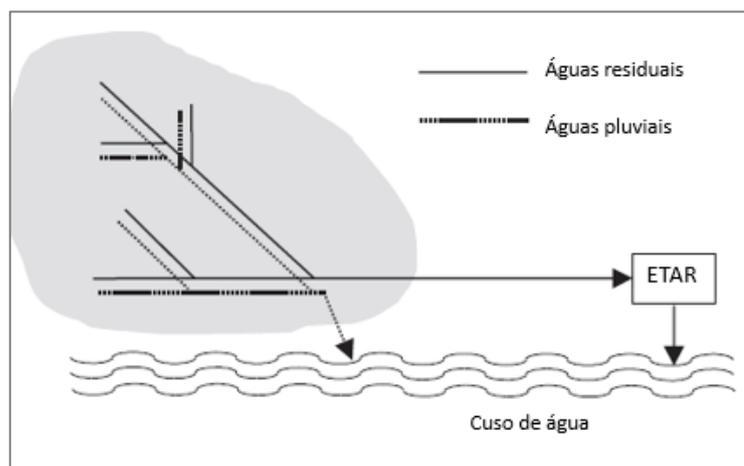


Figura 2.3 – Sistema de drenagem separativo (adaptado de Butler e Davies (2011)).

De acordo com o RGSPDADAR, as redes de drenagem de águas residuais a implantar em novos sistemas deverão ser do tipo separativo.

2.1.2 Componentes dos sistemas de drenagem

Os componentes dos sistemas de drenagem podem ser divididos em três grandes grupos: a rede de coletores, as instalações e condutas elevatórias, e um conjunto de órgãos acessórios gerais e especiais.

A **rede de coletores** caracteriza-se por infraestruturas que se destinam a fazer a recolha e transporte da água residual afluyente, proveniente dos edifícios e vias públicas, para um ponto terminal da rede de drenagem, em condições de higiene e de modo contínuo, de forma a que se garanta a segurança sanitária e de bem estar da população. O ponto terminal da rede pode corresponder, a outra infraestrutura, como uma instalação elevatória, a uma estação de tratamento, ou ainda a um meio recetor podendo ser uma massa de água ou solo. A rede deve ser constituída por um conjunto de trechos de coletores rectilíneos, ligados por órgãos acessório, câmaras de visita, que constituem um elemento fundamental para a inspeção, manutenção e limpeza da rede.

As **instalações elevatórias**, são relativamente frequentes em sistemas de drenagem, implantados em zonas planas, principalmente se forem de média ou grande dimensão urbana. As instalações elevatórias destinam-se a elevar as águas residuais para uma cota superior. Um sistema elevatório, incluindo instalação e conduta elevatória, pode constituir uma alternativa viável a emissários gravíticos de grande extensão ou a emissários gravíticos implantados a

elevada profundidade. Em sistemas separativos pluviais não é frequente o recurso a instalações elevatórias, devido à grande variabilidade dos caudais afluentes e, conseqüentemente, às dificuldades de dimensionamento e operação do equipamento eletromecânico. Em sistemas separativos de águas residuais domésticas e em sistemas unitários, o recurso a instalações elevatórias é mais frequente. Sempre que possível, as instalações elevatórias devem estar equipadas com um descarregador de tempestade ou de segurança.

O conjunto de **órgãos acessórios gerais e especiais** destina-se a assegurar um adequado funcionamento do sistema, nas condições definidas, e permitem proceder às necessárias operações de exploração e de manutenção. Entre eles incluem-se:

- Câmaras de visita - São órgãos mais numerosos dos sistemas de drenagem, permitindo a inspeção e a limpeza dos coletores, a remoção de obstruções, a verificação das condições e das características do escoamento e a amostragem da qualidade das águas residuais.
- Câmaras de corrente de varrer - São dispositivos que podem ser manuais ou automáticos, utilizados nas redes de coletores de águas residuais domésticas com o objetivo de provocar a remoção de sedimentos depositados nas tubagens onde os caudais escoados são pouco significativos e/ou os declives são pouco acentuados, fazendo que o escoamento não se dê para jusante.
- Câmaras de grades - Destinam-se a reter os sólidos grosseiros em suspensão e os grandes corpos flutuantes, com o objetivo de proteger os coletores e órgãos localizados a jusante. A sua instalação poderá ser justificada, por exemplo, a montante do trecho canalizado de uma valeta, cuja bacia hidrográfica seja relevante.
- Ramais de ligação - Troços de tubagem, privativos de uma ou mais edificações, compreendidos entre a câmara do ramal de ligação e a rede geral de drenagem. As águas residuais domésticas, bem como as águas pluviais colectadas nas redes de drenagem interiores dos edifícios, devem convergir aos ramais de ligação. A inserção dos ramais de ligação na rede pública faz-se nas câmaras de visita ou nos coletores. Os ramais de ligação e os tubos de queda das redes prediais permitem, também, a ventilação natural da rede pública.
- Sarjetas ou Sumidouros - As sarjetas e os sumidouros são os órgãos gerais dos sistemas que garantem o acesso das águas pluviais às redes de drenagem. Designam-se por sarjetas os dispositivos associados ao lancil dos passeios, que permitem a entrada

lateral das águas de escorrência. Designam-se por sumidouros os dispositivos localizados em qualquer local do pavimento, em que as águas de escorrência entram pela parte superior do dispositivo. Estes últimos devem estar equipados com uma grade por forma a não prejudicarem a circulação das viaturas e a segurança dos peões.

- Desarenadores - Também chamadas de câmaras de retenção, destinam-se a reter quaisquer detritos sendo por exemplo utilizadas a montante de instalações elevatórias, para proteger o equipamento eletromecânico da abrasão provocada pelas areias, e a montante de órgãos ou de trechos de coletores onde os efeitos causados pela acumulação de areias possam prejudicar o bom funcionamento do sistema, tais como, sifões invertidos, descarregadores, ETAR e trechos de coletores onde não se garantam as condições de autolimpeza.
- Estruturas de detenção - Utilizam-se em sistemas de drenagem unitários ou separativos pluviais e destinam-se a amortecer os caudais de ponta das águas pluviais, através do armazenamento, por um período de tempo limitado, de um determinado volume da onda de cheia. Em sistemas separativos pluviais podem ser construídas bacias a céu aberto, favorecendo-se, sempre que possível, a infiltração no terreno e a evapotranspiração. Em sistemas unitários, estas estruturas devem ser cobertas e estanques, devido aos riscos de contaminação, sendo frequente a construção de tanques em betão armado. As estruturas de detenção que integrem o sistema de drenagem deverão ser providas de um descarregador de tempestade ou de segurança.
- Descarregadores de tempestade, de transferência e de segurança - Utilizados para desviar caudais que o coletor de jusante não tenha capacidade de transportar, por exemplo, durante eventos de precipitação intensa. Salientam-se três tipos, consoante as suas finalidades. Se o objetivo é desviar caudais em excesso, em redes unitárias ou separativas de águas pluviais, designam-se por descarregadores de tempestade; se o seu objetivo é a transferência de caudais de um coletor para outro menos sobrecarregado ou de maior capacidade, denominam-se descarregadores de transferência; finalmente, se são construídos para efeitos de segurança a montante de estações de tratamento, de instalações elevatórias ou de outros órgãos, designam-se por descarregadores de segurança.

2.1.2.1 Descarregadores de tempestade

Dados os objetivos desta dissertação faz-se de seguida uma análise mais profunda aos descarregadores de tempestade, DT.

Os descarregadores de tempestade devem ser concebidos e dimensionados tendo em vista a satisfação dos seguintes requisitos:

- a minimização da turbulência e dos riscos de obstrução dos coletores a jusante;
- a autolimpeza;
- a minimização dos cuidados de exploração e conservação;
- a entrada em funcionamento, apenas para caudais superiores a um limite pré- fixado;
- o acréscimo do caudal descarregado, em função do caudal afluyente, de modo a permanecer aproximadamente constante o caudal de água residual a tratar. (Os métodos de controlo mais comuns neste caso são: um orifício fixo, uma comporta ajustável, um regulador de caudal em vórtice ou um coletor regulador de caudal);
- a minimização da poluição causada pelos caudais descarregados, nomeadamente em termos de sólidos flutuantes e em suspensão.

Apresentam-se de seguida os descarregadores transversais comumente utilizados.

Descarregador de tempestade lateral

Os descarregadores de tempestade laterais com uma queda elevada, possuem placas que impedem a passagem de sólidos flutuantes e uma zona de retenção, promovendo assim uma boa retenção de sólidos flutuantes e imersos. Na Figura 2.4 representa-se um descarregador com queda dupla, o que proporciona um bom controlo hidráulico.

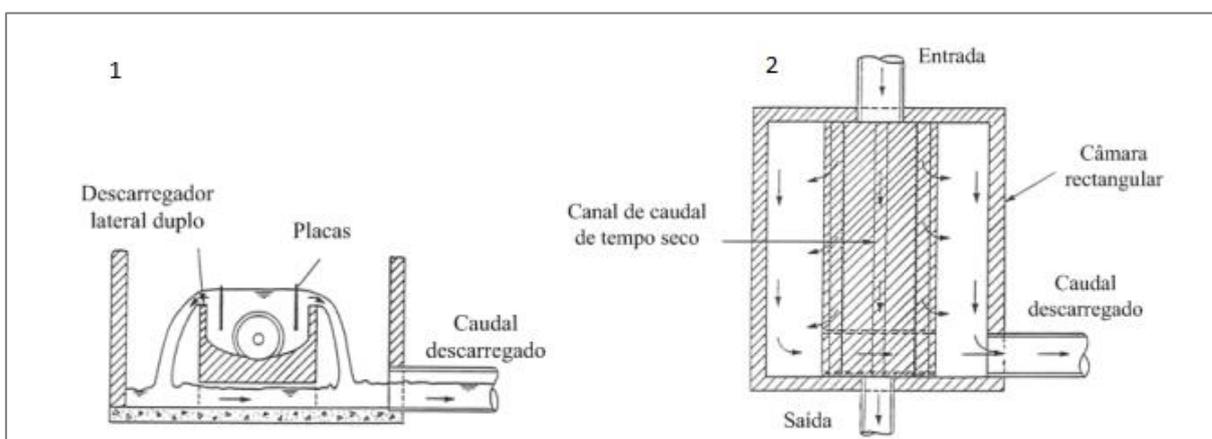


Figura 2.4 – Figura de um descarregador lateral duplo: em 1-vista frontal; em 2-vista no plano (adaptado de Balmforth e Henderson, 1988).

Descarregador de tempestade transversal

Este tipo de DT é normalmente inserido diretamente no coletor, perpendicularmente ao sentido do escoamento, e funciona como uma pequena barragem. Estes podem ser de secção retangular, triangular e trapezoidal ou irregular. Na figura 2.5, apresenta-se um descarregador transversal de secção retangular com uma largura b , altura da crista P e altura de água acima

da superfície do descarregador H . Representa-se também na figura um descarregador irregular.

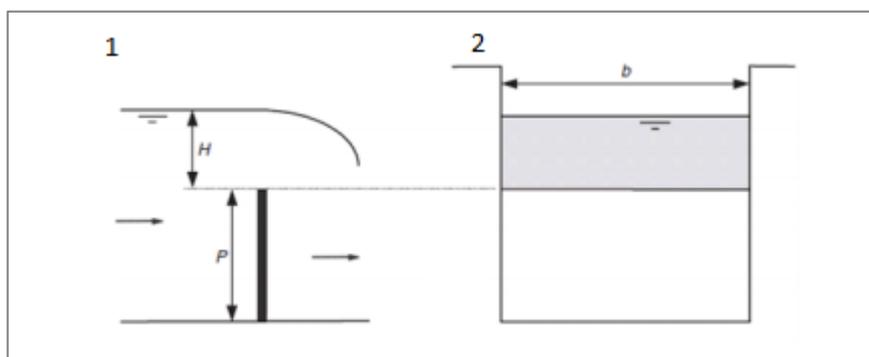


Figura 2.5– Figura de um descarregador transversal retangular: em 1-corte lateral; em 2-corte transversal (adaptado de Butler e Davies, 2011).



Figura 2.6 – Figura de um descarregador irregular (adaptado de Hidra et al., 2007).

Descarregador de tempestade- tanque de retenção

O tanque de retenção permite que durante o período seco e com chuvadas de intensidade reduzida, o caudal afluente ao coletor de entrada, passando através do canal, e abandonando o DT. Para chuvadas mais intensas, à medida que o caudal aumenta, a capacidade do descarregador é excedida e parte do caudal é libertado. O nível de água no tanque tem que ser superior ao topo do coletor de entrada antes de atingir a crista do descarregador. Isto provoca uma diminuição da velocidade do caudal de entrada o que ajuda a assegurar que os sólidos imersos não são encaminhados para o descarregador. Quando o nível de água se encontra

acima da crista do descarregador, a água escoa pelo descarregador. Este tipo de descarregador limita a poluição de duas formas: retém o caudal para que os sólidos imersos possam seguir o percurso normal até à ETA e utiliza uma barreira para limitar a passagem dos sólidos flutuantes através do descarregador (Butler e Davies, 2011).

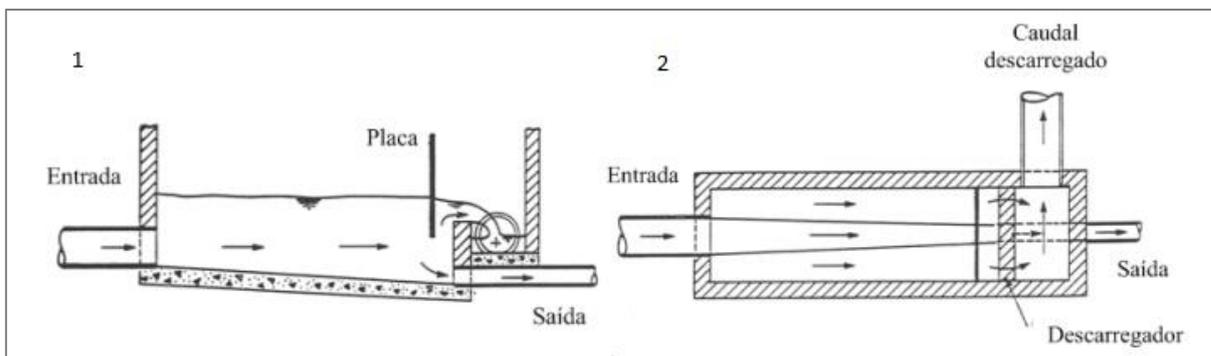


Figura 2.7 – Figura de um tanque de retenção: em 1-corte lateral; em 2-vista no plano (adaptado de Balmforth e Henderson, 1988)

Os descarregadores de tempestade tradicionais têm vindo a ser substituídos por estruturas especiais de separação do escoamento. Estas estruturas conduzem para a ETAR uma parte significativa das substâncias em suspensão e, conseqüentemente, permitem a descarga para os meios recetores de águas residuais menos poluídas. São exemplos dessas estruturas os separadores hidrodinâmicos, encontrados na bibliografia estrangeira sob a designação de “vortex”, “hydrobrakes” (desenvolvidos na Dinamarca e no Reino Unido), “steinscrew” (desenvolvidos na Suécia), “Wirbeldrossel” (desenvolvidos na Alemanha), as válvulas especiais de separação (desenvolvidas na Suécia) e as estruturas de separação com sedimentação (mais correntemente utilizadas no Reino Unido e designadas, em inglês, por “stilling ponds overflow”).

2.2 Qualidade da água

A garantia da qualidade da água nos sistemas de drenagem é uma necessidade fundamental quer por razões de proteção de saúde pública, quer por imperativos legais cada vez mais restritos. Os sistemas de drenagem devem ser projetados de forma a que se minimizem as descargas dos poluentes no meio hídrico recetor.

Preponderantemente os resíduos transportados pelas águas residuais são de natureza orgânica que conferem à água um odor e coloração desagradáveis. As águas residuais contêm basicamente matéria orgânica e mineral, em solução e em suspensão, alta quantidade de

bactérias e outros organismos patogênicos e não patogênicos, assim como outros produtos podem ser indevidamente lançados para as condutas da rede de águas residuais, como fraldas, chupetas, cotonetes, etc. que prejudicam o tratamento das águas.

Os impactes na qualidade da água do meio recetor são diversos e difíceis de avaliar devido à natureza intermitente e temporária da carga poluente. Dependem de vários fatores, incluindo a magnitude e duração da chuvada, tipo de solo, intervalo entre as chuvadas, tipo de utilização do solo, ligações ou descargas ilegais e a quantidade de água que o meio recetor acolhe.

Descrevem-se de seguida algumas substâncias frequentemente detectadas.

Sólidos Suspensos Totais

Os sólidos suspensos totais correspondem à matéria em suspensão presente em águas naturais, de processo ou residuais, e podem dividir-se em sólidos grosseiros, finos, em suspensão e filtráveis.

Os sólidos grosseiros provenientes de água residual incluem: fezes fecais, papel higiénico, produtos de higiene feminina, etc. Os sólidos provenientes da água pluvial incluem tijolos, madeira, latas, papel, etc. O principal inconveniente destes sólidos é o impacte visual causado pela sua descarga no ambiente natural. Por outro lado, também originam problemas de manutenção devido ao depósito e bloqueio das redes, bem como, podem provocar a obstrução dos equipamentos nas estações de tratamento, particularmente durante a ocorrência de cheias. A presença de sólidos em águas de consumo humano pode provocar alterações do sabor da água além de intensificar os problemas associados à corrosão. Na saúde humana pode ter efeitos laxantes caso a concentração de sólidos dissolvidos seja superior a 2000 mg/L.

A legislação Portuguesa, de acordo com as directivas da União Europeia, define os parâmetros de qualidade da água destinada ao consumo humano através do Decreto-Lei nº 236/98. A legislação estabelece valores paramétricos: VMR (Valor máximo recomendado) , VMA (Valor máximo admissível) e ainda o VLE (Valor Limite de Emissão (VLE)). Impõe-se o valor de de 60 mg SST/l para águas residuas. Apesar disto, quando os descarregadores de tempestade efetuam uma descarga, devido a se tratar de uma circunstância de emergência, esta imposição não se aplica.

Oxigénio dissolvido

O impacto das baixas concentrações de oxigénio dissolvido, OD, ou mesmo de condições anaeróbias conduz a um desequilíbrio no ecossistema, em geral, com mortalidade de peixes, odores e efeitos estéticos nefastos. O oxigénio dissolvido é um indicador da saúde geral do ecossistema. O nível de OD na água depende das atividades físicas, químicas e bioquímicas que ocorrem. Uma massa de água com poucos ou nenhuns poluentes terá uma concentração de oxigénio de cerca de 10mg/l à pressão atmosférica e à temperatura ambiente.

A determinação da concentração de OD é de importância fundamental na avaliação da qualidade das águas, uma vez que o oxigénio está envolvido praticamente em todos os

processos químicos e biológicos. A descarga em excesso de material orgânico na água pode resultar no esgotamento de oxigênio do sistema. Enquanto exposições prolongadas a concentrações abaixo de 5mg/l podem não matar alguns organismos presentes, mas leva ao stress do sistema, a exposição abaixo de 2 mg/l podem levar à morte a maioria dos organismos.

Atualmente, os métodos ou testes mais utilizados são os seguintes: a Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO) e a Carência Química de Oxigênio (CQO).

A CBO mede o oxigênio consumido pelos microrganismos durante a oxidação da matéria orgânica presente numa determinada água em condições aeróbias.

A CQO mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente, em determinadas condições, a matéria orgânica presente numa água. Trata-se de um teste particularmente útil para medir a matéria orgânica em águas residuais industriais e domésticas que contenham compostos tóxicos para os microrganismos.

Os processos que envolvem o consumo de oxigênio são complexos devido ao efeito da fotossíntese das plantas e das algas. A fotossíntese e a respiração são sazonais, dependem da temperatura e das características do rio e do nível de poluentes e nutrientes, particularmente azoto e fósforo. As descargas promovidas pelos descarregadores de tempestade, contêm quantidades significantes de nutrientes que podem ser suficientes para provocar uma redução dos níveis de OD. No caso de se verificarem descargas contínuas, a pior situação dá-se no Verão durante a noite onde a respiração será maior e quando os poluentes estarão mais concentrados devido aos caudais reduzidos do escoamento. No caso de descargas intermitentes, a situação é consideravelmente mais complexa devido à variação da carga poluente que é descarregada em diferentes alturas do dia (Price e Vojinovic, 2011). Segundo o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, os Valores Limite de Emissão (VLE) dos parâmetros CBO e CQO na descarga de água residuais são de 40 mg O₂/l e 150 mg O₂/l, respetivamente.

2.3 Etapas envolvidas num processo de modelação

De acordo com David (2005), a metodologia para o desenvolvimento de um modelo matemático passa pelas seguintes etapas:

- I. Recolha de informação cadastral;
 - II. Atualização do cadastro e verificação da informação sobre a condição da rede de drenagem;
 - III. Construção do modelo;
 - IV. Monitorização de caudais/precipitação;
 - V. Calibração;
 - VI. Verificação;
-

VII. Simulação de diferentes cenários.

2.4 Modelação Matemática de sistemas de drenagem

Os modelos são usados com o intuito de simular situações reais e o seu uso facilita o entendimento humano sobre determinados tópicos de estudo, oferecendo a hipótese de teste sobre vários cenários, o que permite obter explicações e tomar decisões sobre os resultados obtidos. Um bom modelo deve ser o mais simples possível, possibilitando a previsão de vários cenários, surgindo a informação de uma forma clara e intuitiva que permita uma fácil leitura e interpretação dos dados obtidos, como indicam Tucci (1998) e Sá Marques et al. (2013).

Podem ser definidos dois tipos de modelos consoante a área de drenagem: os que servem para testar o comportamento hidráulico e hidrológico dos sistemas de drenagem de águas pluviais, e os modelos de qualidade da água nos sistemas. Neste trabalho abordam-se os primeiros. A principal funcionalidade dos modelos utilizados é o da simulação dos comportamentos das redes já existentes, ou analisar projetos futuros, avaliando o correto ou incorreto dimensionamento das redes, possíveis respostas do sistema a várias alterações e formas de melhorar o sistema/projeto.

2.4.1 Modelação Hidrológica

Os processos físicos envolvidos no ciclo hidrológico durante uma chuvada como, a precipitação, a interceção, a evapotranspiração, a infiltração e o escoamento superficial, são essenciais para se gerar um modelo hidrológico. Estes processos são representados através de modelos matemáticos.

A modelação hidrológica consiste na simulação do comportamento de uma bacia hidrográfica, que gera escoamento superficial a partir de precipitação (Tucci, 1998). Os modelos hidrológicos para a representação do escoamento superficial em função da chuvada são importantes para a conceção e análise de sistemas de drenagem.

O escoamento superficial originado pela precipitação é uma das principais solicitações para um sistema de drenagem. Por sua vez, o escoamento superficial depende da duração da chuvada, da sua intensidade, da infiltração, e das perdas. Estes conceitos estão estreitamente relacionados pois a intensidade de precipitação ocorrida num determinado intervalo de tempo,

tende a ser tanto maior quanto menor for a duração desse intervalo de tempo. Quantitativamente, a intensidade de precipitação é considerada fraca na ordem dos 0.5 mm/h, moderada se não exceder os 4 mm/h e forte caso seja superior a esse valor (David, 2005). Os dispositivos mais comuns para medição de chuvadas são os pluviômetros, ou udômetros. Através de estudos dos dados provenientes das redes pluviométricas conseguem-se prever cheias urbanas com cerca de 30 minutos de antecedência.

Mas nem todo o volume precipitado é transformado em escoamento superficial. Existe uma parcela que é eliminada por diferentes tipos de perdas, como são as perdas por intercepção e as perdas por infiltração. A Figura 2.8 mostra os vários processos envolvidos.

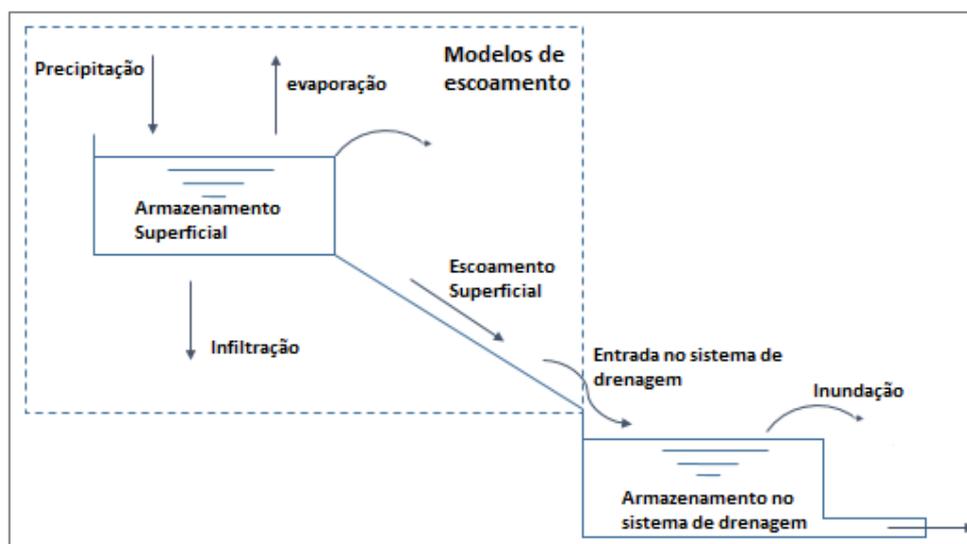


Figura 2.8 – Processos envolvidos nos modelos de drenagem urbana (adaptado de Clemens (2001)).

Os modelos hidrológicos mais comuns são: o método racional, o método do hidrograma unitário, o modelo da curva tempo-área e o modelo do reservatório linear.

O modelo hidrológico mais utilizado é o método racional, utilizado no cálculo do caudal de ponta de cheia em pequenas bacias hidrográficas. Este modelo é aplicado a bacias com área inferior a 25 km². A equação (1) exprime o método racional:

$$Q = C.I.A \tag{1}$$

Em que:

Q – Caudal.

I – Intensidade da precipitação.

C – Coeficiente de escoamento.

A – Área da bacia.

O coeficiente de escoamento é estabelecido em função da densidade de impermeabilização do solo, das características de ocupação do solo e do declive da bacia.

O modelo método do hidrograma unitário, é definido em Leitão et al. (2008) como, para um evento cuja precipitação tem uma duração definida, o hidrograma resultante do escoamento direto produzido por uma unidade de precipitação incidente sobre a bacia. Deste modo, hidrogramas para eventos de precipitação cuja duração é igual mas que possuem diferentes intensidades podem ser alcançados através do hidrograma unitário, assumindo que existe uma relação linear entre os hidrogramas.

O modelo da curva tempo-área de uma bacia de drenagem descreve a evolução no tempo da área da bacia que contribui para o escoamento a jusante. Esta curva é definida desde o instante inicial até ao instante em que toda a bacia contribui para o escoamento (tempo de concentração da bacia). O método da curva tempo-área não considera o armazenamento da bacia, dependendo apenas da forma e declive da bacia, originando hidrogramas com picos mais elevados que os verificados na bacia.

Os modelos de reservatório caracterizam-se por apenas terem em conta a lei de conservação da massa, não considerando a equação de conservação da quantidade de movimento. Deste modo, a resposta da bacia é instantânea. Nos modelos de reservatório linear assume-se que uma bacia atua como um reservatório, na qual o caudal de saída é função linear do armazenamento (Leitão et al., 2008).

O modelo hidrológico utilizado pelo software SWMM, admite cada bacia como um reservatório não linear. As contribuições são provenientes da chuva, degelo e bacias de montante.

Neste modelo apenas existe caudal “ Q ” escoado quando a profundidade da água no “reservatório” excede o valor máximo “ dp ” de armazenamento em depressões. A lâmina de água “ d ” na sub-bacia é calculada de forma contínua através da resolução do balanço hídrico. Representa-se na Figura 2.9 o modelo hidrológico do software SWMM.

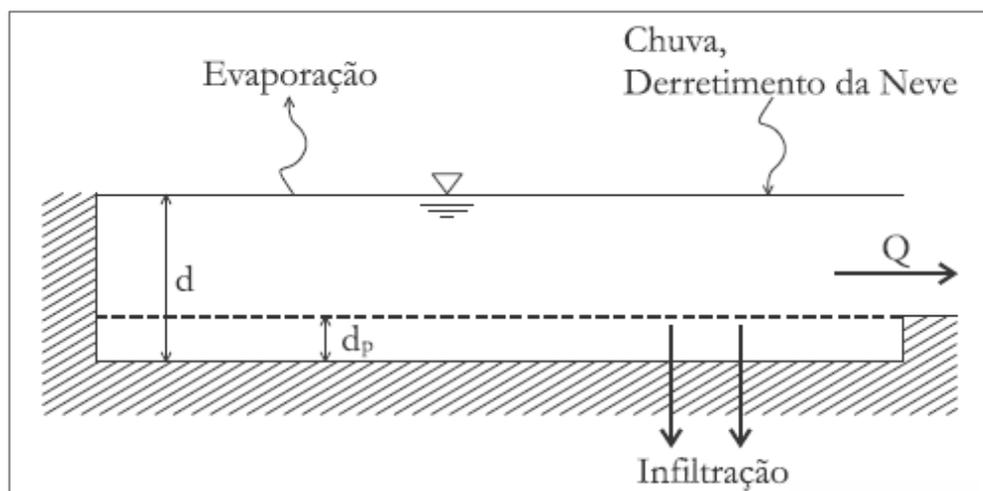


Figura 2.9 – Representação do modelo hidrológico utilizado pelo SWMM.

No SWMM as bacias são representadas com altura e largura definidos, e divididas em áreas permeáveis e impermeáveis, como se pode ser pela Figura 2.10.

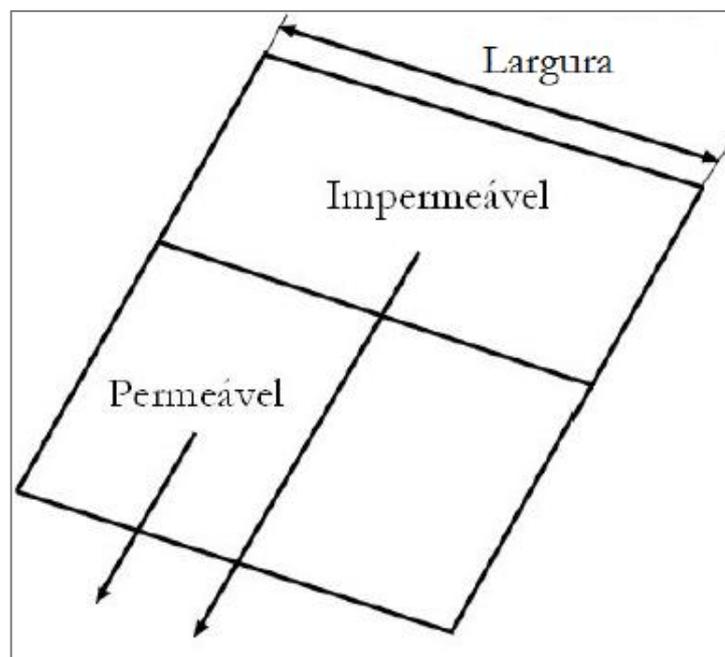


Figura 2.10 - Representação do modelo de sub-bacia utilizado no SWMM (adaptado de EPA, 2013).

2.4.2 Modelos Hidrodinâmicos

A drenagem urbana ocorre numa rede complexa de galerias e canais, com grande variação da forma e relevo. O caudal nos sistemas de drenagem varia ao longo do tempo verificando-se mudanças de regime de escoamento e escoamentos sob pressão, devido a fenómenos extremos, como inundações e cheias. Os modelos hidrodinâmicos são utilizados para representar estes diferentes estados do sistema, porém para cada tipo de alteração da rede são necessárias soluções particulares (Neves et al, 2001).

As equações matemáticas mais utilizadas nos modelos de simulação de sistemas de drenagem de modo a descrever o comportamento de um escoamento variável em superfície livre (abordagem mais tradicional) são as equações de Saint-Venant. Estas equações, formam um sistema não linear de equações, designadas por equações da continuidade e da conservação da quantidade de movimento, que na maioria dos casos não podem ser resolvidas analiticamente.

Para obter as equações de Saint-Venant, fazem-se as seguintes simplificações (Simões, 2012):

- Admite-se uma transmissão de pressão hidrostática;
- Admite-se que a velocidade e aceleração segundo o eixo vertical são desprezáveis;
- Admite-se uma inclinação pequena;
- Admite-se um fundo fixo.

As equações são formadas por duas variáveis dependentes (área da secção transversal e caudal) e duas variáveis independentes (distância longitudinal e tempo). As equações da continuidade e da conservação da quantidade de movimento, (2) e (3), respectivamente, estão apresentadas na sua forma conservativa.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} = 0 \quad (2)$$

$$\underbrace{\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t}}_{\text{aceleração local}} + \underbrace{\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right)}_{\text{aceleração convectiva}} + \underbrace{g \frac{\partial h}{\partial x}}_{\text{pressão}} = g \left(\underbrace{S_0}_{\text{declive do canal}} - \underbrace{S_f}_{\text{função de atrito}} \right) \quad (3)$$

Em que:

Q – Caudal.

A – Área molhada.

t – Tempo.

x – Direção do escoamento.

h – Altura de água.

g – Aceleração da gravidade.

S_0 – Declive do canal.

S_f – Função do atrito.

De acordo com o tipo de escoamento que se pretende estudar, precisão do cálculo e tempo computacional, podem ser desprezados alguns dos termos na Equação (3), mantendo-se sempre a equação da continuidade. Apresentam-se de seguida alguns desses modelos apresentados os modelos de cálculo.

O modelo de escoamento da onda dinâmica integra todos os termos da equação da quantidade de movimento, incluindo assim todos os efeitos básicos da hidrodinâmica: efeito de propagação de ondas dinâmicas para jusante e para montante, efeitos de amortecimento, atraso, deformação nas variações de caudal e altura do escoamento ao longo dos coletores, e perdas nas entradas e saídas das condutas. Este modelo gera teoricamente resultados mais precisos, uma vez que simula com maior exatidão o escoamento.

O modelo de onda cinemático é caracterizado por um modelo mais simples, representado pela expressão de Manning-Strickler. Apenas se consideram os termos da gravidade e atrito e as ondas propagam-se com velocidade constante não sofrendo amortecimento. Este modelo é inadequado para regimes lentos (casos em que os efeitos de jusante têm de ser contabilizados) (Butler e Davies, 2011).

O modelo mais simples de representar o escoamento com superfície livre é o modelo reservatório, no qual só se considera a equação da continuidade, desprezando qualquer efeito da equação da conservação da quantidade de movimento. Desta forma, o modelo só tem em conta os efeitos de armazenamento e a respectiva atenuação. Por uma questão de simplicidade e rapidez de cálculo, os modelos de reservatório também são utilizados em estudos hidrológicos, fornecendo resultados bastante aceitáveis nos casos em que os efeitos de jusante são desprezáveis. A equação da continuidade pode ser descrita da seguinte forma:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = I_0 - O + q_1 \cdot d_x \quad (4)$$

Em que:

S – Volume de armazenamento.

I_0 – Caudal afluente.

O – Caudal efluente.

q_1 – Caudal do percurso.

2.4.2.1 Fenda de Preissman

Tendo em conta que as equações de Saint-Venant aplicam-se, somente a escoamentos em superfície livre, torna-se inadequado o uso das mesmas, para condições de escoamento a ocorrer sob pressão. Para tal, Preissmann introduziu o conceito de *Fenda de Preissmann* (Figura 2.11) que consiste na introdução de uma abertura imaginária na parte superior de um coletor quando a sua capacidade máxima é atingida, permitindo que a altura do escoamento exceda o seu diâmetro, simulando o efeito do escoamento em pressão.

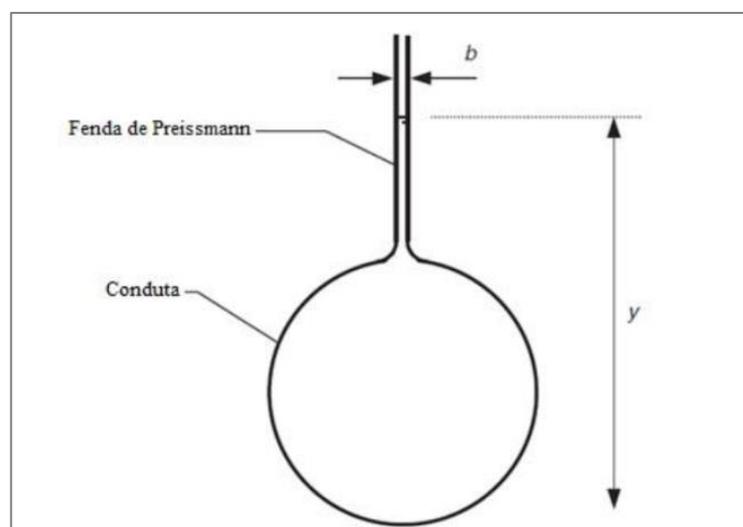


Figura 2.11 – Fenda de Preissmann (Butler e Davis 2011)

2.4.2.2 Drenagem Dual

Na ocorrência de fenómenos de precipitação intensa, o nível de água pode atingir o topo do coletor, ou seja, o sistema poderá entrar em carga. Nestes casos, a água que sai dos coletores pode sair através dos sumidouros, sarjetas e câmaras de visita, surgindo à superfície. Deste modo, no mesmo coletor é possível coexistirem dois tipos de escoamentos diferentes: um com superfície livre e um em pressão.

A drenagem dual permite a interação entre as duas componentes distintas do sistema de drenagem pluvial: a superfície composta por ruas, canais, depressões e zonas de acumulação (sistema “major”) e a rede de coletores (sistema “minor”) por Leandro et al.2009 (Figura 2.12).

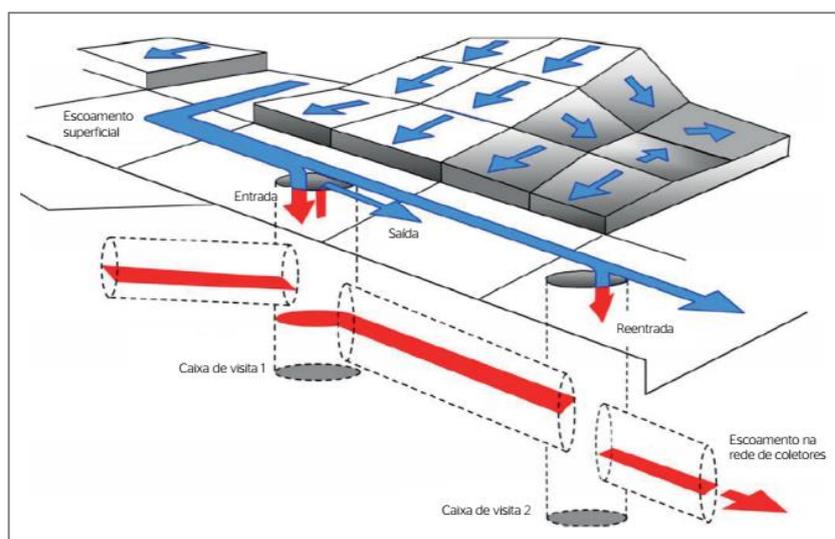


Figura 2.12 – Representação esquemática do conceito de drenagem dual (adaptado de Smith, 2006).

A rede de coletores (sistema “menor”) é representada em ambas por um modelo unidimensional (1D/1D). A diferença está na representação da superfície (sistema “maior”) que pode ser feita através de um modelo unidimensional (1D/1D) ou através de um modelo bidimensional (1D/2D). Ambos os modelos têm vantagens e desvantagens, a opção por um ou por outro tem em conta vários fatores.

No caso do modelo 1D-1D os modelos são mais leves para os *softwares* e em situações onde é necessário correr várias simulações levam grande vantagem sobre os modelos 1D-2D (Allitt et al.,2009). Contudo os resultados destes modelos são aceitáveis apenas quando é pequena a incerteza associada aos caminhos superficiais em que se dá o escoamento.

A escolha entre utilizar um modelo 1D/1D ou 1D/2D (dependendo do caso em estudo e dos parâmetros do modelo) determina a certeza dos resultados e o tempo computacional necessário para os obter (Leandro et al., 2009). O modelo 1D-2D é considerado mais realista pois as superfícies de escoamento não são limitadas como nos modelos 1D-1D. O método de cálculo deste modelo consiste no uso das equações de Saint-Venant: solução dinâmica ou uma das simplificações (onda cinemática ou difusa); a cada uma das células constituintes da malha para se obter resultados de caudal, altura de água e velocidade de escoamento. A principal vantagem deste modelo é a visualização do escoamento à superfície. (Leitão *et al*, 2008), o que não acontece num modelo unidimensional, onde os resultados estão sujeitos a tratamento, tornando a elaboração de mapas de risco e inundação mais fácil. Apesar de mais lentos devido à sua complexidade, estes modelos são mais utilizados quando a superfície não delimita de uma forma exata o percurso da água pluvial, por exemplo, em áreas planas. São também

muito requeridos quando se pretende simular eventos extremos onde grande parte da superfície está coberta por água (Allitt et al. 2009).

2.4.3 Calibração dos modelos matemáticos

Nem todos os valores dos parâmetros de entrada no modelo são precisos, verificando-se regularmente o impedimento de medição de alguns, o que leva à estimativa dos mesmos antes da calibração. A calibração dos modelos matemáticos pode ser feita automaticamente ou manualmente. A primeira recorre a algoritmos genéricos, sendo feita com valores já inseridos no programa. Já a calibração manual é feita de acordo com quem simula, que numa tentativa erro tenta aproximar o mais possível os dados simulados com os valores observados.

Refere-se ainda o processo de verificação ou validação do modelo matemático, que consiste em confrontar os dados simulados, com dados de amostragem, diferentes daqueles que foram usados no processo de calibração. Este processo permite testar a capacidade do modelo para descrever a realidade, quando submetido a diferentes condições de funcionamento do sistema (Butler e Davies, 2011). A validação deve ser usada para determinar se o modelo pode ser usado na resolução do problema, ao passo que, a verificação, avalia se o modelo permite resolver o problema corretamente.

2.5 Programas existentes para modelação de redes de drenagem

Na análise do desempenho de sistemas existentes, para a avaliação de impactes no meio recetor e para fundamentar estratégias de beneficiação e reabilitação, justifica-se o recurso a modelos que utilizam o modelo de onda cinemática ou onda dinâmica. Nesta dissertação, serão referidos apenas modelos destinados à simulação do comportamento dos sistemas de drenagem urbana.

Os programas que simulam o comportamento dos sistemas de drenagem modelam o escoamento dinâmico incluindo os modelos hidrológicos e hidráulicos, resolvem as equações completas de Saint Venant e, na sua maioria, podem ser aplicados à modelação do escoamento superficial, do escoamento com superfície livre, em canais e coletores, especialmente em condições críticas, tal como inversões de fluxo, efeitos de jusante e escoamento sob pressão e ainda da qualidade da água e transporte de sedimentos.

Estes modelos estudam diversas variáveis como a altura de escoamento, a velocidade máxima e mínima, entradas em carga, entre outros parâmetros, de modo a avaliar a beneficiação do sistema com vista à redução de inundações e ao controlo de descargas diretas de excedentes.

No Quadro 2.1, apresentam-se as características mais relevantes dos programas mais utilizados a nível da drenagem urbana.

Quadro 2.1 - Modelos utilizados por programas de simulação de drenagem urbana (adaptado de David, 2005)

Processo	Tipo de modelo	Programa					
		Flupol	HydroWorks/Infoworks	MOUSE	SAMBA	SWMM	SIMPOL
Perdas hidrológicas	perdas iniciais	S	S	S	S	S	
	perdas contínuas: coeficiente de escoamento volumétrico	S	S	S	S	S	S
	humedecimento do solo			S			
	retenção superficial			S		S	
	infiltração: fórmula de Horton		S	S		S	
	fórmula de Green-Ampt					S	
	evapotranspiração			S			
Propagação do escoamento superficial	outras fórmulas de perdas contínuas		S				
	curvas tempo-área			S			
	modelo do reservatório linear	S	S	S			
	modelo de reservatórios em cascata		S				
Propagação do escoamento na rede de colectores	modelo cinemático/modelo do reservatório não linear			S		S	
	advecção				S		
	modelo de Muskingum-Cunge	S					
	modelo cinemático/modelo do reservatório não linear	S		S			
	modelo difusivo			S			
	equações completas de Saint Venant		S	S		S	

Quadro 2.1 - Modelos utilizados por programas de simulação de drenagem urbana (adaptado de David, 2005)-continuação.

Processo	Tipo de modelo	Programa					
		Flupol	HydroWorks/ Infoworks	MOUSE	SAMBA	SWMM	SIMPOL
Poluentes no escoamento superficial	concentrações médias por evento (CME)			S	S	S	
	distribuição lognormal das CME					S	
	acumulação: equação de potência					S	
	equação de <i>Michaelis-Menton</i>					S	
	equação exponencial (<i>Aley e Smith, 1981</i>)	S	S	S		S	
	arrastamento: exponencial (<i>Sartor e Boyd; Jewell e Adrian</i>)	S	S			S	
	exponencial (<i>Nakamura, 1990</i>)						
	outras fórmulas			S		S	
	número de poluentes modelados	4	>10	>10		10	2
sedimentos	S	S	S		S		
Propagação dos poluentes superficiais	modelo do reservatório linear		S				
	modelo do duplo reservatório linear	S					
Poluentes em sarjetas	retenção superficial		SN	S			
Transporte dos poluentes nos colectores	Equação de transporte baseada: na lei de <i>Shields</i>					S	
	no método de <i>Arkers-White</i>		S				
	no método de <i>Vélikanov</i>	S					
	noutros métodos			S			
	transformação/decaimento de poluentes	N		S		S	
	equação de advecção	S	S		S	S	
equação de advecção-dispersão			S				
-	consideração de estruturas de sedimentação/tratamento			S			

O programa de drenagem urbana utilizado neste trabalho foi o SWMM, versão 5.1.

3 SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM - SWMM

3.1 Apresentação do software SWMM

O software Storm Water Management Model, SWMM, foi desenvolvido nos Estados Unidos, pela Agência de Proteção Ambiental, na década de setenta e foi sofrendo sucessivos melhoramentos durante mais de 30 anos (Butler e Davies, 2011).

Este simulador hidráulico consiste num modelo dinâmico que possibilita a simulação da quantidade e qualidade do escoamento superficial em áreas urbanas ou não urbanas, e no interior dos coletores. Para além disso, permite a simulação do comportamento hidráulico e hidrológico e o estudo da qualidade da água. É utilizado no planeamento e análise de projetos de sistemas de drenagem de águas pluviais, bem como para o projeto de sistemas de coletores de águas residuais (separativos, unitários ou mistos).

O modelo é usado na simulação de eventos singulares ou contínuos, através de dados reais de precipitação e/ou meteorológicos, assim como na caracterização física do sistema a modelar. Dependendo dos parâmetros de entrada e da rede de drenagem introduzidos no SWMM, o modelo simula a resposta a chuvadas de intensidade variável no tempo, a neve derretida, as perdas por infiltração, a evaporação, o escoamento superficial, as retenções e ainda a poluição para cada nó de entrada. É reconhecido por ser o programa comercial mais detalhado para estudos de águas pluviais, pois permite uma boa gestão ao nível das infraestruturas dos sistemas de drenagem, de forma a melhorar a sua operação e manutenção. Tem sido continuamente atualizado, sendo a versão 5.1 a mais recente.

O SWMM é um software que possibilita a realização de simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico, hidrológico e da qualidade da água em sistemas de drenagem através dos princípios que lhes são inerentes. Os modelos que o SWMM utiliza podem ser descritos sinteticamente como:

- Hidrograma unitário na estimativa do escoamento superficial;

-
- Fórmulas de Horton e Green-Ampt, bem como o número de escoamento (CN) do Soil Conservation Service, na modelação dos fenómenos hidrológicos;
 - Modelo Cinemático na descrição da propagação do escoamento superficial;
 - Modelo dinâmico completo (equações de Saint-Venant), modelo cinemático ou modelo difuso na caracterização da propagação do escoamento na rede de coletores;
 - Equações de potência, exponenciais ou de saturação na avaliação do acumular e arrastamento de poluentes no escoamento superficial.

O SWMM permite também uma integração com ferramentas auxiliares como o Excel, o SIG (Sistema de Informação Geográfica) e o CAD(Computer-Aided Design), permitindo assim uma automatização das componentes do modelo e edição das mesmas.

De acordo com o manual do SWMM (Rossman, 2010), a forma de simulação do comportamento de um sistema de drenagem pode ser dividida em quatro blocos principais:

- Bloco atmosférico, a partir do qual analisa a precipitação e os poluentes depositados sobre o solo. O SWMM utiliza um pluviómetro para representar a precipitação no sistema.
- Bloco do escoamento superficial, caracterizado pelas sub-bacias, recebe a precipitação proveniente do bloco atmosférico, sob a forma de chuva. Geram-se caudais de saída, em forma de infiltração para o bloco de água subterrânea e em forma de escoamento superficial para o bloco de transporte.
- Bloco de água subterrânea, recebe o bloco do escoamento superficial e transfere uma parte do escoamento para o bloco de transporte. O bloco de água subterrânea é modelado através da introdução de aquíferos no sistema.
- Bloco de transporte, contém uma rede de drenagem (coletores, caixas de visita, bombas) e unidades de armazenamento que transportam a água até aos canais de descarga e estações de tratamento. Os caudais de entrada neste bloco podem ser definidos pelo utilizador através de hidrogramas, provenientes do escoamento superficial ou caudais de águas residuais. Os componentes do bloco de transporte são os nós e os trechos.

Dependendo da modelação não é necessário que todos os módulos atrás descritos apareçam. do caso de estudo não estão necessariamente todos os blocos envolvidos em simultâneo.

3.1.1 Componentes físicos do SWMM

Para simular o comportamento dos sistemas de drenagem no SWMM, é necessário caracterizar fisicamente todas as infraestruturas existentes como se faz na figura abaixo, (figura 3.1). Descrevem-se de seguida os objetos utilizados no modelo.

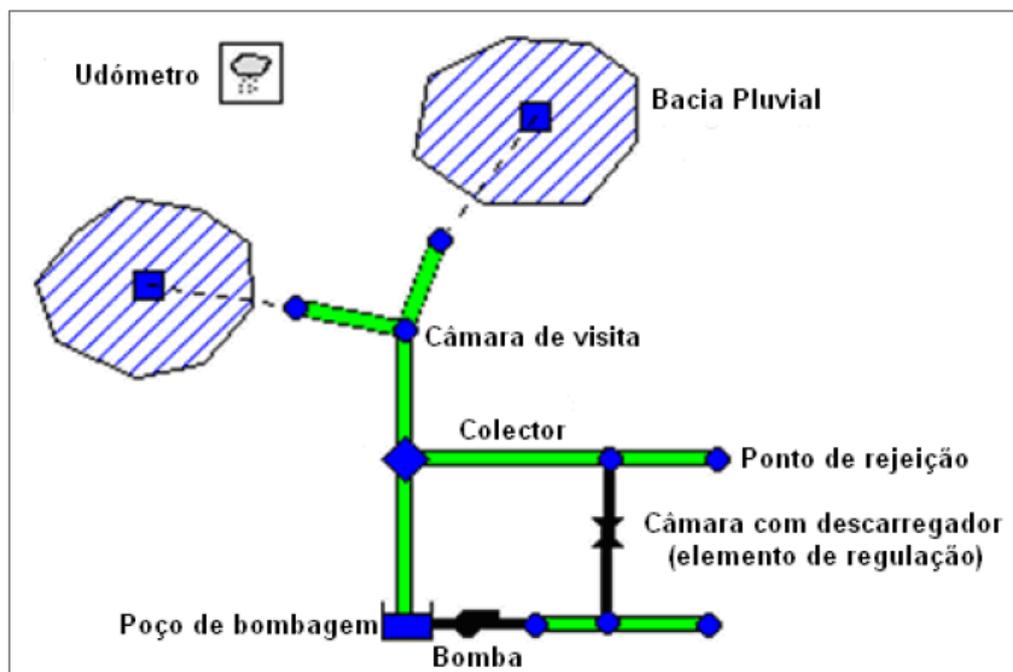


Figura 3.1 – Representação dos componentes físicos no modelo de um sistema de drenagem (adaptado de Rossman, 2008.)

Udómetro (Rain Gage) - O udómetro/pluviómetro é um equipamento que permite registar a precipitação pontual em qualquer ponto do território, podendo apresentar alguns erros de medição de precipitação, de diversas origens, nomeadamente defeitos do aparelho (reduz a quantidade de precipitação recolhida), evaporação, efeito do vento sobre as trajetórias da precipitação (pode dar lugar a um aumento ou redução), diferenças de área da superfície receptora, não horizontalidade desta superfície, estanqueidade imperfeita. As informações necessárias num udómetro no modelo são o tipo de dados de precipitação (intensidade de precipitação, volume, ou volumes acumulados), o intervalo de tempo dos dados (por exemplo, intervalos de 15 minutos), e a origem da série temporal (série temporal ou de arquivo externo).

Bacia pluvial (Subcatchments) - As bacias pluviais são unidades hidrológicas de terreno cuja topografia de terreno conduzem o escoamento para um único ponto de descarga. O

SWMM considera que as bacias se dividem em sub-bacias permeáveis e impermeáveis. As sub-bacias permeáveis dividem-se em sub-áreas permeáveis com armazenamento e sem armazenamento, enquanto as sub-bacias impermeáveis em sub-áreas com armazenamento. Em acontecimentos pluviosos a precipitação é armazenada e o escoamento superficial inicia-se quando a capacidade de armazenamento é excedida. O escoamento superficial irá ser encaminhado para os pontos de entrada da rede de drenagem.

Caixas de visita (Junctions) - No sistema de drenagem as caixas de visita são nós. As aflúências podem entrar no sistema de drenagem através das câmaras de visita e o excesso de água nas câmaras traduz que o sistema se encontra em carga. No SWMM, este excesso de água pode perder-se completamente do sistema de drenagem ou pode ficar estagnado na parte superior das câmaras de visita para posteriormente entrar de novo no sistema, no SWMM esta opção designa-se: *Allow Ponding*.

Colectores (Conduits) - Os colectores são representados por linhas entre nós. O SWMM possui várias geometrias definidas, desde condutas abertas e fechadas a canais com geometria irregular. Aplica-se a equação de Manning (Equação (5)) no coletor para expressar a relação entre o caudal (Q), raio hidráulico (Rh) e a perda de carga continua na conduta (J) tanto para canais abertos como para colectores fechados.

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (5)$$

Em que:

n - coeficiente de Manning.

Pontos de rejeição (Outfalls) - Os pontos de rejeição são as saídas de caudal do sistema de drenagem, isto é, são nós terminais do sistema que permitem definir as condições de fronteira entre a descarga e o meio receptor, com base no método da onda dinâmica para a propagação do escoamento. Para outros métodos de propagação do escoamento, os pontos de rejeição comportam-se como câmaras de visita.

Uma das restrições do programa SWMM é que apenas é possível conectar uma linha com um ponto de rejeição.

Reservatório (Storage Units) - Os reservatórios são nós no sistema com capacidade para armazenar determinados volumes de água. Normalmente os reservatórios estão situados entre o nó onde termina um coletor e uma estação elevatória. As principais características do reservatório são a cota de soleira, aflúências e forma geométrica do reservatório.

Descarregadores (Weirs) - No SWMM, os descarregadores são representados através de uma ligação entre dois nós (links), onde o descarregador se encontra adjacente ao nó de montante. O SWMM permite representar os 4 tipos de descarregadores, como se apresenta no quadro abaixo, Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Tipos de descarregadores do SWMM (adaptado de Rossman, 2008)

Tipo de descarregador	Secção transversal	Lei de vazão
Transversal	Retangular	$Q = C_W \cdot L \cdot h^{3/2}$
Descarga Lateral	Retangular	$Q = C_W \cdot L \cdot h^{5/3}$
Em V	Triangular	$Q = C_W \cdot S \cdot h^{5/2}$
Trapezoidal	Trapezoidal	$Q = C_W \cdot L \cdot h^{3/2} + C_{WS} \cdot S \cdot h^{5/2}$

Em que:

Q – Caudal descarregado(m³/s).

C_W – Coeficiente de vazão.

L – Comprimento do descarregador(m).

S – Declive das paredes do descarregador.

h – Carga sobre a soleira do descarregador (m).

C_{WS} – Coeficiente de vazão da zona lateral do descarregador trapezoidal.

3.1.2 Métodos computacionais no SWMM

O escoamento na rede de coletores no software SWMM é regido pelas equações de Saint Venant (equação da continuidade e equação da conservação da quantidade de movimento). Com base nas equações de Saint Venant, definem-se vários modelos de propagação de escoamento na rede de coletores, simplificados ou completos, de acordo com o tipo de análise pretendida. Os modelos usados pelo SWMM são: Modelo do Reservatório, Modelo Cinemático e Modelo Dinâmico.

Este *software* permite ao utilizador escolher entre três modelos para a simulação do escoamento: regime permanente, onda cinemática e onda dinâmica.

O modelo de regime uniforme representa a forma mais simples de transporte da realidade, para cada intervalo de tempo o escoamento é uniforme e permanente.

O modelo cinemático resolve a equação da continuidade juntamente com uma forma simplificada da equação da quantidade de movimento, em cada conduta. Este modelo não tem em consideração as curvas de regolfo, pelo que apenas pode ser utilizado para condutas com inclinações positivas.

O modelo dinâmico é o único que resolve as equações completas unidimensionais de Saint-Venant, logo é aquele que gera resultados mais precisos. Este modelo fornece ao utilizador o nível de água nos nós e no escoamento ao longo das condutas e pode ser utilizado em qualquer tipo de rede.

4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E DRENAGEM URBANA

4.1 Considerações gerais

A crescente complexidade dos problemas que se colocam à gestão técnica e operacional de infraestruturas tem feito crescer o interesse das entidades responsáveis pela adoção de novas tecnologias, nomeadamente no sentido da constituição de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Os SIG são uma ferramenta importante para armazenar, gerir, e analisar informação que necessite de ser georreferenciada. A vantagem de um SIG é a modulação da realidade com base em dados, e assume um papel de destaque na sociedade atual dado que são sistemas de informação desenhados para recolher, modelar, guardar, receber, partilhar, manipular, analisar e apresentar informação geograficamente referenciada.

Os SIG permitem incorporar a componente espacial a um modelo orientado por objetos, permitindo uma melhoria no planeamento e na gestão dos sistemas de redes públicas e facilitando uma evolução dos modelos geográficos em rede. Apresenta-se na Figura 4.1, um exemplo de uma funcionalidade desta tecnologia.

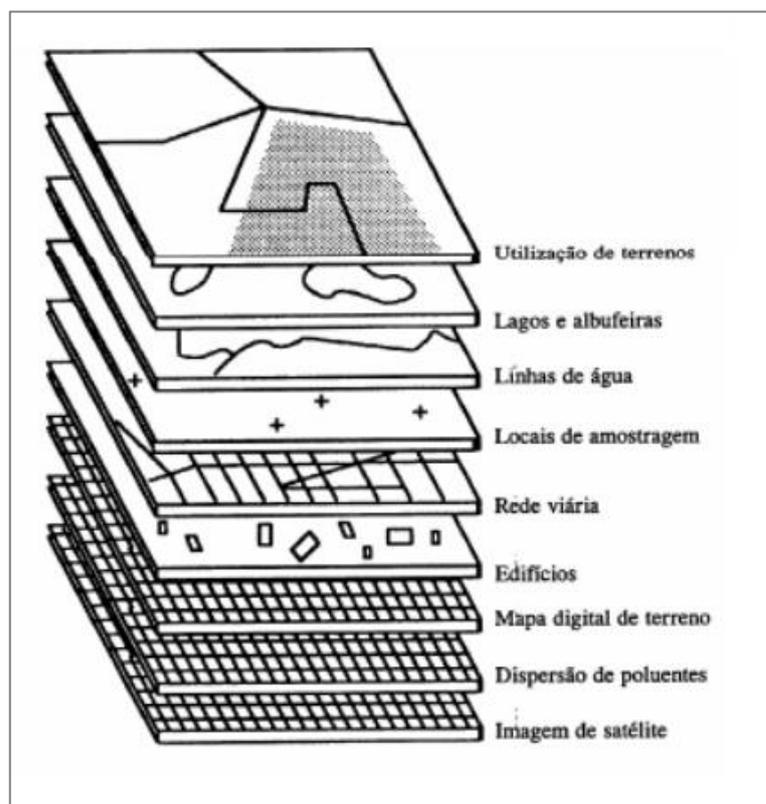


Figura 4.1 – Representação do conceito fundamental da análise espacial de um SIG(adaptado de Korte, 2001).)

A informação sobre as redes existente é muitas vezes escassa ou bastante desatualizada. São frequentes as vezes em que não existe informação primordial para a gestão das redes como por exemplo os diâmetros de válvulas, as cotas de soleira de câmaras de visita, o local exato de determinado órgão do sistema e o seu estado de funcionamento, entre outros. A organização do arquivo cartográfico é também difícil de gerir levando muitas vezes a que se tenha diferente informação de cadastro para certas zonas.

É pois de extrema importância que as entidades gestoras procedam à informatização do cadastro para uma gestão eficiente do sistema.

A utilização conjunta dos SIG e dos modelos de simulação ambientais deu-se a partir dos anos 80 do século XX. Enquanto os SIG se focam nas representações da localização, na distribuição espacial dos fenómenos/entidades geográficas e nas relações entre estas no espaço, geralmente representações de carácter estático, os modelos de simulação ambientais interessados nos estados do sistema, em balanços de massa e na conservação da energia, ou seja, focados em quantidades variáveis no tempo. No entanto, certamente com a ajuda dos SIG, e usando por exemplo modelos hidrológicos, estes poderão mais facilmente passar do

tratamento 1D das bacias de drenagem para uma abordagem de parâmetros espacialmente distribuídos.

De acordo com Shamsi, (2005), a integração de modelos de simulação hidrológica e hidráulica dentro do software SIG é o método que representa o relacionamento mais próximo entre as duas tecnologias, e fornece a base para um sistema de suporte à decisão para uma gestão efetiva dos sistemas de drenagem urbana.

Existem vários softwares que permitem trabalhar com SIG, como por exemplo o ArcGIS, o QGIS, o GeoMedia e o Smallworld GIS.

Segundo *Water Environment Federation* (2004), os técnicos optam, cada vez mais, pela utilização de soluções SIG para executarem diversas funções, tais como:

- actividades de avaliação fiscal;
- registos de clientes e serviços;
- planeamento, ordenamento e gestão da propriedade;
- modelação;
- planeamento ambiental;
- gestão de activos e infra-estruturas;
- reabilitação dos sistemas de infra-estruturas.

Neste trabalho explorou-se a potencialidade de dois exemplos de software de SIG na integração do software de modelação hidrológica e hidráulica SWMM, descrito no capítulo anterior.

4.1.1.1 ArcGIS

O ArcGIS é um sistema de informação que permite recolher, organizar, gerir, e analisar a distribuição da informação geográfica. Este sistema foi desenvolvido pela ESRI sendo utilizado de forma generalizada para a criação, manipulação e utilização de informação geográfica, sendo esta disponibilizada para computadores, tablets ou smartphones.

As aplicações ArcGIS para o terreno ajudam a utilizar o poder da localização para melhorar a coordenação e obter eficiências operacionais nas atividades das equipas no terreno. Estas permitem reduzir ou até eliminar a dependência do papel, assegurando assim que todos os colaboradores, no terreno ou escritório, utilizando os mesmos dados o que leva a menos erros, aumenta a produtividade e ainda poupa dinheiro.

O Survey123 for ArcGIS é uma das aplicações para o computador ou smartphone do ArcGIS. Trata-se de uma aplicação simples, baseada em formulários para a recolha de dados SIG, como se representa na figura 4.2. Os dados recolhidos ficam imediatamente disponíveis na Plataforma ArcGIS.

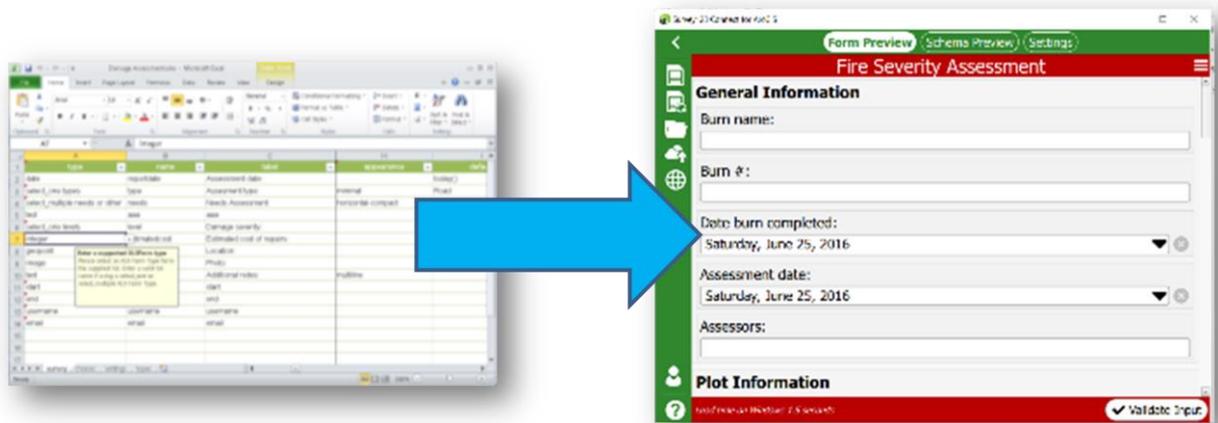


Figura 4.2 – Representação da criação de formulário e interface do Survey123.

5 METODOLOGIA

5.1 Caso de estudo

A zona de estudo localiza-se na bacia hidrográfica do rio Mondego, em São Pedro da Gala, Figueira da Foz, e abrange zonas da Cova, São Pedro e Gala. Trata-se de uma área de aproximadamente de 7,1 km², com 2910 habitantes(censos de 2011) e com uma densidade de 415,1hab/km² . Na Figura 5.1 apresenta-se a da zona de estudo.



Figura 5.1 – Localização da zona do caso de estudo, assinalada a vermelho(adaptado do Google Maps, 2017)

Segundo as ÁGUAS DA FIGUEIRA, S.A., empresa concessionária dos Sistemas de Captação, Tratamento e Distribuição de Água e de Recolha, Transporte e Tratamento dos

Efluentes do Concelho da Figueira da Foz, a qualidade das águas residuais tratadas varia entre o regular e o bom, mas não é incomum que os habitantes relatem "mau cheiro" na zona. Registam-se frequentemente elevadas cargas de matéria orgânica(CBO₅), elevadas cargas de azoto nas análises periódicas.

De acordo com a Diretiva-Quadro da Água, Lei da Água e Portaria nº128/2009 de 19 de Outubro, e o Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos Rios Vouga, Mondego e Lis, (PGBH), de Setembro de 2016, espera-se que em 2021 a qualidade da água e potencial de massa seja de bom ou superior.

Existe uma rede pluvial gerida pela Câmara Municipal da Figueira da Foz e uma rede residual separativa gerida pelas Águas da Figueira S.A. Entre elas verificaram-se ligações num trecho na rua marginal ao braço Sul do rio Mondego. À ETAR acabam por convergir as águas residuais domésticas, industriais e pluviais.

As Águas da Figueira apresentam uma enorme dispersão de informação existente o que resulta num cadastro para a rede de drenagem residual bastante incompleto e confuso. Para a rede de drenagem pluvial, não existe qualquer tipo de registo cadastral.

A ETAR urbana de São Pedro encontra-se em serviço desde 2002, tendo sido dimensionada para 3000 habitantes, descarrega para o meio recetor em águas de transição, com um grau de tratamento secundário. Existe uma estação elevatória no troço da ETAR, e antes deste troço há várias ligações a uma bacia que tem como ligações vários vasos comunicantes ao rio.

No quadro seguinte apresentam-se alguns caudais afluentes.

Quadro 5.1– Caudais registados na ETAR de São Pedro (ÁGUAS DA FIGUEIRA, S.A., 2017)

Ano	Caudal médio diário (m3/dia)	Caudal máximo anual (m3/dia)
2009	540.67	1924
2010	857.98	2032
2011	676.80	1700
2012	603.89	1498
2013	664.36	2295
2014	988.30	2295
2015	816.54	2043

O caudal afluente à ETAR é maioritariamente proveniente de águas residuais urbanas e/ou industriais que existem na zona. Contudo, em tempo húmido, verifica-se uma elevada afluência do caudal de água residual. A capacidade hidráulica da ETAR é muitas vezes ultrapassada quer em período de descarga industrial quer em tempo de intensa pluviosidade ou de ambos como pode ser analisado a partir dos registos de caudais diários na ETAR. Verifica-se que para os períodos de tempo seco se ultrapassam muitas vezes os valores médios anuais registados que mostram a importância das descargas industriais. Na Figura 5.2, exemplifica-se a situação para o mês de Julho de 2015.

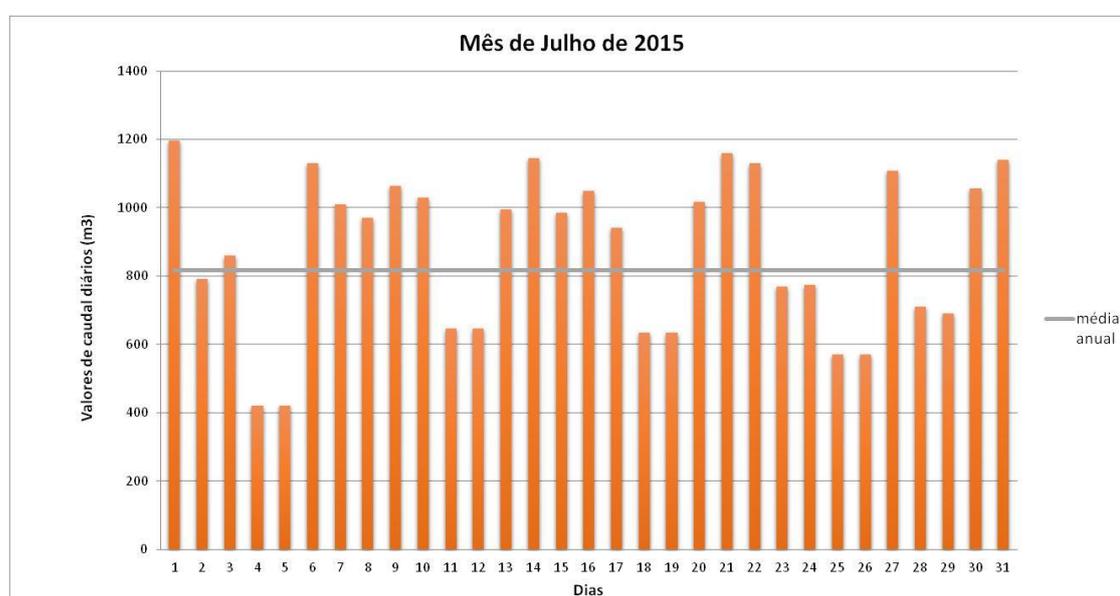


Figura 5.2 – Representação dos caudais diários registados na ETAR para o mês de Julho de 2015, e do valor médio anual dos caudais para o ano de 2015 na ETAR.

Esta transposição do valor médio anual de caudal registado na ETAR indica também que existem afluências indevidas na rede. Estas fazem aumentar o volume de águas entregues a tratamento, o arrastamento de solos, causando problemas operacionais e estruturais à rede de drenagem, e consequentemente o incremento dos custos operacionais.

Na inspeção in situ, revelaram-se alguns entraves que impossibilitam a obtenção de todos os elementos do traçado. Exemplo disso são algumas caixas de visita completamente cheias de sedimentos, e ainda outras com tampa totalmente danificadas que não foram possíveis de

abrir. É de referir que se encontraram ligações entre os sistemas de águas pluviais e residuais no troço paralelo ao rio.

5.2 Construção do modelo

Como já foi referido, os modelos de simulação de sistemas de drenagem, como o software SWMM, têm uma necessidade significativa de dados, que em geral, se encontram no cadastro da entidade gestora. No entanto, construir o ficheiro de dados do modelo de simulação com base no cadastro é uma tarefa morosa, e sujeita a erros principalmente se for efetuado de forma manual.

A criação de uma base de dados do cadastro com uma estrutura adequada pode permitir uma fácil automatização do processo. Nestas circunstâncias a entidade gestora só se terá que preocupar em atualizar uma única base de dados e deixa de ter necessidade de atualizar, por um lado, o cadastro, e do outro o ficheiro de dados do modelo.

Com objetivo de se efetuar a ligação, entre o cadastro e o modelo de simulação SWMM, é necessário um conjunto de etapas. Tais como:

- identificação das opções de simulação;
- desenvolvimento da interface dos atributos;
- criação do ficheiro topológico.

5.2.1 Identificação das opções de simulação

Como primeiro passo da integração do ArcGis no SWMM, é necessário identificar as diversas opções de simulação possíveis. Deveram ponderar-se os seguintes pontos:

- as unidades utilizadas para definir o caudal, entre as possíveis, m³/s, l/s ou 1000 l/dia;
- os modelos de infiltração nas bacias de drenagem, entre eles, os modelos de *Horton*, de *Green* e *Ampt*, e do *SCS*;
- a escolha ou não da opção *Allow Ponding*.
- a opção *elevation* ou *depth*;
- os modelos de propagação do escoamento nos coletores, , modelo do reservatório, modelo cinemático ou modelo dinâmico;

5.2.2 Desenvolvimento da interface dos atributos

Para a representação conceptual do sistema de drenagem foi necessário definir um conjunto de objetos que permitem descrever as características físicas detalhadas de todos os componentes da rede, caixas de visita, coletores e descarregadores de tempestade. A definição deste conjunto de objetos possibilita que o modelo SWMM, através dos algoritmos que lhe são inerentes, modele a hidrodinâmica do escoamento.

A todos os elementos estavam associadas as respetivas coordenadas, inseridas automaticamente da passagem do GIS para o SWMM como X-Coordinate e Y-Coordinate, mas a alguns faltavam outras informações cadastrais essenciais, como por exemplo cotas de soleira das câmaras de visita, a profundidade de algumas câmaras de visita, cotas de soleira dos coletores, a extensão dos coletores, o diâmetro nominal e o material constituinte de cada coletor. Devido a estas falhas de informação, foi necessário estimar certos valores. Nos próximos subcapítulos descrevem-se com pormenor todos estes elementos.

As unidades utilizadas no SWMM foram as unidades métricas do Sistema Internacional, pelo que se teve o cuidado de proceder à conversão das unidades no ficheiro topológico sempre que as unidades do cadastro não coincidiam com as do SWMM. No quadro 5.2, figuram as unidades utilizadas pelo SWMM.

Quadro 5.2 - Unidades utilizadas no SWMM.

Elemento	Unidades SI
Área da bacia	ha
Área do poço	m ²
Área superficial	m ²
Constante de decaimento	1/h
Altura	m
Diâmetro	m
Cota altimétrica	m
Escoamento	m ³ /s
Comprimento	m
Coefficiente de Manning	s/m ^{1/3}
Declive da bacia	%
Declive do colector	-
Volume	m ³ /s
Largura característica da bacia	m

5.2.2.1 Caixas de visita

Para as caixas de visita representadas no SWMM como "junctions" nas quais faltava informação, definiu-se a profundidade (Max. Depth) e a cota de soleira (Invert Elevation). Para estimar a profundidade de algumas das câmaras de visita em falta, calculou-se a diferença entre a cota do terreno e a cota de entrada da câmara.

No quadro 5.3 representam-se os elementos existentes e aqueles que foram carregados para as caixas de visita onde o cadastro tinha mais informação para os mesmos.

Quadro 5.3 - Atributos carregados numa câmara de visita.

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Name</i>	IPID	-
<i>X-Coordinate</i>	Coordenada M	-
<i>Y-Coordinate</i>	Coordenada P	-
<i>Invert Elevation</i>	Cota soleira	-
<i>Max. Depth</i>	Profundidade soleira	-
<i>Initial Depth</i>	-	Altura inicial
<i>Surcharge Depth</i>	-	Altura adicional
<i>Ponded Area</i>	-	Área superficial
<i>Inflows:</i>		<i>Afluências:</i>
<i>Parameter</i>	-	Tipo de parâmetro
<i>Average Value</i>	-	Valor médio
<i>Time Patterns</i>	-	Padrão de tempo

Segue-se a descrição destes atributos:

IPID: atributo para identificar a câmara de visita;

Coordenadas X e Y: atributo para a localização da câmara (Coordenada M e P);

Cota soleira: campo para atribuição da cota de fundo da câmara de visita (m);

Profundidade soleira: campo para atribuição da profundidade de soleira da câmara de visita (m), isto é, a diferença entre a cota da tampa e a cota de soleira;

Altura inicial: campo de atribuição da altura inicial da água na caixa no início da simulação (m);

Altura adicional: campo para atribuição da altura adicional de água além da altura máxima que é permitida antes da inundação no nó (m); este parâmetro pode ser usado para simular as tampas aparafusadas;

Área superficial: campo para atribuição da área da zona inundada.

Tipo de parâmetro: campo respectivo às afluências; neste campo atribui-se o tipo de afluência, no caso de estudo foi água;

Valor médio: campo de atribuição do caudal médio medido nesse ponto;

Padrão de tempo: campo para atribuição dos valores da relação entre o caudal nesse ponto e o caudal médio.

5.2.2.2 Coletores

A conceptualização dos coletores no SWMM é feita através de “links”, particularmente pela entidade “conduits”. A partir do cadastro, para todos eles havia informação do IPID, correspondente ao Name no SWMM, o seu comprimento, o seu diâmetro, a cota de montante e cota de jusante. Teve-se de definir para todos eles o coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler (Roughness), as câmaras de visita a montante (Inlet Node) e a jusante (Outlet Node), a diferença de alturas entre a cota de soleira de montante e de jusante da câmara de visita de entrada (Inlet Offset) e saída do coletor (Outlet Offset).

Descrevem-se de seguida atributos pertencentes ao SWMM para os coletores:

IPID: atributo para identificar o coletor;

Tipo de secção: campo para se escolher a secção transversal do coletor entre as diversas que existem pré-definidas e colocar as suas dimensões (m);

Comprimento do coletor: indica o comprimento do coletor (m);

Válvula de retenção/maré: atributo para a escolha da existência ou não de um dispositivo que serve para impedir a inversão do sentido do fluxo no coletor;

Coefficiente de *Manning*: campo de atribuição de um coeficiente da forma de perda de carga de uma entidade, que exprime o efeito de rugosidade do material, no cálculo da perda de carga contínua;

Cota montante: campo de atribuição da cota de entrada do coletor (m);

Cota jusante: campo de atribuição da cota de saída do coletor (m).

5.2.2.3 Descarregador de tempestade

O descarregador de tempestade no SWMM, é definido no SWMM como "weir". Definiu-se como sendo um descarregador transversal, de secção retangular, com uma altura de 0.8m, e um comprimento de 4 metros. Para este tipo de descarregador, o software recomenda a utilização de um coeficiente de descarga de 1.84 . No quadro 5.4, representam-se os elementos que o cadastro já tinha e os que foram carregados.

Quadro 5.4 - Atributos carregados no descarregador de tempestade.

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Name</i>	IPID	-
<i>X-Coordinate</i>	Coordenada M	-
<i>Y-Coordinate</i>	Coordenada P	-
<i>Flap Gate</i>	-	-
<i>Type:</i>	-	Tipo de descarregador:
<i>TRANSVERSE</i>	-	Transversal rectangular
<i>SIDEFLOW</i>	-	Lateral rectangular
<i>V-NOTCH</i>	-	Triangular
<i>TRAPEZOIDAL</i>	-	Trapezoidal
<i>Height</i>	-	Altura livre
<i>Inlet Offset</i>	-	Cota de soleira
<i>Inlet Node</i>	Nó inicial	-
<i>Outlet Node</i>	Nó final	-
<i>Discharge Coeff.</i>	-	Coefficiente de vazão
<i>End Coeff.</i>	-	Coefficiente de escoamento
<i>End Contractions</i>	-	Número de contrações
<i>Length</i>	-	Comprimento mureto
<i>Side Slope</i>	-	Declive parede lateral
<i>Inlet Juction:</i>		Câmara de Montante:
<i>Invert Elevation</i>	-	Cota de soleira Montante
<i>Max. Depth</i>	-	Profundidade à soleira Montante
<i>Parameter</i>	-	Tipo de parâmetro Montante
<i>Average Value</i>	-	Valor médio Montante
<i>Time Patterns</i>	-	Padrão de tempo Montante

Quadro 5.4 - Atributos carregados no descarregador de tempestade-continuação.

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Outlet Junction:</i>		Câmara de Jusante:
<i>Invert Elev.</i>	-	Cota de soleira Jusante
<i>Max. Depth</i>	-	Profundidade à soleira Jusante
<i>Parameter</i>	-	Tipo de parâmetro Jusante
<i>Average Value</i>	-	Valor médio Jusante
<i>Time Patterns</i>	-	Padrão de tempo Jusante

Segue-se a descrição dos atributos para o descarregador de tempestade:

IPID: atributo para identificar a câmara com descarregador;

Coordenadas X e Y: atributo para a localização da câmara (Coordenada M e P);

Válvula de maré: atributo para a escolha da existência ou não de um dispositivo que serve para impedir a inversão do sentido do fluxo no coletor;

Tipo de descarga: campo de atribuição do tipo de descarga (transversal retangular, triangular, lateral retangular ou trapezoidal);

Altura livre: indica a altura livre (m), e é determinado a partir da diferença entre o diâmetro e altura de descarga;

Cota de soleira: campo para atribuição da cota de fundo da câmara com descarregador (m);

Coefficiente de vazão: campo para a atribuição do coeficiente de vazão sendo este coeficiente adimensional uma vez que é a razão entre a descarga observada e a descarga teórica;

Comprimento do murete: campo para atribuição do comprimento do murete do descarregador (m);

Declive parede lateral: campos para atribuição do declive das paredes laterais, caso não sejam verticais.

5.2.2.4 Ponto de rejeição

Na representação da ETAR, o ponto terminal do sistema de drenagem, no SWMM representou-se como um "outfall node". No quadro 5.5, representam-se os elementos atribuídos.

Quadro 5.5 - Atributos carregados no ponto de rejeição.

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Name</i>	IPID	-
<i>X-Coordinate</i>	Coordenada M	-
<i>Y-Coordinate</i>	Coordenada P	-
<i>Invert Elevation</i>	-	Cota de descarga
<i>Inflow:</i>	-	Afluências:
<i>Parameter</i>	-	Tipo de parâmetro
<i>Average Value</i>	-	Valor médio
<i>Time Patterns</i>	-	Padrão de tempo
<i>Type:</i>	-	Tipo de descarga:
<i>FREE</i>	-	Livre
<i>Time Series</i>	-	Parâmetro de descarga
<i>Tide Gate</i>	-	Com válvula a montante

Descrevem-se os atributos para o ponto de rejeição:

IPID: atributo para identificar o ponto de rejeição;

Coordenadas X e Y: atributo para a localização do ponto de rejeição (Coordenada M e P);

Tipo de descarga: campo atribuído ao tipo de descarga, nesta dissertação utilizou-se a descarga livre;

Tipo de parâmetro: campo respetivo às afluências, onde se atribui o tipo de afluência, nesta dissertação utilizou-se água;

Valor médio: campo de atribuição do caudal médio medido nesse ponto;

Padrão de tempo: campo para atribuição dos valores da relação entre o caudal nesse ponto e o caudal médio.

5.2.2.5 Bacias Pluviais

As bacias pluviais, representadas no SWMM como Subcatchment, não figuravam no cadastro pelo que foi necessário criá-las. Os seus atributos foram carregados como se ilustra com a no quadro 5.6.

Quadro 5.6 - Atributos carregados às bacias pluviais.

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Name</i>		IPID
<i>X-Coordinate</i>	-	Coordenada M
<i>Y-Coordinate</i>	-	Coordenada P
<i>Rain Gage</i>	-	Udómetro entrada
<i>Outlet</i>	-	Caixa de saída
<i>Area</i>	-	Área da bacia
<i>Width</i>	-	Largura da bacia
<i>% Slope</i>	-	Declive da bacia
<i>% Imperv</i>	-	Percentagem de área impermeável
<i>N-Imperv</i>	-	Coefficiente de <i>Manning</i> para a área impermeável
<i>N-Perv</i>	-	Coefficiente de <i>Manning</i> para a área permeável
<i>Dstore-Imperv</i>	-	Altura sobre a área impermeável
<i>Dstore-Perv</i>	-	Altura sobre a área permeável
<i>%Zero-Imperv</i>	-	Percentagem área impermeável zero
<i>Subarea Routing</i>	-	Tipo de escoamento
<i>Percent Routed</i>	-	Percentagem de escoamento

Descrevem-se de seguida os atributos para as bacias pluviais:

IPID: atributo para identificar a bacia pluvial;

Coordenadas X e Y: atributo para a localização do centróide da bacia (Coordenada M e P do centróide);

Udómetro entrada: atributo para identificar o udómetro que está associado à precipitação de entrada na bacia;

Área da bacia: atributo que indica a área total da bacia (ha);

Largura da bacia: campo para atribuição da largura característica da bacia (m), obtido a partir da relação entre a área da bacia e a máxima distância da bacia, distância esta que é medida entre o ponto mais afastado da descarga e a própria descarga;

Declive da bacia: campo para atribuição do declive da bacia (%);

Porcentagem de área impermeável: campo para atribuição da percentagem da área impermeável (%);

Coefficiente de *Manning* para a área impermeável: campo para atribuição de um coeficiente da fórmula da perda de carga da área impermeável, que exprime o efeito da rugosidade do terreno;

Coefficiente de *Manning* para a área permeável: campo para atribuição de um coeficiente da fórmula da perda de carga da área permeável, que exprime o efeito da rugosidade do terreno;

Altura sobre a área impermeável: campo para atribuição da altura de armazenamento sobre a área impermeável da bacia (mm);

Altura sobre a área permeável: campo para atribuição da altura de armazenamento sobre a área permeável da bacia (mm);

Porcentagem área impermeável zero: campo para atribuição da área impermeável sem armazenamento;

Tipo de escoamento: campo para a atribuição do percurso do escoamento segundo as subáreas permeáveis e impermeáveis.

- IMPERV: escoamento da área permeável para a área impermeável;
- PERV: escoamento da área impermeável para a área permeável;

- **OUTLET:** escoamento de ambas as áreas diretamente para a saída.

Percentagem de escoamento: campo para atribuição da percentagem da enchente que rodeia as sub-bacias;

Modelo de infiltração: campo para escolher entre os três modelos de infiltração (Modelo de Horton, Modelo de Green e Ampt e Modelo do Soil Conservation Service).

5.2.2.6 Grupo eletrobomba

O grupo eletrobomba foi criado de acordo com o que se representa no quadro 5.7.

Quadro 5.7 - Atributos carregado ao grupo electrobomba.

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Name</i>	IPID	-
<i>X-Coordinate</i>	Coordenada M	-
<i>Y-Coordinate</i>	Coordenada P	-
<i>Inlet Node</i>	Nó inicial	-
<i>Outlet Node</i>	Nó final	-
<i>Initial Status (ON, OFF)</i>	-	Estado inicial (ON, OFF)
<i>Startup Depth</i>	-	Cota de arranque (m)
<i>Shutoff Depth</i>	-	Cota de paragem (m)
<i>Pump Curve</i>	-	Nome da curva

Segue-se a descrição dos atributos ao grupo eletrobomba:

IPID: atributo para identificar a bomba;

Coordenadas X e Y: atributo para a localização da bomba (Coordenada M e P);

Estado inicial: campo para escolher o estado inicial da bomba, em operação ou parada;

Cota de arranque: campo para atribuição do nível da água a partir do qual a bomba entra em funcionamento (m), normalmente coloca-se zero e é introduzida nas regras de controlo da bomba;

Cota de paragem: campo para atribuição do nível da água a partir do qual a bomba para de funcionar (m), normalmente coloca-se zero e é introduzida nas regras de controlo da bomba;

Nome da curva: campo de atribuição da curva característica dos grupos.

5.2.2.7 Poço de bombagem

O poço de bombagem, que diz respeito ao recinto da estação elevatória que existe no troço da ETAR não estava definido no cadastro, pelo que foi necessário criá-lo. Os seus atributos foram carregados como se ilustra com o quadro 5.8.

Quadro 5.8- Atributos carregados ao poço de bombagem.

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Inflows:</i>	-	Afluências:
<i>Parameter</i>	-	Tipo de parâmetro
<i>Average Value</i>	-	Valor médio
<i>Time Patterns</i>	-	Padrão de tempo
<i>Evap. Factor</i>	-	Factor de evaporação
<i>Shape Curve Functional:</i>	-	Tipo de poço
<i>Coeff</i>	-	Coefficiente (A)
<i>Exponent</i>	-	Expoente (B)
<i>Constant</i>	-	Constante (C)
<i>StorageCurve Tabular</i>	-	Nome da curva

Quadro 5.8- Atributos carregados ao poço de bombagem-continuação.

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Inflows:</i>	-	Afluências:
<i>Parameter</i>	-	Tipo de parâmetro
<i>Average Value</i>	-	Valor médio
<i>Time Patterns</i>	-	Padrão de tempo
<i>Evap. Factor</i>	-	Factor de evaporação
<i>Shape Curve Functional:</i>	-	Tipo de poço
<i>Coeff</i>	-	Coefficiente (A)
<i>Exponent</i>	-	Expoente (B)
<i>Constant</i>	-	Constante (C)
<i>StorageCurve Tabular</i>	-	Nome da curva

Segue-se a descrição dos atributos ao poço de bombagem:

IPID: atributo para identificar do poço;

Coordenadas X e Y: atributo para a localização do poço (Coordenada M e P);

Cota soleira: campo para atribuição da cota de soleira do poço (m);

Profundidade soleira: campo para atribuição da profundidade de soleira do poço (m);

Altura inicial: campo de atribuição da altura da água no poço no início da simulação (m);

Área superficial: campo para atribuição da área da zona inundada (m²), no respectivo caso de estudo não foi utilizado porque se optou pela função *Allow Ponding*;

Tipo de parâmetro: campo respectivo às afluências, onde se atribui o tipo de afluência, que no caso de estudo foi água;

Valor médio: campo de atribuição do caudal médio medido nesse ponto;

Padrão de tempo: campo para atribuição dos valores da relação entre o caudal nesse ponto e o caudal médio;

Tipo de poço: forma geométrica do poço de bombagem.

5.2.2.8 Udómetro

No cadastro a entidade udómetro, representada no SWMM como Raincage, não estava definida pelo que se tiveram de criar todos os seus atributos, que estão representados no quadro 5.9.

Quadro 5.9- Atributos carregados ao udómetro

ATRIBUTOS SWMM	ATRIBUTOS DA SOLUÇÃO DE SIG	
	ATRIBUTOS EXISTENTES	ATRIBUTOS CARREGADOS
<i>Name</i>	-	IPID
<i>X-Coordinate</i>	-	Coordenada M
<i>Y-Coordinate</i>	-	Coordenada P
<i>Rain Format</i>	-	Tipo de dados
<i>Rain Interval</i>	-	Intervalo
<i>Data Source</i>	-	Fonte de dados

Segue-se a descrição destes atributos:

IPID: atributo para identificar o udómetro;

Coordenadas X e Y: atributo para a localização do udómetro nas coordenadas M e P;

Tipo de dados: atributo para caracterizar a intensidade da precipitação (precipitação média em milímetros/hora ou polegadas/hora durante um intervalo.), o volume (volume de precipitação que caiu num intervalo em milímetros) ou o volume acumulado (precipitação acumulada que ocorreu desde o início da última série de valores não nulos, em milímetros);

Intervalo: campo para a identificação do intervalo de tempo dos dados (por exemplo, horários de 15 minutos, etc.);

Fonte de dados: campo para a identificação da origem dos dados da precipitação (série temporal ou de arquivo externo).

5.2.3 Condição de fronteira do sistema

Dado que a rede estudada se situa junto a uma zona costeira, para estabelecer a condição de fronteira, considerou-se no ponto de descarga o efeito das marés para o período onde se registou a maior afluência de caudal à ETAR. Na Figura 5.3, indicam-se os máximos e mínimos dos níveis de maré, baixa-mar e preia-mar para o período de análise deste estudo compreendido entre 16 de Março de 2016 a 20 de Abril de 2016, registados pelo instituto hidrográfico para o porto da Figueira da Foz.

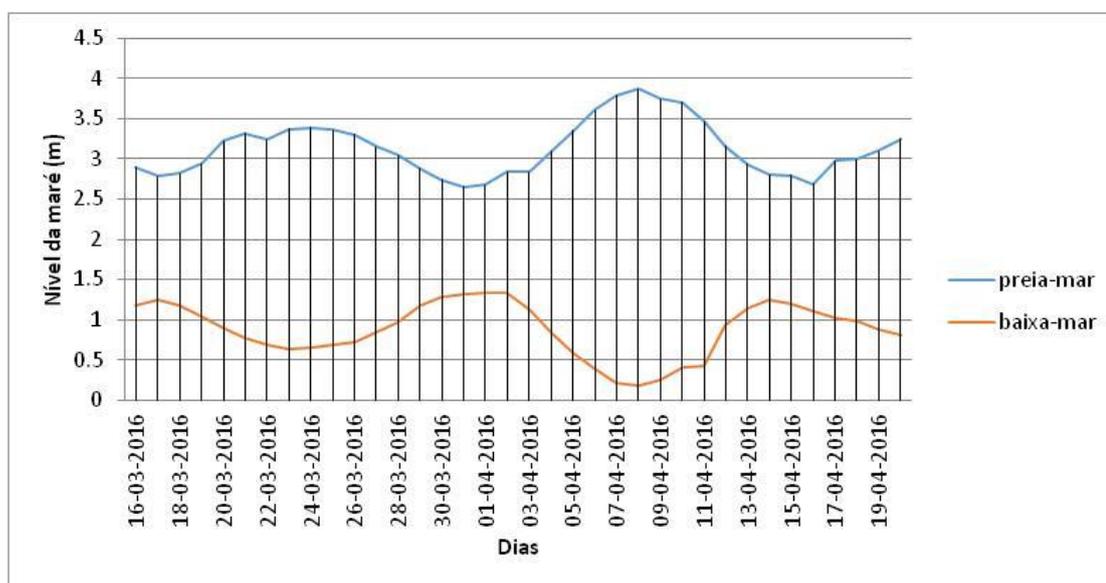


Figura 5.3 – Representação dos níveis de maré máximos e mínimos diários para o período de estudo .

5.2.4 Dados da precipitação

As circunstâncias em que decorrem as medições da precipitação são importantes para os utilizadores dos dados obtidos, uma vez que estas medições podem ser influenciadas pelo vento ou topografia, sendo relevante o ambiente em que elas decorrem. Para maior fiabilidade dos dados obtidos devem utilizar-se os mesmos critérios e o mesmo tipo de medidores ao longo da rede. Os dados de precipitação para este estudo foram obtidos a partir de 3 udómetros de recipiente basculante, localizados em 3 sítios diferentes perto do local do estudo.

Udómetros, também designados por sensores da precipitação ou pluviómetros, são instrumentos destinados a medir a precipitação na forma líquida, acumulada num intervalo de tempo pré-estabelecido. Fornecem estimativas pontuais da precipitação nos locais onde se encontram instalados, sendo necessárias metodologias de interpolação para interpretação dos resultados no contexto da região geográfica onde se inserem. Estes devem obedecer a algumas regras de modo a evitar a adulteração da medição, particularmente no que se refere à proteção dos instrumentos para evitar ao máximo, que por exemplo o vento, interfira na quantidade de precipitação recolhida. Qualquer alteração seja do local ou altura de instalação, pode provocar heterogeneidades nas séries temporais de precipitação.

Apresenta-se nas figuras seguintes, Figura 5.4, Figura 5.5, e Figura 5.6, os dados obtidos dos 3 udómetros utilizados no estudo.

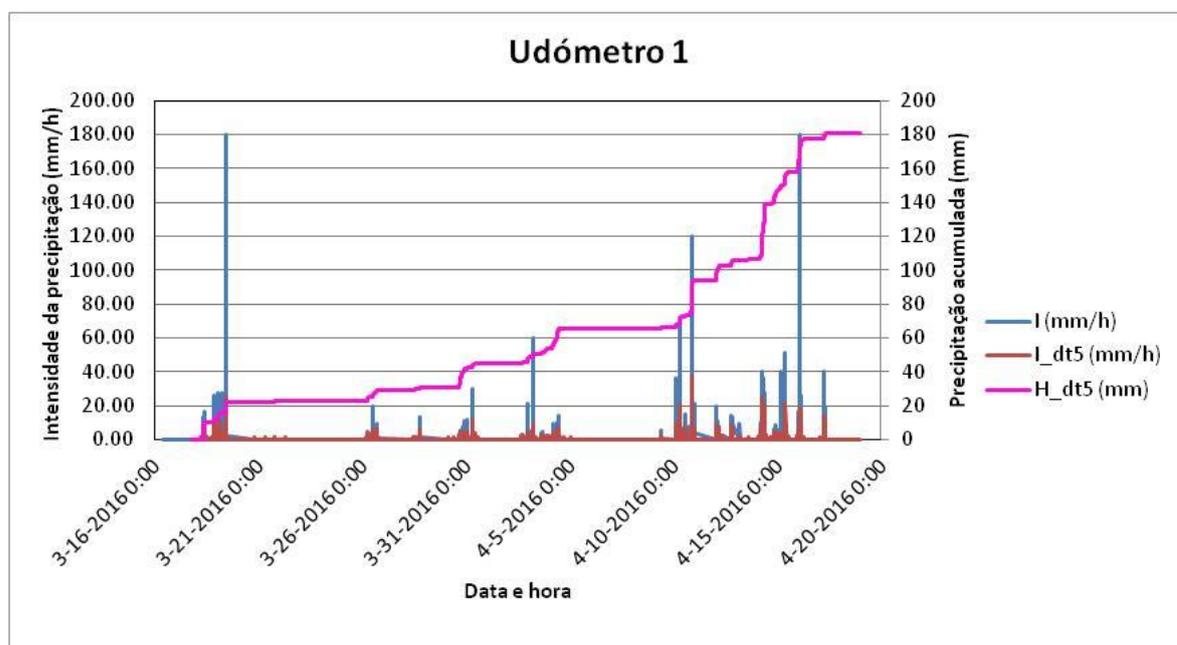


Figura 5.4 – Representação dos dados da precipitação, intensidade de precipitação e precipitação acumulada, no udómetro 1 para o período do estudo.

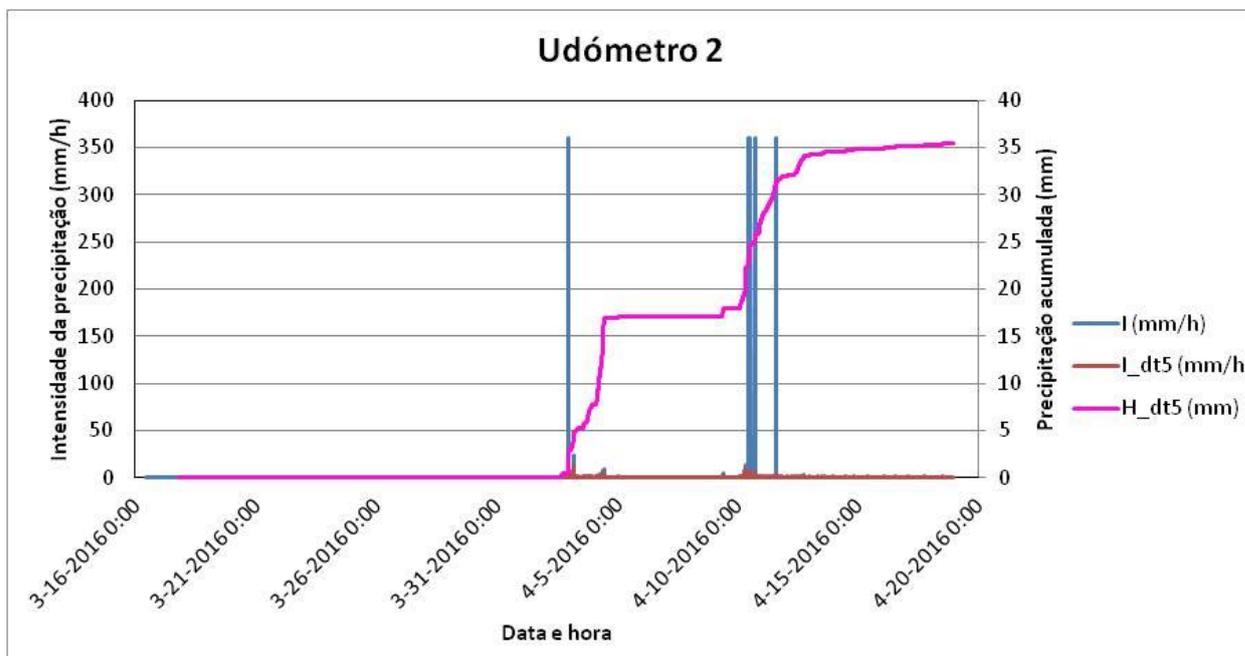


Figura 5.5 – Representação dos dados da precipitação, intensidade de precipitação e precipitação acumulada, no udómetro 2 para o período do estudo.

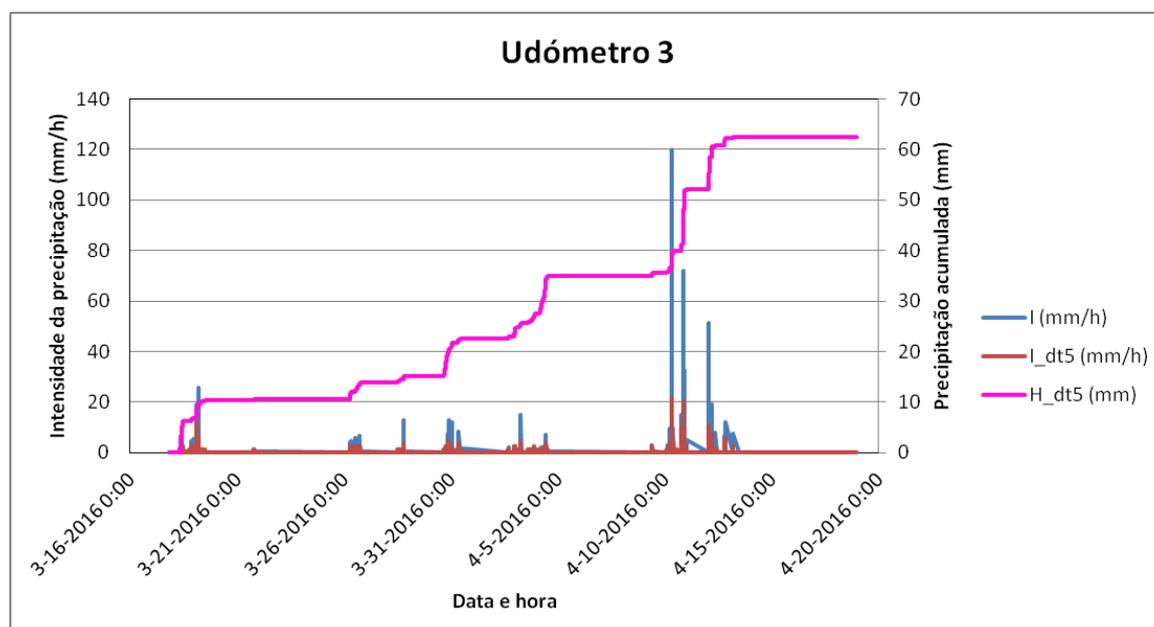


Figura 5.6 – Representação dos dados da precipitação, intensidade de precipitação e precipitação acumulada, no udómetro 3 para o período do estudo.

Na figura representada abaixo, Figura 5.7, representa-se a sobreposição dos dados de precipitação, com um intervalo de 5 minutos para os udómetros colocados para o estudo, e o udómetro localizado na ETAR de São Pedro.

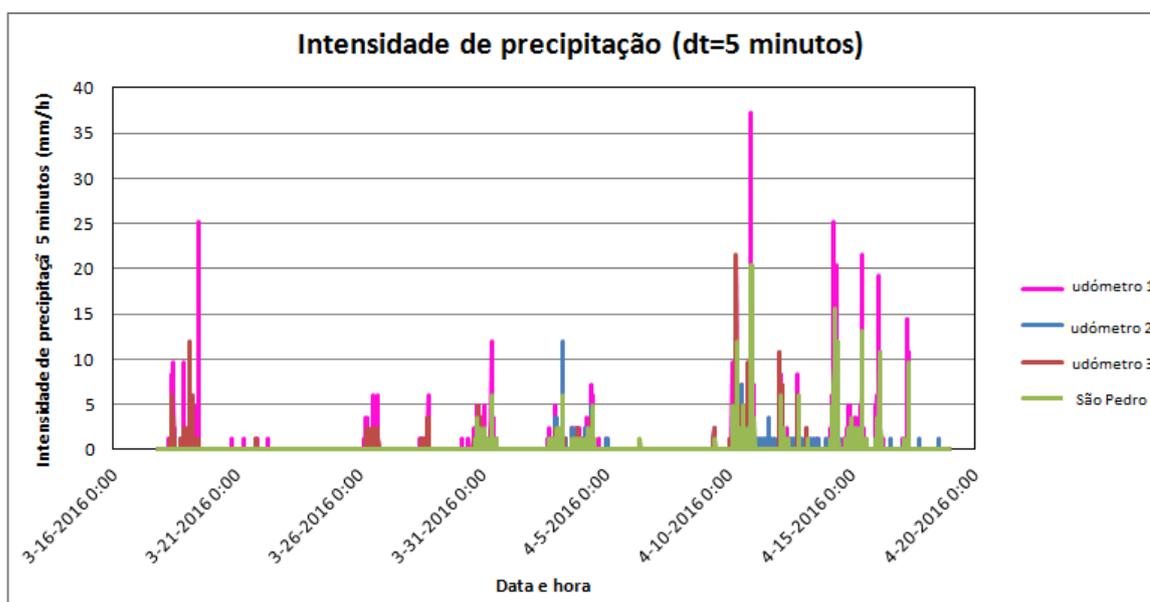


Figura 5.7 – Representação da intensidade de precipitação nos 3 udómetros e no udómetro colocado na ETAR de São Pedro para o período do estudo.

Após análise destes dados de precipitação registados, verificou-se uma obstrução no udómetro 2. Na figura abaixo, Figura 5.8, representa-se esta obstrução. Para a definição dos dados de precipitação utilizados neste trabalho não se teve em consideração os dados deste udómetro. Definiu-se então para este estudo o cenário de pluviosidade mais intensa verificado durante o período em análise, um período de 2 horas de precipitação ocorrido entre as 02:00 e as 04:00 do dia 16 de Abril de 2016. Sabe-se à partida através dos dados do SNIRH, que para o ano de 2016, o período registado de maior intensidade de precipitação foi do mês de Novembro, pelo que a simulação deste evento de pluviosidade está abaixo desse máximo.

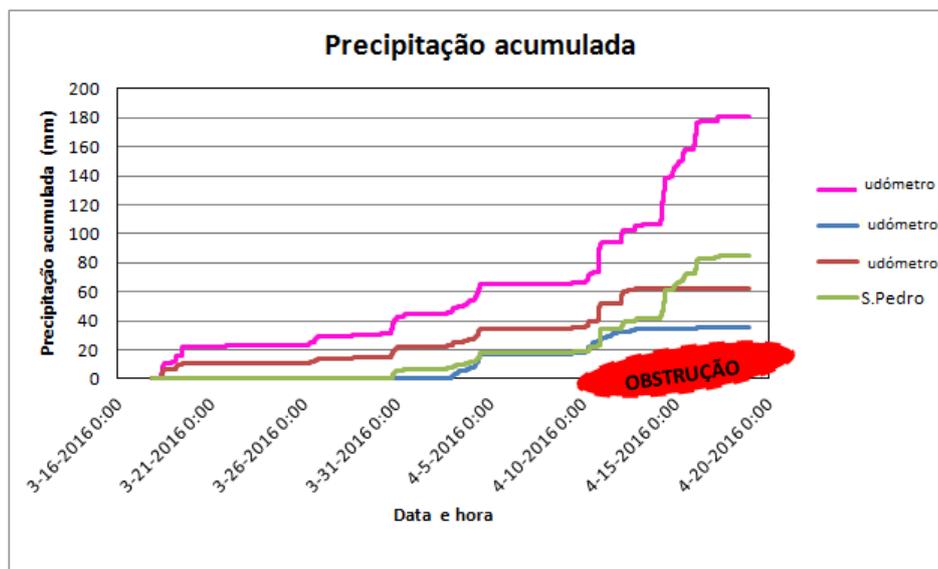


Figura 5.8 – Representação da comparação da precipitação acumulada dos 3 udómetros com o udómetro localizado na ETAR para o período do estudo.

5.2.5 Dados de caudais

Para ter em conta a distribuição de caudais consumidos pela rede de drenagem residual tiveram-se em conta os consumos domésticos e consumos industriais. Para efeitos de dimensionamento utilizou-se o caudal de ponta no ano crítico do horizonte de projeto, a rede foi dimensionada para o caudal de ponta instantâneo no ano 40. O caudal de dimensionamento obteve-se a partir da soma das parcelas do caudal de ponta industrial e residual, e ainda das fugas da rede, tendo estas sido consideradas como 10% do valor do caudal médio diário estabelecido quer para os consumos domésticos como para os consumos industriais. A população estimada foi projetada de acordo com o método do crescimento geométrico. Na figura 5.9 representa-se os caudais obtidos para o estudo.

	Ano 0	Ano 20	Ano 40	
Dimensio namento	22.422	26.367	29.507	l/s

Figura 5.9 – Representação dos caudais obtidos para o estudo da rede de drenagem residual.

5.2.6 Instabilidades numéricas dos cálculos no software SWMM

Segundo a EPA (2012), o software não consegue detetar os problemas de instabilidade numérica, a verificação das instabilidades existentes numa determinada simulação tem de ser feita pelos utilizadores.

Os problemas de instabilidade são previsíveis e devem-se a vários fatores, um exemplo dão condutas fechadas a operarem na sua capacidade máxima, ou também condutas muito curtas. As instabilidades numéricas no cálculo da propagação da onda dinâmica podem ser diminuídas reduzindo os intervalos e tempo, utilizando a opção de passo de tempo variável com um fator de passo de tempo menor, e selecionando alongamento artificial de condutas curtas. Tendo isto em consideração simularam-se algumas situações na rede em estudo com passos de cálculo muito pequenos e intervalos de tempo reduzidos conseguindo assim melhores resultados nos gráficos de escoamento, no entanto, este problema não foi totalmente resolvido.

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Introdução

Projetar, operar e manter sistemas de sistemas de drenagem são atividades complexas devido à dispersão geográfica e aos seus inúmeros órgãos que os constituem. A passagem de toda a informação para um formato digital e construção de um Sistema de Informação Geográfica, constitui uma ferramenta que facilita e torna as tarefas de gestão e manutenção das infraestruturas mais eficazes.

Neste trabalho teve-se como objetivo dar um contributo na elaboração de um cadastro mais rigoroso na rede de drenagem de um subsistema de drenagem das ÁGUAS DA FIGUEIRA, provando assim que um cadastro em formato GIS constitui-se uma boa ferramenta de apoio para realização da modelação matemática dos sistemas com recurso ao programa SWMM.

6.2 Modelo matemático do sistema de drenagem

Como já foi referido, a informação sobre os sistemas de drenagem existentes era no caso da rede de águas residuais muito dispersa e confusa, enquanto que para a rede de drenagem pluvial não existiam quaisquer dados sobre a rede. Apresenta-se na Figura 6.1 os dados disponibilizados pelas entidades gestoras acerca da rede de drenagem residual.

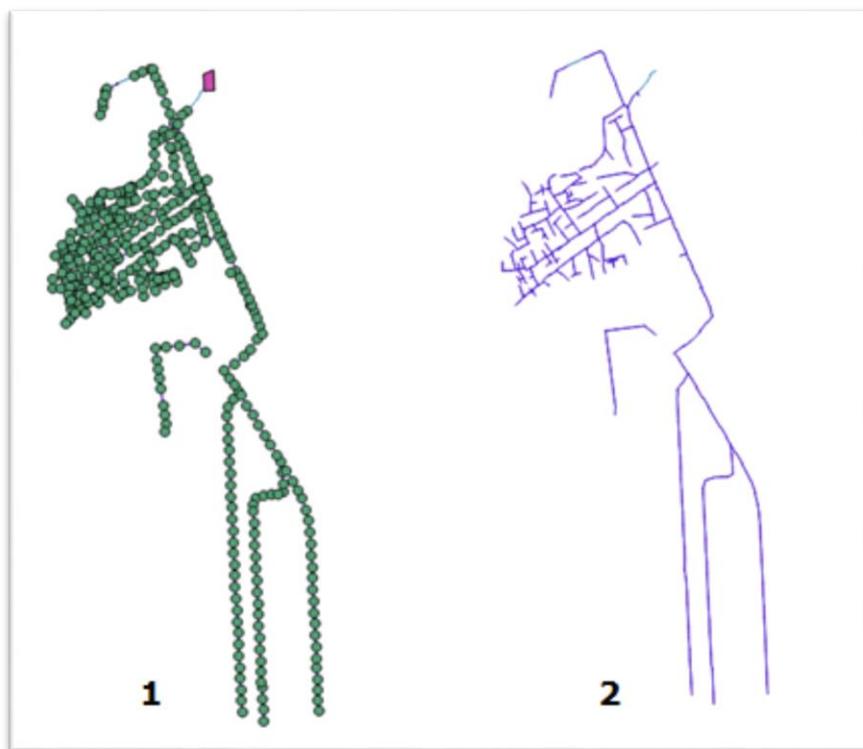


Figura 6.1 – Representação no GIS dos dados da rede.(Em 1 representam-se as caixas de visita para a rede de drenagem de águas residuais, e em 2 os coletores para a rede de drenagem de águas residuais).

Começou por se construir a rede de drenagem de águas domésticas, a partir dos dados disponibilizados e inserindo no software SWMM os atributos tal foi referido no capítulo anterior. De referir que alguns dos dados estavam incompletos pelo que se tiveram de definir por exemplo alguns diâmetros para as condutas e respectivos tipos de materiais. Representa-se na figura 6.2 representa-se a rede residual criada no SWMM.

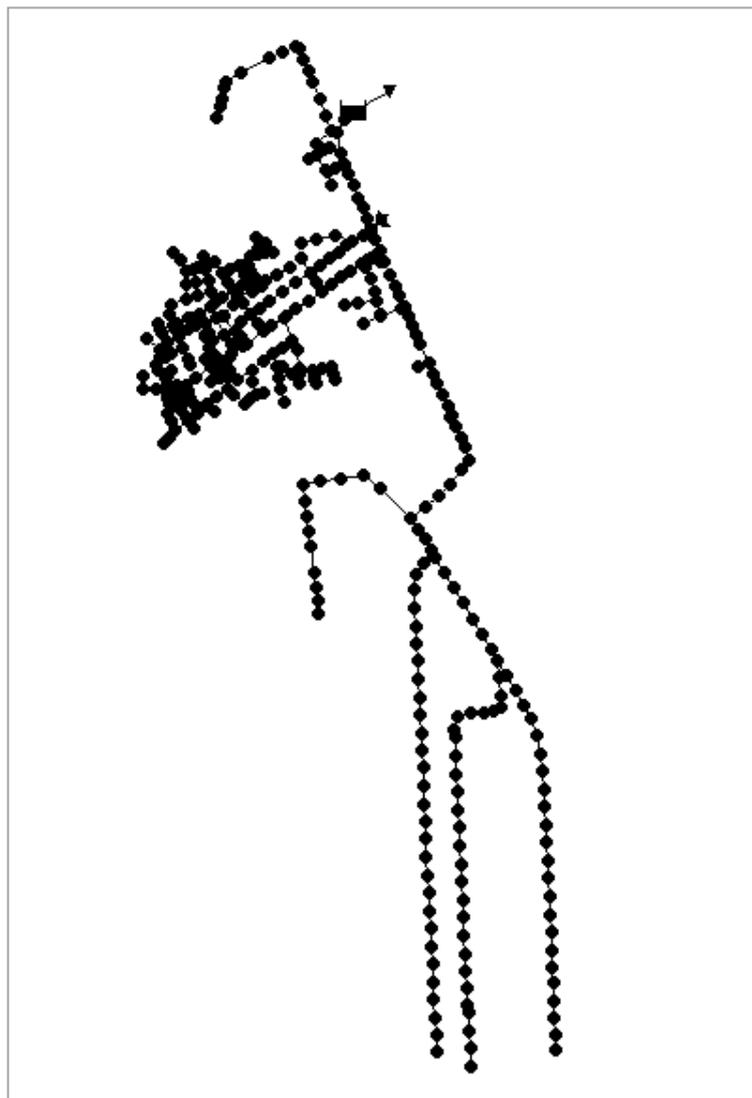


Figura 6.2 – Representação da rede de águas residuais domésticas no SWMM.

Esta rede foi definida com 390 caixas de visita e 391 coletores. Existe uma estação elevatória no troço da ETAR, e uma bacia que tem ligações tipo vasos comunicantes ao rio, que explica porque se introduziu o efeito maré. Associado a esta bacia está o descarregador de tempestade.

O SWMM não trata condutas em pressão, pelo que a estação elevatória foi representada no modelo através de um poço de bombagem ligado ao sistema gravítico a jusante, através de uma bomba.

Com o intuito de construir o modelo separativo da rede em estudo, paralelamente à construção da rede de águas residuais domésticas, foi-se também construindo o modelo da rede de águas pluviais com análise in situ.

Como sobre esta rede não existia qualquer informação, esta foi construída fazendo uma cópia da rede de drenagem residual, tendo-se posteriormente com a aplicação do Survey123 verificado os troços. À rede foram então associadas cotas um pouco superiores, admitido um diâmetro de 300mm, e que estas eram constituídas por condutas em Policloreto de vinila, PVC. A Figura 6.3 representa a rede de águas pluviais no SWMM.

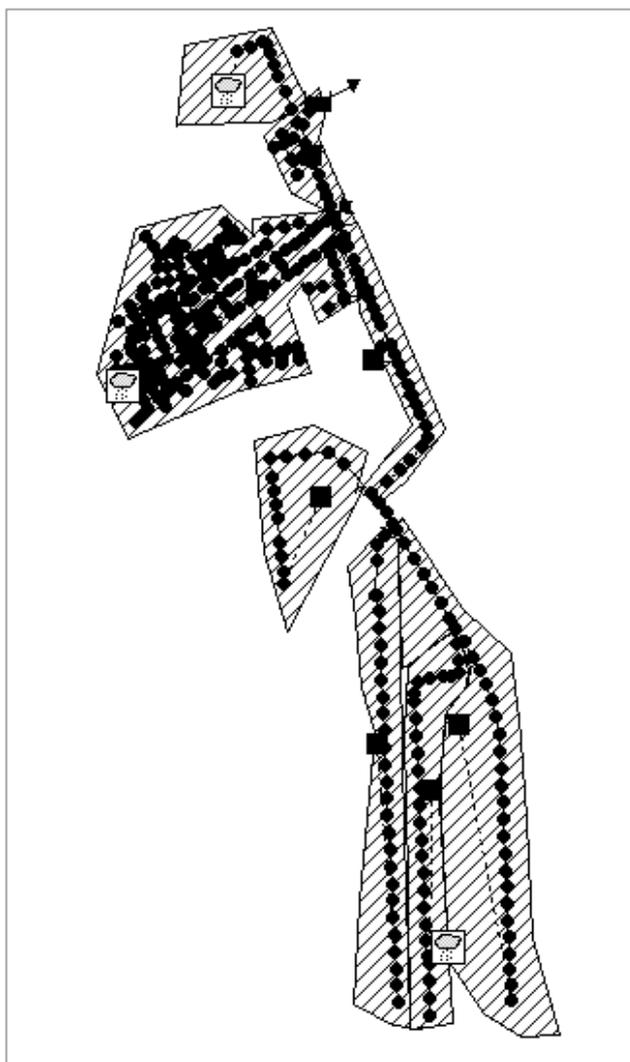


Figura 6.3 – Representação da rede de água pluvial no SWMM.

As duas redes afluem à mesma conduta, conduta 449, a conduta da estação elevatória que transporta assim os caudais da rede de águas residuais e os caudais da rede de águas pluviais à ETAR.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 Conclusões

Em termos de gestão de informação, a aplicação SIG inclui um conjunto funcionalidades de extrema importância do ponto de vista da flexibilidade da sua utilização e segurança dos dados. Esta ferramenta é uma mais valia para o planeamento e gestão do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais. A integração, numa base de dados, de informação geográfica relativa à rede de drenagem constitui uma mais valia para a gestão da rede existente e para o planeamento da rede projetada e consequentes implicações que o crescimento desta possa provocar.

Na execução deste sistema uma das grandes dificuldades encontradas foi a deteção de anomalias no cadastro e o número de incertezas quanto à natureza de alguns dados.

A qualidade da informação desenvolvida depende dos objetivos para os quais foi elaborada, a qual integra as exatidões temática, temporal e posicional (rigor do levantamento dos dados em campo, e dos valores obtidos). A flexibilidade desta ferramenta SIG permite ao utilizador atualizar o conjunto de informação que lhe interessa num dado momento.

Para que a atualização constante do cadastro seja um sucesso deve-se garantir a troca de informação entre departamentos das autarquias e entidades gestoras, de modo a estabelecer a troca de informação entre os mesmos. Com isto evita-se assim ao máximo o número de ligações indevidas à rede, facilitando a representação do sistema, ao mesmo tempo que se rentabiliza o gasto económico, pessoal e temporal.

Face às etapas do processo de modelação, a solução do cadastro em formato GIS revela-se importante para as seguintes etapas da modelação:

- Recolha de informação cadastral;
- Atualização do cadastro e verificação da informação sobre o sistema;
- Geração do ficheiro topológico requerido pelo programa SWMM.

As restantes etapas do processo:

- Monitorização de caudais/precipitação;
- Calibração;
- Verificação;
- Simulação de diferentes cenários, devem ser realizadas no programa de modelação matemática, no caso presente o SWMM.

devem ser realizadas no programa de modelação matemática, no caso presente o SWMM.

7.2 Trabalhos Futuros

Após a criação neste trabalho da rede de drenagem residual doméstica e rede de drenagem de águas pluviais seria de valor fazer a construção e acoplamento do modelo de drenagem de superfície. Uma próxima etapa também poderia passar pela simulação de cenários para a análise do diagnóstico do modelo hidráulico e sanitário.

Pela importância e localização do sistema de drenagem, seria interessante criar um cenário de simulação futuro, no qual se coincidiria o pico de precipitação do hietograma de projeto com o pico do nível de maré.

Para concluir esta dissertação, deixa-se, também, a sugestão para trabalhos futuros, da avaliação da importância de componentes de sistemas de águas residuais domésticas e pluviais com base em múltiplas falhas (simultaneamente) de coletores para diferentes cenários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARH Centro (2012). Plano de Gestão das Bacias hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis integradas na região hidrográfica 4. Parte 2 - Caracterização da região hidrográfica. 1.8 - Sistemas de Abastecimento de água e Sistemas de Drenagem e Tratamento de Aguas Residuais.

APA@ (2017) www.apambiente.pt/index.php?ref=x117. Agência Portuguesa do Ambiente (página internet oficial) acedida em 13 de Março de 2017.

Balmforth, D. J. e Henderson, R. J. (1988). A Guide to the Design of Storm Overflow Structures, WRC Engineering Centre.

Brandão, C., Rodrigues, R. e Costa, J.P. (2001). "Precipitações intensas em Portugal Continental". Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, INAG, Lisboa.

Butler, D. e Davis, J. W. (2011). Urban Drainage -. 3rd Edition. Spon Press. An imprint of Taylor & Francis. London and New York.

Cabrera, E., Pardo, M.A., (2008). Performance Assessment of Urban Water Infrastructure Services – Drinking water, wastewater and solid waste, IWA Publishing, ISBN: 1843391910

Cambez, M. J., Pinho, J. e David, L. M. (2008). Using SWMM 5 in the continuous modelling of stormwater hydraulics and quality. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

David, L.M. (2006). "A problemática das ligações indevidas em sistemas de drenagem separativos". 8º Congresso da Água, Figueira da Foz, março 2006, p-14.

David, L.M. (2006). "Descargas de excedentes de sistemas de drenagem urbana - estudo referenciado em resultados experimentais obtidos em Portugal". Dissertação para obtenção do grau de doutor em Engenharia Civil, I.S.T./U.T.L., p-304.

David, L. M.; Cardoso A.; Matos, R; Pinheiro, I.; Cringas, A.; Rodrigues, M.; Melo, S.; Castro, P. (1998) - Controlo de descargas da rede de colectores e qualidade dos meios hídricos superficiais – Uma abordagem integrada aplicada a uma sub-bacia do rio Trancão, 4º Congresso da Água, FIL, Lisboa.

Djordjevic, S., Prodanovic, D., e Maksimovic, C. (1999), "Na approach to simulation of dual drainage". *Water Science and Technology*, v.39, n.9, 95–103.

E.P.A. (1999). *Combined sewer overflows - Guidance for Monitoring and Modeling*. Environmental Protection Agency, 5.1-5.37.

EPA (2012). *SWMM - Modelo de Gestão de Drenagem Urbana - 5.0. Manual*. Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica de Saneamento, Universidade Federal da Paraíba, UFPBs Brasil

Freixial, P., Franco, M. J., (2012). *Controlo de descargas de águas residuais no âmbito da regulação da qualidade dos serviços prestados aos utilizadores*. Encontro Técnico da Comissão Sectorial para a Água (CS/04), Almada.

Guerra, F. (2010). "História da Engenharia em Portugal". Publíndústria, Porto.

INSAAE@ (2017) <http://insaar.apambiente.pt>. Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais (página internet oficial)

IH@ (2017) www.hidrografico.pt/previsao-mares.php. Hidrográfico. (página internet oficial).

Kreupers, I., Willems, P., (2013). "Impact of urban WWTP and CSO fluxes on river peak flow extremes under current and future climate conditions." *Water Sci Technol* 67 (12) pp 2670-2676

Kashefipour S.M., Lin B., Falconer R. A., (2004). " Impact of riverine and CSO inputs on coastal water quality under different environmental conditions." *Proceedings of 2nd International Conference on Fluvial Hydraulics*, Naples, Italy, pp 1211-1216

Lencastre, A. (1996). *Hidráulica Geral*. Lisboa, Edição do autor.

Lencastre, A., Franco, F.M. (2003). " *Lições de Hidrologia*", 3ª Edição, Gráfica de Coimbra.

Lund A., McMillan J., Kelly R., Jabbarzadeh S., Mead DG., Burkot TR., Kitron U., Vazquez-Prokopec GM. (2014). " Long term impacts of combined sewer overflow remediation on water quality and population dynamics of *Culex quinquefasciatus*, the main urban West Nile virus vector in Atlanta, GA."

MATOS, J. (2003). *Aspectos Históricos a Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano*. *Revista Engenharia Civil*. Número 16.

Matos, R. e Silva, M., (1986) "Estudos de precipitação com aplicação no projecto de sistemas de drenagem pluvial. Curvas Intensidade-Duração-Frequência da precipitação em Portugal", ITH24, LNEC, Lisboa.

Metcalf, E.; Tchobanoglous, G.; Burton, F.L.; Stensel, H.D. (2003) "Wastewater engineering: treatment and reuse". New York: McGraw-Hill.

Muñoz, A.H., Lehmann, A.H. e Martínez, P.G. (2004). "Manual de depuración de Uralita: Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes". Paraninfo, Madrid.

Portela, M. M. (2006). Modelação Hidrológica - Apontamentos da disciplina de Modelação Hidrológica do Instituto Superior Técnico. DECivil, 2005/2006, 2º semestre. Lisboa.

Quintela A. 1998. "Hidráulica". F.C. Gulbenkian, 6ª edição, Lisboa.

RGSPDADAR. (1995) *Decreto regulamentar 23/95 de 23 de agosto*. Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de águas e de drenagem de águas residuais. Lisboa, Portugal.

Rossman, L. A. (2010). Storm Water Management Model - User's Manual, Version 5.0. Cincinnati, National Risk Management Research Laboratory.

Sá Marques, A.; Lima, J.P.D.; Sousa, J.; Simões, N.E.; Pina, R. (2013) Hidrologia Urbana - Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais Urbanas. Lisboa: ERSAR e Universidade de Coimbra.

Santos, L.L. (2009). " Modelos Hidráulicos-Hidrológicos: Conceitos e Aplicações". Revista Brasileira de Geografia Física, v.2, n.3, 01-19.

Silva, M., Cardoso, M., Alegre, H., (2013). "Avaliação do desempenho na gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água e águas residuais e pluviais". 14º ENASB, 26-29 Outubro, Porto Alegre.

SM@.(2017) <http://snirh.apambiente.pt/>. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (página internet oficial).

SMITH, M.B. (2006), Comment on 'Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems. Journal of Hydrology, v. 317, n. 3-4, p.355-363.

Sousa, E. R. (2001), "Sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais." Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, IST/UTL, Lisboa.

Temido, J. (2011). "Tratamentos Biológicos". Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Tucci, C. (2005). "Gestão das Inundações urbanas". GWP, Porto Alegre, Brasil.

Vantarakis, A., Paparrodopoulos, S., Kokkinos, P., Vantarakis, G., Fragou, K., Detorakis, I. (2015). "Impact on the quality of life when living close to a municipal wastewater treatment plant". *Journal of Environmental and Public Health* Volume 2016 (2016), Article ID 8467023.

Willems, P. , Olsson, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Beecham, S., Pathiara, A., Bülow Gregersen, I., Madsen, H. and Nguyen, V.T.V. (2012). "Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems". IWA Publishing, London.

ANEXOS

Dados-REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

```

REDE S.PEDRO DE GALA

[OPTIONS]
;;Option Value
FLOW_UNITS LPS
INFILTRATION HORTON
FLOW_ROUTING DYNWAVE
LINK_OFFSETS DEPTH
MIN_SLOPE 0
ALLOW_PONDING NO
SKIP_STEADY_STATE NO

START_DATE 04/16/2016
START_TIME 02:00:00
REPORT_START_DATE 04/16/2016
REPORT_START_TIME 02:00:00
END_DATE 04/17/2016
END_TIME 04:00:00
SWEEP_START 01/01
SWEEP_END 12/31
DRY_DAYS 0
REPORT_STEP 00:01:00
WET_STEP 00:01:00
DRY_STEP 00:01:00
ROUTING_STEP 0:10:00

INERTIAL_DAMPING PARTIAL
NORMAL_FLOW_LIMITED BOTH
FORCE_MAIN_EQUATION H-W
VARIABLE_STEP 0.75
LENGTHENING_STEP 0
MIN_SURFAREA 1.14
MAX_TRIALS 8
HEAD_TOLERANCE 0.0015
SYS_FLOW_TOL 5
LAT_FLOW_TOL 5
MINIMUM_STEP 0.5
    
```

```

[EVAPORATION]
;;Data Source Parameters
CONSTANT 0.0
DRY_ONLY NO

[RAINGAGES]
;;Name Format Interval SCF Source
U3 INTENSITY 0:01 1.0 TIMESERIES rain1
U2 INTENSITY 0:01 1.0 TIMESERIES rain1
U1 INTENSITY 0:01 1.0 TIMESERIES rain1

[SUBCATCHMENTS]
;;Name Rain Gage Outlet Area %Imperv Width %Slope Curblen SnowPack
23 U2 175 0.05 25 5 0.5 0
42 U1 253 0.05 25 5 0.5 0
50 U3 36 0.05 25 5 0.5 0
60 U2 4 0.05 25 5 0.5 0
67 U1 367 0.05 25 5 0.5 0
69 U1 243 0.05 25 5 0.5 0
70 U1 421 0.05 25 5 0.5 0
88 U1 438 0.05 25 5 0.5 0

[SUBAREAS]
;;Subcatchment N-Imperv N-Perv S-Imperv S-Perv PctZero RouteTo PctRouted
23 0.01 0.1 0.05 0.05 25 OUTLET
42 0.01 0.1 0.05 0.05 25 OUTLET
50 0.01 0.1 0.05 0.05 25 OUTLET
60 0.01 0.1 0.05 0.05 25 OUTLET
67 0.01 0.1 0.05 0.05 25 OUTLET
69 0.01 0.1 0.05 0.05 25 OUTLET
70 0.01 0.1 0.05 0.05 25 OUTLET
88 0.01 0.1 0.05 0.05 25 OUTLET
    
```

```

[INFILTRATION]
;;Subcatchment MaxRate MinRate Decay DryTime MaxInfil
23 3.0 0.5 4 7 0
42 3.0 0.5 4 7 0
50 3.0 0.5 4 7 0
60 3.0 0.5 4 7 0
67 3.0 0.5 4 7 0
69 3.0 0.5 4 7 0
70 3.0 0.5 4 7 0
88 3.0 0.5 4 7 0
    
```

[JUNCTIONS]	;;Name	Elevation	MaxDepth	47	48	51	52	53	54	55	56	57	58	59	61	62	63	64	65	66	68	71	72	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	89	90	94	98	100	101	103	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	117	119	120	121	122	123	125	126	129	130	131	132	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	146	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	167	169	170	171	172	175	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	195	198	201																																					
	2	2.7	1.83	4.35	4.52	7.12	7.87	4.34	3.72	3.13	3.99	3.45	3.79	3.67	2.85	3.5	1.2	3.5	3.73	0	4.27	4.41	3.96	3.3	2.64	2.66	5.46	2.26	3.37	3.77	1.27	0.43	4.12	2.95	0	0	4.75	4.94	4.8	9.23	3.91	2.75	2.69	2.08	3.06	3.18	4.03	4.6	2.7	4.14	3.38	3.74	1.15	1.24	2.77	4.62	0	4.22	4.3	6.56	7.1	4.72	9.07	9.22	7.91	6.36	4.59	2.93	1.6	2.6	3.21	1.94	4.86	1.36	4.34	11.33	7.05	1.39	0.55	1.07	1.92	1.4	1.86	1.24	1.42	0	0.67	2.5	0.8	0.74	2.5	0.84	1.32	1.4	0.93	0.97	0	1.6	1.68	1.51	2.85	0	1.1	1.37	0.9	0.67	6.59	5.2	4.33	7.25	7.35	0	3.04	3.07	5.08	0.89	2.87	4.16	3.11	3.88	3.23	2.8	2.53	7.26	8.25	7.6	5.04	10.27	2.57	2.95	3.35	1.7	0	4.11	3.43	4.37	2.99	3.34	3.7	0	0	0	1.21	1.33	2.5	1.51	0.7	1.12	0	0	0

202	8.61	7.5	257	3.38	0.66	309	3.78	0.51	364	0.47	0.95
203	3.27	1.84	259	2.65	0	310	4.1	2.5	365	2.38	1.5
205	8.47	0.73	261	0	0	311	3.9	0.59	367	3.66	0.91
207	6.56	0.97	262	6.53	0.93	314	0	0	368	5.26	0.84
208	3.75	0.78	263	6.06	3.5	319	4.32	1.07	369	7.61	1.82
209	3.02	0.6	266	6.11	0.9	320	4.1	0.94	370	3.45	0.86
211	5.91	0.69	267	11.75	0.85	324	3.04	0.5	372	1.74	2.71
213	5.35	0	268	4.14	2.6	326	9.53	1.34	374	0	0
214	1.89	2.14	269	4.66	1.6	327	4.78	0.92	375	1.68	1.99
216	0	0	271	5.94	0	328	6.89	0	376	4.83	0.81
217	5.14	0.87	272	3.48	1.95	329	4.61	1.46	383	6.4	0.87
218	1.48	2	273	2.55	1.33	330	3.63	1.88	384	4.45	2.5
220	3.94	2.5	274	1.64	2.09	331	1.78	2.26	385	5.11	3.5
221	3.18	1.39	275	0	0	332	3.32	1.21	389	5.67	1.3
223	1.1	2.12	276	3.44	0	333	4.9	1.34	390	11.54	0.8
225	1.22	1.21	280	1.87	1.59	334	3.77	0.95	391	10.24	1.3
227	3.73	1.3	282	1.62	2.78	337	3.6	1.16	392	2.83	1.14
229	5.11	3.5	283	2.66	2.14	338	1.39	1.78	393	3.49	1.03
232	6.62	1.75	284	4.67	1.09	339	1.88	0.8	394	6.08	0
233	4.38	0.6	290	5.79	0.89	340	4.56	2.5	395	3.28	1.32
234	3.61	1.71	291	4.42	2.5	341	3.12	0.69	396	3.81	3.5
236	5.45	0.88	292	4.75	0.73	342	1.98	1.62	397	3.94	1.5
237	3.06	1.39	294	2.99	0.86	343	2.35	1.5	400	4.32	1.5
239	8.3	0.67	295	9.87	0.91	344	3.35	1.54	401	2.85	0.64
241	12.84	0	296	9.76	1.32	345	7.9	4.5	403	2.17	0.54
242	12.49	0	297	6.86	1.13	351	5.07	3.5	405	1.78	0.82
243	10.04	1.25	298	3.41	0.96	352	8.29	0.62	406	0	0
244	3.97	1.79	299	3.04	2.5	354	7.39	0.63	407	0	0
245	4.24	1.25	300	2.89	0.92	355	6.68	0.7	408	0	0
248	5.71	0.76	301	2.42	2.23	356	4.98	1.07	409	2.86	1.5
249	5.18	0.86	302	6.01	0.76	357	4.55	1.1	415	3.06	1.25
250	4.85	0.82	303	5.51	0.85	358	3.02	1.26	416	0	0
251	5.93	1.7	304	2.8	0.99	359	2.88	1.34	418	8.84	0.86
252	3.9	0.87	305	3.67	1.29	360	3.61	1.63	419	11.97	1.1
253	3.5	1.51	306	2.14	2.61	361	7.41	1.5	420	4.93	2.5
255	0.13	1.6	307	0.33	1.58	362	3.26	1.26	421	0.34	1.16
256	4.18	2.5	308	0.88	1.66	363	5.31	0.93	422	0.62	0.73

422	0.62	0.73	0	0	0
426	4.06	1.15	0	0	0
429	3.47	0.73	0	0	0
432	3.91	0.85	0	0	0
438	4.13	1.37	0	0	0
439	5	5.5	0	0	0
440	5.17	1.35	0	0	0
443	8.19	1.5	0	0	0
444	3.7	1.19	0	0	0
445	6.19	0	0	0	0
446	3.5	2.58	0	0	0
447	2.31	1.68	0	0	0
448	3.96	0.54	0	0	0
449	0	0	0	0	0

```

[OUTFALLS]
;;Name Elevation Type Stage Data Gated Route To
-----
1 3.5 FREE NO
279 3 FREE NO

[STORAGE]
;;Name Elev. MaxDepth InitDepth Shape Curve Name/Params N/A Fevap Psi Ksat IMD
-----
92 3.78 1.37 0 FUNCTIONAL 1000 0 0 0 0
    
```

[CONDUITS]	From Node	To Node	Length	Roughness	67	341	256	3.78	0.811	146	6	259	29.48	0.011
7	175	407	44.95	0.011	68	121	225	39.58	0.011	147	170	6	49.56	0.011
8	407	146	45.37	0.011	70	65	121	22.14	0.011	153	311	400	31.8	0.011
9	146	227	12.3	0.011	71	66	65	19.7	0.011	154	5	311	8.97	0.011
10	227	375	37.5	0.011	72	142	66	39.86	0.011	159	39	5	18.76	0.011
11	375	376	44.69	0.011	73	90	142	42.64	0.011	160	39	191	29.71	0.011
12	376	408	39.35	0.011	78	122	65	42.97	0.011	162	169	39	32.59	0.011
13	408	409	62.11	0.011	79	122	17	39.8	0.011	163	401	169	31.57	0.011
14	409	263	59.85	0.011	80	204	17	40	0.011	178	84	61	13.64	0.011
15	263	68	53.73	0.011	81	374	284	36.93	0.011	179	61	426	4.25	0.011
16	44	68	66.52	0.011	82	266	374	36.85	0.011	181	426	190	26.57	0.011
28	68	195	17.97	0.011	83	177	266	33.57	0.011	182	190	83	18.7	0.011
29	4	195	65.94	0.011	84	352	177	57.43	0.011	185	113	112	45.96	0.011
30	62	4	41.69	0.011	85	201	177	60	0.011	186	189	111	25.2	0.011
31	38	62	7.69	0.011	86	153	201	50	0.011	187	112	111	61	0.011
32	115	38	28.68	0.011	87	303	153	52.8	0.011	188	334	111	34.96	0.011
37	63	115	29.87	0.011	88	319	383	39.19	0.011	189	119	119	61	0.011
38	288	63	7.82	0.011	89	144	374	55	0.011	191	172	119	31.5	0.011
39	120	288	58.27	0.011	90	406	144	52.14	0.011	192	185	185	51.01	0.011
40	405	120	28.92	0.011	91	262	406	38.01	0.011	199	111	249	51.85	0.011
41	345	405	16	0.011	92	403	123	5.97	0.011	201	80	80	41.04	0.011
42	344	120	32.72	0.011	104	343	123	42.5	0.011	202	188	188	27.57	0.011
53	86	279	98.79	0.011	104	10	343	59.68	0.011	204	80	184	14.69	0.011
54	140	86	7.36	0.011	105	10	94	18.64	0.011	205	364	184	38.63	0.011
55	14	140	26.21	0.011	106	126	94	28.65	0.011	206	395	364	25.77	0.011
56	141	14	37.97	0.011	107	129	432	34.94	0.011	207	446	395	61.5	0.011
57	20	141	62.17	0.011	108	130	192	38.69	0.011	208	32	446	4.49	0.011
58	229	20	58.92	0.011	109	131	192	40.37	0.011	209	184	303	48.68	0.011
59	198	229	54.97	0.011	111	134	171	40	0.011	210	184	303	69.92	0.011
61	15	141	23.85	0.011	113	135	223	171	0.011	211	106	303	36.64	0.011
62	89	15	35.35	0.011	116	136	12	42.49	0.011	212	79	106	32.25	0.011
63	282	89	34	0.011	117	137	9	39.01	0.011	213	31	79	42.48	0.011
64	43	282	43.8	0.011	118	138	314	50.06	0.011	214	394	79	49.25	0.011
65	2	86	29	0.011	144	140	117	8	0.011	215	302	394	31.6	0.011
66	256	2	44.42	0.011	145	145	259	7	0.011	221	302	248	2.81	0.011
										222	30	248	45.13	0.011
										223	163	30	38.3	0.011

224	295	163	18.77	0.011	454	383	337	33.6	0.011	491	208	207	59.98	0.011
225	362	295	38.31	0.011	455	337	308	49.28	0.011	492	207	241	58.96	0.011
226	101	362	60.53	0.011	456	262	308	8.25	0.011	493	241	28	60	0.011
227	162	295	42.7	0.011	457	438	384	54.67	0.011	494	28	48	60	0.011
228	361	162	33.56	0.011	458	384	154	52.57	0.011	495	48	25	60	0.011
237	361	360	48.33	0.011	459	354	202	55.6	0.011	496	25	181	60	0.011
256	218	426	38.85	0.011	460	282	71	60	0.011	497	181	160	60	0.011
257	369	190	50.27	0.011	461	71	129	60	0.011	498	160	159	29.54	0.011
260	301	248	32.1	0.011	462	129	232	60	0.011	499	159	132	41.2	0.011
261	211	301	32.6	0.011	463	232	290	60	0.011	500	132	180	42	0.011
274	78	211	48.98	0.011	464	290	415	60	0.011	501	180	203	42	0.011
279	326	163	38.7	0.011	465	415	354	60	0.011	502	203	234	60	0.011
280	300	326	40.52	0.011	466	354	178	60	0.011	503	234	131	32	0.011
281	296	326	46.42	0.011	467	178	24	60	0.011	504	131	385	38.5	0.011
282	51	296	40.98	0.011	468	24	355	60	0.011	505	385	268	56.9	0.011
284	390	51	52.61	0.011	469	355	130	60	0.011	506	268	72	56.96	0.011
285	443	390	39.32	0.011	470	130	356	60	0.011	507	320	72	60	0.011
287	182	443	41.66	0.011	471	356	179	60	0.011	508	72	292	40	0.011
288	391	182	39.93	0.011	472	179	155	60	0.011	509	292	416	60	0.011
341	186	397	41.7	0.011	473	155	98	60	0.011	510	416	439	60	0.011
342	448	186	61.47	0.011	474	98	357	60	0.011	511	439	157	61.2	0.011
343	253	54	43.36	0.011	475	357	156	60	0.011	512	157	358	60	0.011
344	54	81	48.22	0.011	476	156	233	60	0.011	513	358	267	59	0.011
345	81	34	48.15	0.011	477	233	291	57.57	0.011	514	267	359	60	0.011
346	34	330	88.65	0.011	478	291	320	52.2	0.011	515	359	158	28.56	0.011
347	330	271	50.43	0.011	479	421	269	60	0.011	516	243	444	60	0.011
348	271	331	47.78	0.011	480	269	392	60	0.011	517	444	244	60	0.011
351	396	332	79.61	0.011	481	392	52	60	0.011	518	244	393	60	0.011
352	332	273	68.48	0.011	482	52	327	28.57	0.011	519	393	245	60	0.011
353	273	274	69	0.011	483	327	183	60	0.011	520	245	298	60	0.011
354	274	447	126.82	0.011	484	183	297	60	0.011	521	298	328	60	0.011
355	447	56	65.13	0.011	485	297	242	60	0.011	522	328	136	60	0.011
356	56	107	58.72	0.011	486	242	135	60	0.011	523	136	76	60	0.011
357	107	448	51.66	0.011	487	135	103	60	0.011	524	76	29	60	0.011
449	195	125	54.5	0.011	488	103	134	60	0.011	525	29	445	60	0.011
450	125	92	33.25	0.011	489	134	420	60	0.011	526	445	137	60	0.011
453	342	191	28.38	0.011	490	420	208	60	0.011	527	137	363	60	0.011

528	363	77	60	0.011	567	333	187	31.3	0.011
529	77	53	60	0.011	568	58	307	61.58	0.011
530	53	299	60	0.011	569	307	217	72.54	0.011
531	299	209	60	0.011	570	217	187	10.5	0.011
532	209	138	60	0.011	571	187	276	38.18	0.011
533	138	164	60	0.011	572	276	220	36.4	0.011
534	164	304	60	0.011	573	220	340	39.12	0.011
535	304	213	60	0.011	574	340	85	51.6	0.011
536	213	250	60	0.011	575	85	256	38.5	0.011
537	250	305	60	0.011	576	256	420	30.5	0.011
538	305	365	60	0.011	577	420	339	24.6	0.011
539	365	251	60	0.011	578	339	59	8.72	0.011
540	251	165	60	0.011	579	59	255	15.26	0.011
541	165	329	60	0.011	580	255	338	6.13	0.011
542	329	129	47.36	0.011	581	338	370	19.9	0.011
543	129	139	47.94	0.011	582	370	84	43.4	0.011
544	139	158	48.77	0.011	583	84	264	26.14	0.011
545	158	440	44.16	0.011	584	264	36	61.14	0.011
546	440	47	40.86	0.011	585	36	264	26.44	0.011
547	47	447	42.98	0.011	586	264	112	38.66	0.011
548	447	331	61.15	0.011	587	112	188	32.86	0.011
549	331	272	55.03	0.011	588	188	236	31.62	0.011
550	272	396	70.31	0.011	589	236	237	23	0.011
551	396	167	42.56	0.011	590	237	205	44.27	0.011
552	167	306	39.76	0.011	591	205	26	400	0.011
554	306	109	44.16	0.011	592	26	204	31.62	0.011
555	109	34	34	0.011	593	204	26	43.66	0.011
556	34	108	36.14	0.011	594	26	239	23.8	0.011
557	108	109	38.49	0.011	595	239	360	21	0.011
558	109	214	31.57	0.011	596	360	389	25.5	0.011
559	214	367	34	0.011	597	389	161	35.87	0.011
560	367	449	35	0.011	598	161	324	27	0.011
561	449	82	31.3	0.011	599	324	361	32.27	0.011
563	82	110	70.95	0.011	600	361	324	20.13	0.011
564	110	368	31.57	0.011	601	324	351	50.16	0.011
565	368	216	34	0.011	602	351	302	55	0.011
566	216	333	35	0.011	603	302	372	38.72	0.011

648	372	259	44.84	0.011
649	0	314	42.31	0.011
677	176	283	44.93	0.011
678	283	143	59.2	0.011
679	143	90	37	0.011
680	90	309	43.7	0.011
681	309	3	35.43	0.011
682	3	257	37.03	0.011
683	257	310	42.65	0.011
684	310	221	44.51	0.011
685	221	62	32.21	0.011
689	29	261	56.71	0.011
6	92	1	168.65	0.011
6	123	308	80.76	0.011

;;-----
 ;:Name [TIME] ;:Value
 ;:Time

;;Name	Date	Time	Value
rain1	4/16/2016	02:00	0
rain1	4/16/2016	02:01	0
rain1	4/16/2016	02:02	33
rain1	4/16/2016	02:03	0
rain1	4/16/2016	02:04	0
rain1	4/16/2016	02:05	83
rain1	4/16/2016	02:06	92
rain1	4/16/2016	02:07	104
rain1	4/16/2016	02:08	33
rain1	4/16/2016	02:09	72
rain1	4/16/2016	02:10	38
rain1	4/16/2016	02:11	34
rain1	4/16/2016	02:12	56
rain1	4/16/2016	02:13	56
rain1	4/16/2016	02:14	17
rain1	4/16/2016	02:15	58
rain1	4/16/2016	02:16	86
rain1	4/16/2016	02:17	146
rain1	4/16/2016	02:18	108
rain1	4/16/2016	02:19	144
rain1	4/16/2016	02:20	144
rain1	4/16/2016	02:21	72
rain1	4/16/2016	02:22	120
rain1	4/16/2016	02:23	127
rain1	4/16/2016	02:24	124
rain1	4/16/2016	02:25	30
rain1	4/16/2016	02:26	34
rain1	4/16/2016	02:27	134
rain1	4/16/2016	02:28	143
rain1	4/16/2016	02:29	129
rain1	4/16/2016	02:30	122

rain1	4/16/2016	02:31	64
rain1	4/16/2016	02:32	68
rain1	4/16/2016	02:33	26
rain1	4/16/2016	02:34	4
rain1	4/16/2016	02:35	50
rain1	4/16/2016	02:36	10
rain1	4/16/2016	02:37	35
rain1	4/16/2016	02:38	9
rain1	4/16/2016	02:39	11
rain1	4/16/2016	02:40	27
rain1	4/16/2016	02:41	43
rain1	4/16/2016	02:42	24
rain1	4/16/2016	02:43	8
rain1	4/16/2016	02:44	6
rain1	4/16/2016	02:45	0
rain1	4/16/2016	02:46	0
rain1	4/16/2016	02:47	0
rain1	4/16/2016	02:48	7
rain1	4/16/2016	02:49	0
rain1	4/16/2016	02:50	0
rain1	4/16/2016	02:51	0
rain1	4/16/2016	02:52	0
rain1	4/16/2016	02:53	0
rain1	4/16/2016	02:54	0
rain1	4/16/2016	02:55	0
rain1	4/16/2016	02:56	0
rain1	4/16/2016	02:57	0
rain1	4/16/2016	02:58	3
rain1	4/16/2016	02:59	0
rain1	4/16/2016	03:00	0
rain1	4/16/2016	03:01	0
rain1	4/16/2016	03:02	0
rain1	4/16/2016	03:03	0
rain1	4/16/2016	03:04	0
rain1	4/16/2016	03:05	0
rain1	4/16/2016	03:06	0
rain1	4/16/2016	03:07	0

rain1	4/16/2016	03:41	0
rain1	4/16/2016	03:42	0
rain1	4/16/2016	03:43	0
rain1	4/16/2016	03:44	0
rain1	4/1		

Dados-REDE DE DRENAGEM RESIDUAL

[JUNCTIONS]													
;;Name	Elevation	MaxDepth											
2	0.97	2.33	39	3.8	1.32	83	1.77	2.17	125	4.72	1.17		
3	0.69	2.05	40	2.11	1.51	84	0.93	2.24	126	4.8	3		
4	0.22	2.65	41	2.6	2.1	85	4.62	4.2	127	11.82	0.0		
5	4.35	2	43	0.0	0.0	86	3.45	0.0	129	7.06	1.3		
6	3.96	1.4	44	0.0	0.0	87	2.21	2.03	130	7.6	1.24		
7	3.64	1.7	45	6.46	0.0	88	0.0	0.0	131	5.22	3		
8	3.8	2.26	46	8.39	1.22	89	0.0	0.0	132	9.57	1.34		
9	3.56	1.34	47	4.85	3.5	90	0.0	0.0	133	9.94	1.42		
10	3.69	1.34	48	5.02	2.5	91	4.07	1.26	134	9.72	1.82		
11	0.0	0.0	51	7.62	1.63	94	5.25	3	135	8.41	1.9		
12	3.83	1.57	52	8.37	0.0	95	5.45	3	136	6.86	1.43		
13	4.28	3	53	4.84	2.1	98	5.44	2.03	137	5.09	1.47		
14	1.59	2.02	54	4.22	3.13	99	4.13	1.27	138	3.43	0.0		
15	1.99	1.95	55	3.63	1.31	100	5.3	1.75	139	1.71	2.1		
16	4.61	1.6	56	4.49	1.63	101	9.73	1.44	140	3.1	2.18		
17	1.97	3.18	57	3.95	2.15	102	4.14	2.08	141	3.71	2.01		
19	0.0	0.0	58	4.29	1.25	103	4.41	1.89	142	2.44	3.35		
20	3.11	2.85	59	4.17	1.53	104	2.98	2.27	143	5.36	0.0		
21	0.0	0.0	61	3.35	0.0	105	4.1	3.63	144	1.86	1.6		
24	8.5	1.12	62	4	1.57	106	3.25	1.05	146	4.84	1.87		
25	8.23	1.2	63	1.7	3.05	107	3.19	1.57	148	0.0	0.0		
26	3.64	1.82	64	4	0.0	108	2.58	2.42	149	6.99	1.2		
27	0.0	0.0	65	4.23	1.63	109	3.56	1.9	150	3.73	1.52		
28	8.5	1.32	66	0.0	0.0	110	3.68	2.36	152	11.83	1.4		
29	3.59	1.45	68	4.77	2.8	111	4.53	1.74	153	7.55	1.17		
30	4.26	1.66	71	4.91	1.28	112	5.1	1.92	154	7.09	1.19		
31	4.66	1.36	72	4.46	2.12	113	3.2	0.0	155	5.7	1.53		
32	5.91	1.98	73	4.85	1.44	114	4.64	3	156	4.83	1.75		
33	1.59	1.23	74	9.31	1.88	115	3.88	1.64	157	7.75	1.17		
34	3.74	2.36	75	9.53	0.0	116	4.13	1.57	158	7.85	1.17		
35	6.97	2.24	76	3.8	1.85	117	4.24	1.03	159	0.0	0.0		
36	1.48	1.5	77	3.14	2.05	118	2.02	1.91	160	3.54	1.56		
37	4.56	1	78	3.16	2.32	119	1.65	2.69	161	3.57	1.73		
38	3.54	2.34	79	5.96	2.22	120	1.74	3.17	162	6.64	1.26		
			80	2.76	2.34	121	3.27	1.25	163	5.58	1.35		
			81	3.87	2.05	122	5.12	2.69	164	1.39	1.23		
			82	4.27	1.5	123	0.0	0.0	165	3.37	1.37		
166	4.23	1.69	207	7.06	1.47	249	5.68	1.36	295	10.37	1.41		
167	4.66	3	208	4.25	1.28	250	5.35	1.32	296	10.26	1.82		
168	4.11	1.32	209	3.52	1.1	251	6.43	2.2	297	7.36	1.63		
169	3.61	2.16	211	6.41	1.19	252	4.4	1.37	298	3.91	1.46		
170	4.38	1.36	212	3.11	1.72	253	4	2.01	299	3.54	3		
171	3.73	1.71	213	5.85	0.0	255	0.63	2.1	300	3.39	1.42		
172	3.3	2.04	214	2.39	2.64	256	4.68	3	301	2.92	2.73		
173	2.32	1.03	215	3.68	1.67	257	3.88	1.16	302	6.51	1.26		
175	3.03	2	216	0.0	0.0	258	3.77	1.44	303	6.01	1.35		
177	7.76	1.05	217	5.64	1.37	259	3.15	0.0	304	3.3	1.49		
178	8.75	0.0	218	1.98	2.5	260	2.57	3.14	305	4.17	1.79		
179	8.1	1.05	219	0.54	2.17	261	0.0	0.0	306	2.64	3.11		
180	5.54	2.32	220	4.44	3	262	7.03	1.43	307	0.83	2.08		
181	10.77	1.4	221	3.68	1.89	263	6.56	4	308	0.58	2.16		
182	3.07	2.41	222	1.55	1.83	266	6.61	1.4	309	4.28	1.01		
183	3.45	1.97	223	1.6	2.62	267	12.25	1.35	310	4.6	3		
184	3.85	2.02	225	1.72	1.71	268	4.64	3.1	311	4.4	1.09		
185	2.2	2.83	227	4.23	1.8	269	5.16	2.1	313	3.57	1.25		
186	0.0	0.0	228	5.98	3	270	4.14	2.56	314	0.0	0.0		
187	4.61	1.71	229	5.61	4	271	6.44	0.0	317	3.92	1.83		
188	3.93	1.83	232	7.12	2.25	272	3.98	2.45	319	4.82	1.57		
189	4.87	3	233	4.88	1.1	273	3.05	1.83	320	4.6	1.44		
190	3.49	2.01	234	4.11	2.21	274	2.14	2.59	323	5	1.6		
191	3.84	1.2	235	4.01	2.2	275	0.0	0.0	324	3.54	1		
192	4.2	1.62	236	5.95	1.38	276	3.94	0.0	325	11.53	1.25		
193	0.0	0.0	237	3.56	1.89	278	3.48	0.0	326	10.03	1.84		
194	8.08	4	238	3.75	1.54	280	2.37	2.09	327	5.28	1.42		
195	0.0	0.0	239	8.8	1.17	281	4.05	1.92	328	7.39	0.0		
198	0.0	0.0	240	10.19	1.38	282	2.12	3.28	329	5.11	1.96		
199	0.0	2.25	241	13.34	0.0	283	3.16	2.64	330	4.13	2.38		
200	11.21	1.55	242	12.99	0.0	284	5.17	1.59	331	2.28	2.76		
201	8.49	0.0	243	10.54	1.75	287	5.33	3	332	3.82	1.71		
202	9.11	8	244	4.47	2.29	288	9.27	1.37	333	5.4	1.84		
203	3.77	2.34	245	4.74	1.75	290	6.29	1.39	334	4.27	1.45		
204	4.79	2.24	246	3.42	1.29	291	4.92	3	335	2.8	2.88		
205	8.97	1.23	247	3.25	2.16	292	5.25	1.23	336	4.06	1.86		
206	9.22	1.22	248	6.21	1.26	294	3.49	1.36	337	4.1	1.66		

338	1.89	2.28	381	3.72	1.83	425	4.32	1.39
339	2.38	1.3	383	6.90	1.37	426	4.56	1.65
340	5.06	3	384	4.95	3	427	4.18	1.37
341	3.62	1.19	385	5.61	4	428	4.67	4
342	2.48	2.12	387	4.41	2.2	429	3.97	1.23
343	2.85	2	388	3.92	2.35	431	3.3	0.0
344	3.85	2.04	389	6.17	1.8	432	4.41	1.35
345	8.4	5	390	12.04	1.3	435	0.0	0.0
349	3.6	1.59	391	10.74	1.8	437	5.9	1.46
350	0.0	0.0	392	3.33	1.64	438	4.63	1.87
351	5.57	4	393	3.99	1.53	439	5.50	6
352	8.79	1.12	394	6.58	0.0	440	5.67	1.85
354	7.89	1.13	395	3.78	1.82	441	4.74	2.8
355	7.18	1.2	396	4.31	4	442	13.02	0.0
356	5.48	1.57	397	4.44	2	443	8.69	2
357	5.05	1.6	398	4.23	2	444	4.2	1.69
358	3.52	1.76	399	4.75	4	445	6.69	0.0
359	3.38	1.84	400	4.82	2	446	4	3.08
360	4.11	2.13	401	3.35	1.14	447	2.81	2.18
361	7.91	2	402	3.94	1.22	448	4.46	1.04
362	3.76	1.76	403	2.67	1.04	449	0.0	0.0
363	5.81	1.43	404	2.48	3.29	450	4.46	1.04
364	0.97	1.45	405	2.28	1.32	EEHFF	0	0
365	2.88	2	406	0.0	0.0			
366	2.5	2.51	407	0.0	0.0			
367	4.16	1.41	408	0.0	0.0			
368	5.76	1.34	409	3.36	2			
369	8.11	2.32	412	3.98	1.55			
370	3.95	1.36	415	3.56	1.75			
371	4.01	3	416	0.0	0.0			
372	2.24	3.21	417	5.26	1.08			
373	0.0	0.0	418	9.34	1.36			
374	0.0	0.0	419	12.47	1.6			
375	2.18	2.49	420	5.43	3			
376	5.33	1.31	421	0.84	1.66			
379	0.0	0.0	422	1.12	1.23			
380	5.28	3	424	1.97	1.46			

[OUTFALLS]										
;;Name	Elevation	Type	Stage	Data	Gated	Route To				
1	3.5	FREE			NO					
279	3	FREE			NO					

[STORAGE]										
;;Name	Elev.	MaxDepth	InitDepth	Shape	Curve Name/Params	N/A	Fevap	Psi	Ksat	IMD
92	3.78	1.37	0	FUNCTIONAL	1000 0 0 0	0	0			
18	3.2	3	0	TABULAR	* 0 0 0 0	0	0			

[CONDUITS]														
;;Name	From Node	To Node	Length	Roughness	62	89	15	35.35	0.011	133	11	118	39.63	0.011
1	425	35	43.22	0.011	63	282	89	34	0.013	134	171	40	40.61	0.011
2	35	166	25.33	0.011	64	43	282	43.8	0.013	135	223	171	38.69	0.011
3	166	424	37.31	0.011	65	2	86	29	0.011	136	12	223	42.49	0.011
4	424	366	13.30	0.011	66	256	2	44.42	0.011	137	9	192	39.01	0.011
7	175	407	44.95	0.011	67	341	256	3.78	0.011	138	314	9	50.06	0.011
8	407	146	45.37	0.011	68	225	256	39.58	0.011	140	117	8	43.54	0.011
9	146	227	12.3	0.011	69	121	225	12.15	0.011	141	281	117	26.81	0.011
10	227	375	37.5	0.011	70	65	121	22.14	0.011	142	431	117	18.82	0.011
11	375	376	44.69	0.011	71	66	65	19.70	0.011	144	7	314	59.36	0.011
12	376	408	39.35	0.011	72	142	66	39.86	0.011	145	259	7	43.64	0.011
13	408	409	62.11	0.011	73	90	142	42.64	0.011	146	6	259	29.48	0.011
14	409	263	59.85	0.011	75	194	143	39.83	0.011	147	170	6	49.56	0.011
15	263	68	53.73	0.011	78	122	65	42.97	0.011	150	258	87	5.48	0.011
16	44	68	66.52	0.011	79	122	17	39.8	0.011	151	87	313	29.84	0.011
28	68	195	17.97	0.011	80	284	17	40	0.011	152	313	400	36.8	0.011
29	4	195	65.94	0.011	81	374	284	36.93	0.011	153	311	400	31.80	0.011
30	62	4	41.69	0.011	82	266	374	36.85	0.011	154	5	311	0.97	0.011
31	38	62	7.69	0.011	83	177	266	33.57	0.011	156	402	116	19.42	0.014
32	115	38	26.68	0.011	84	352	177	57.43	0.011	157	116	311	15.27	0.014
37	63	115	29.87	0.011	85	201	177	60	0.011	158	222	5	14.97	0.014
38	200	63	7.82	0.011	86	153	201	50	0.011	159	39	5	10.76	0.013
39	120	200	58.27	0.011	87	383	153	52.8	0.011	160	39	191	29.71	0.013
40	405	120	28.92	0.011	88	319	383	39.19	0.013	162	169	39	32.59	0.013
41	345	405	16	0.011	89	144	374	55	0.014	163	401	169	31.57	0.013
42	344	120	32.72	0.011	90	406	144	52.14	0.013	171	428	427	400	0.013
53	85	279	50.79	0.014	91	262	406	38.81	0.011	178	84	61	13.64	0.013
54	140	86	7.36	0.013	92	403	123	5.97	0.011	179	61	426	4.25	0.013
55	14	140	26.21	0.013	104	343	123	42.5	0.011	181	426	190	26.57	0.013
56	141	14	37.97	0.013	105	10	343	59.68	0.011	182	190	83	18.70	0.013
57	20	141	62.17	0.011	106	94	10	18.64	0.011	185	113	112	45.96	0.013
58	229	20	58.92	0.011	107	126	94	28.65	0.011	186	189	113	25.2	0.013
59	198	229	54.97	0.011	109	95	94	45.17	0.011	187	112	111	61	0.013
61	15	141	23.85	0.011	129	432	403	34.94	0.011	188	334	111	34.96	0.013
					130	192	432	34.94	0.011	189	119	111	61	0.013
					131	40	192	40.37	0.011	190	13	119	12.31	0.014
					132	118	40	20.59	0.011	191	172	119	31.5	0.014

192	111	185	51.01	0.014	262	46	211	26.52	0.011	351	396	332	79.61	0.011
193	173	185	7.55	0.014	263	350	46	30	0.011	352	332	273	68.48	0.011
194	260	173	41.03	0.014	264	381	350	7.36	0.011	353	273	274	69	0.011
195	41	260	26.79	0.014	265	45	381	3	0.011	354	274	447	126.02	0.011
196	193	41	17.25	0.014	266	199	45	11.9	0.011	355	447	56	65.13	0.011
197	404	41	6.73	0.014	267	91	199	19.41	0.011	356	56	107	58.72	0.011
198	373	404	7.41	0.013	268	349	91	5.43	0.011	357	107	448	51.66	0.011
199	185	249	51.85	0.014	269	412	349	46.42	0.011	449	195	125	54.5	0.011
200	270	249	16.9	0.013	270	150	412	22.27	0.011	450	125	92	33.25	0.011
201	249	80	41.04	0.011	271	435	349	22.63	0.011	453	342	191	28.38	0.014
202	188	185	27.57	0.011	272	200	435	22	0.011	454	303	337	33.6	0.014
204	80	184	14.69	0.011	273	317	435	31.1	0.011	455	337	308	49.20	0.014
205	364	184	30.63	0.011	274	78	211	48.98	0.011	456	262	308	8.25	0.014
206	395	364	25.77	0.011	279	326	163	38.7	0.014	457	438	384	54.67	0.014
207	446	395	61.5	0.011	280	300	326	40.52	0.014	458	384	154	52.57	0.014
208	32	446	4.49	0.011	281	296	300	46.42	0.014	459	154	202	55.6	0.014
209	422	32	48.68	0.011	282	51	296	40.98	0.014	460	202	71	60	0.014
210	184	303	69.92	0.011	283	206	51	55.27	0.014	461	71	129	60	0.014
211	106	303	36.64	0.011	284	390	51	52.61	0.011	462	129	232	60	0.014
212	79	186	32.25	0.014	285	445	390	39.32	0.013	463	232	296	60	0.014
213	31	79	42.48	0.011	286	75	390	28.25	0.011	464	296	415	60	0.014
214	394	79	49.25	0.011	287	182	443	41.66	0.011	465	415	354	60	0.014
215	302	394	31.6	0.013	288	102	182	39.93	0.011	466	354	178	60	0.014
222	30	248	45.13	0.011	289	391	246	184	0.011	467	178	24	60	0.014
223	163	30	30.3	0.011	291	105	104	25.9	0.011	469	355	130	60	0.014
224	295	163	18.77	0.011	292	247	104	25.9	0.011	470	130	356	60	0.014
225	382	295	38.31	0.011	293	104	104	31.59	0.011	471	356	179	60	0.014
226	101	362	60.53	0.011	315	300	381	46	0.011	472	179	155	60	0.014
227	162	295	42.7	0.011	341	186	397	41.70	0.011	473	155	98	60	0.014
228	361	162	33.56	0.011	342	448	186	61.47	0.011	474	98	357	60	0.014
229	240	361	7.65	0.011	343	253	54	43.36	0.011	475	357	156	60	0.014
237	361	360	48.33	0.011	344	54	186	48.22	0.011	476	156	233	60	0.014
256	218	426	38.85	0.011	345	81	34	48.15	0.011	477	233	291	57.57	0.014
257	369	190	50.27	0.011	346	34	330	88.65	0.011	478	291	320	52.2	0.014
260	301	248	32.1	0.011	347	330	271	50.43	0.011	479	421	269	60	0.014
261	211	381	32.6	0.011	348	271	331	47.78	0.011	480	269	392	60	0.014

481	392	52	60	0.014	518	244	393	60	0.014	555	57	109	34	0.014
482	52	327	28.57	0.014	519	393	245	60	0.014	556	306	108	36.14	0.014
483	327	183	60	0.014	520	245	298	60	0.014	557	108	109	38.49	0.014
484	183	297	60	0.014	521	298	298	60	0.014	558	214	275	31.57	0.014
485	297	242	60	0.014	522	328	136	60	0.014	559	275	367	34	0.014
486	242	135	60	0.014	523	136	76	60	0.014	560	367	449	35	0.014
487	135	103	60	0.014	524	76	29	60	0.014	561	449	82	31.3	0.014
488	103	134	60	0.014	525	29	445	60	0.014	562	215	82	34	0.014
489	134	420	60	0.014	526	445	328	136	0.014	563	82	110	70.95	0.014
490	420	208	60	0.014	527	137	363	60	0.014	564	110	368	31.57	0.014
491	208	207	59.98	0.014	528	363	77	60	0.014	565	368	216	34	0.014
492	207	241	58.96	0.014	529	77	53	60	0.014	566	216	333	35	0.014
493	241	28	60	0.014	530	53	299	60	0.014	567	333	187	31.3	0.014
494	28	48	60	0.014	531	299	209	60	0.014	568	58	307	61.58	0.014
495	48	25	60	0.014	532	209	138	60	0.014	569	307	217	72.54	0.014
496	25	181	60	0.014	533	138	164	60	0.014	570	217	187	10.5	0.014
497	181	160	60	0.014	534	164	304	60	0.014	571	187	276	38.18	0.014
498	160	159	29.54	0.014	535	304	213	60	0.014	572	276	280	36.4	0.014
499	159	132	41.2	0.014	536	213	250	60	0.014	573	220	340	39.12	0.014
500	132	180	42	0.014	537	250	305	60	0.014	574	340	85	51.60	0.014
501	180	203	42	0.014	538	305	365	60	0.014	575	278	85	11.17	0.014
502	203	234	30	0.014	539	365	304	60	0.014	576	278	256	38.5	0.014
503	234	131	32	0.014	540	251	165	60	0.014	577	480	429	30.5	0.014
504	131	385	38.5	0.014	541	165	252	60	0.014	578	429	339	24.60	0.014
505	385	268	56.9	0.014	542	252	329	47.36	0.014	579	399	339	16.62	0.014
506	268	72	56.96	0.014	543	329	139	47.94	0.014	580	59	36	8.72	0.014
507	72	292	60	0.014	544	139	158	38.01	0.014	581	255	59	15.26	0.014
508	292	416	40	0.014	545	158	440	44.16	0.014	582	338	255	6.13	0.014
509	416	439	60	0.014	546	440	47	40.86	0.014	583	339	339	19.9	0.014
510	439	439	60	0.014	547	47	447	42.98	0.014	584	371	37	45	0.014
511	439	157	61.2	0.014	548	331	55	61.15	0.014	585	37	370	43.4	0.014
512	157	358	60	0.014	549	55	272	55.03	0.014	586	370	84	26.14	0.014
513	358	267	59	0.014	550	272	396	70.31	0.014	587	219	335	25.9	0.014
514	267	359	60	0.014	551	397	167	42.56	0.014	588	335	114	29.62	0.014
515	359	158	28.56	0.014	552	167	306	39.76	0.014	589	114	84	61.14	0.014
516	158	444	60	0.014	554	189	214	70.95	0.014	590	450	427	17.97	0.014
517	444	244	60	0.014	555	57	109	34	0.014	591	427	336	19.87	0.014

592	398	336	31.72	0.014										
593	336	168	27.04	0.014										
594	168	61	24.6	0.014										
595	83	36	26.44	0.014										
596	36	112	38.66	0.014										
597	33	188	32.86	0.014										
598	188	100	56	0.014										
599	100	236	31	0.014										
600	236	237	23	0.014	645	351	302	55	0.014					
601	237	205	44.27	0.014	647	64	372	38.72	0.014					
602	205	26	400	0.014	648	372	259	44.84	0.014					
603	323	238	19	0.014	649	8	314	42.31	0.014					
604	238	27	19	0.014	650	388	387	17.79	0.014					
605	27	294	31.62	0.014	651	387	441	17.1	0.014					
606	294	26	43.66	0.014	652	441	99	10	0.014					
607	26	239	23.8	0.014	653	99	235	31.9	0.014					
608	239	360	21	0.014	654	235	95	31.6	0.014					
609	442	417	42.17	0.014	654	235	95	31.6	0.014					
610	417	360	13.94	0.014	655	133	73	17.97	0.014					
611	360	389	25.5	0.014	656	73	127	16.97	0.014					
612	389	161	35.87	0.014	657	127	95	10.25	0.014					
613	325	389	15.15	0.014	677	16	283	44.93	0.014					
614	74	389	11.31	0.014	678	365	283	59.2	0.014					
615	161	324	27	0.014	679	143	90	37	0.014					
616	324	361	32.27	0.014	680	86	309	43.7						

[XSECTIONS]		63	CIRCULAR	0.6	134	CIRCULAR	0.3	193	CIRCULAR	0.2	
;;Link	Shape	Geom1									
;;-----											
1	CIRCULAR	0.3	66	CIRCULAR	0.6	137	CIRCULAR	0.25	196	CIRCULAR	0.3
2	CIRCULAR	0.3	67	CIRCULAR	0.5	138	CIRCULAR	0.25	197	CIRCULAR	0.3
3	CIRCULAR	0.35	68	CIRCULAR	0.5	140	CIRCULAR	0.25	198	CIRCULAR	0.3
4	CIRCULAR	0.35	69	CIRCULAR	0.5	141	CIRCULAR	0.25	199	CIRCULAR	0.3
7	CIRCULAR	0.6	70	CIRCULAR	0.5	142	CIRCULAR	0.25	200	CIRCULAR	0.3
8	CIRCULAR	0.6	71	CIRCULAR	0.5	144	CIRCULAR	0.25	201	CIRCULAR	0.3
9	CIRCULAR	0.3	72	CIRCULAR	0.5	145	CIRCULAR	0.3	202	CIRCULAR	0.25
10	CIRCULAR	0.3	73	CIRCULAR	0.5	146	CIRCULAR	0.3	204	CIRCULAR	0.3
11	CIRCULAR	0.3	75	CIRCULAR	0.5	147	CIRCULAR	0.3	205	CIRCULAR	0.3
12	CIRCULAR	0.25	78	CIRCULAR	0.3	150	CIRCULAR	0.3	206	CIRCULAR	0.3
13	CIRCULAR	0.35	79	CIRCULAR	0.3	151	CIRCULAR	0.3	207	CIRCULAR	0.3
14	CIRCULAR	0.35	80	CIRCULAR	0.3	152	CIRCULAR	0.3	208	CIRCULAR	0.3
15	CIRCULAR	0.2	81	CIRCULAR	0.3	153	CIRCULAR	0.3	209	CIRCULAR	0.3
16	CIRCULAR	0.25	82	CIRCULAR	0.25	154	CIRCULAR	0.3	210	CIRCULAR	0.3
28	CIRCULAR	0.25	83	CIRCULAR	0.25	156	CIRCULAR	0.3	211	CIRCULAR	0.3
29	CIRCULAR	0.5	84	CIRCULAR	0.3	157	CIRCULAR	0.3	212	CIRCULAR	0.3
30	CIRCULAR	0.5	85	CIRCULAR	0.3	158	CIRCULAR	0.3	213	CIRCULAR	0.3
31	CIRCULAR	0.5	86	CIRCULAR	0.3	159	CIRCULAR	0.3	214	CIRCULAR	0.5
32	CIRCULAR	0.5	87	CIRCULAR	0.3	160	CIRCULAR	0.3	215	CIRCULAR	0.5
37	CIRCULAR	0.5	88	CIRCULAR	0.3	162	CIRCULAR	0.3	221	CIRCULAR	0.2
38	CIRCULAR	0.5	89	CIRCULAR	0.3	163	CIRCULAR	0.3	222	CIRCULAR	0.3
39	CIRCULAR	0.5	90	CIRCULAR	0.3	171	CIRCULAR	0.25	223	CIRCULAR	0.3
40	CIRCULAR	0.3	91	CIRCULAR	0.25	178	CIRCULAR	0.25	224	CIRCULAR	0.3
41	CIRCULAR	0.3	103	CIRCULAR	0.25	179	CIRCULAR	0.5	225	CIRCULAR	0.3
42	CIRCULAR	0.3	104	CIRCULAR	0.35	181	CIRCULAR	0.3	226	CIRCULAR	0.3
53	CIRCULAR	0.25	105	CIRCULAR	0.25	182	CIRCULAR	0.25	227	CIRCULAR	0.3
54	CIRCULAR	0.3	106	CIRCULAR	0.3	185	CIRCULAR	0.25	228	CIRCULAR	0.2
55	CIRCULAR	0.35	107	CIRCULAR	0.3	186	CIRCULAR	0.3	229	CIRCULAR	0.2
56	CIRCULAR	0.35	109	CIRCULAR	0.3	187	CIRCULAR	0.3	237	CIRCULAR	0.2
57	CIRCULAR	0.5	129	CIRCULAR	0.3	188	CIRCULAR	0.3	256	CIRCULAR	0.2
58	CIRCULAR	0.5	130	CIRCULAR	0.3	189	CIRCULAR	0.3	257	CIRCULAR	0.2
59	CIRCULAR	0.5	131	CIRCULAR	0.3	190	CIRCULAR	0.6	260	CIRCULAR	0.3
61	CIRCULAR	0.6	132	CIRCULAR	0.3	191	CIRCULAR	0.3	261	CIRCULAR	0.2
62	CIRCULAR	0.6	133	CIRCULAR	0.3	192	CIRCULAR	0.2	262	CIRCULAR	0.2
263	CIRCULAR	0.2	352	CIRCULAR	0.3	482	CIRCULAR	0.2	519	CIRCULAR	0.2
264	CIRCULAR	0.2	353	CIRCULAR	0.3	483	CIRCULAR	0.2	520	CIRCULAR	0.3
265	CIRCULAR	0.2	354	CIRCULAR	0.3	484	CIRCULAR	0.2	521	CIRCULAR	0.3
266	CIRCULAR	0.2	355	CIRCULAR	0.5	485	CIRCULAR	0.2	522	CIRCULAR	0.3
267	CIRCULAR	0.2	356	CIRCULAR	0.25	486	CIRCULAR	0.2	523	CIRCULAR	0.3
268	CIRCULAR	0.2	357	CIRCULAR	0.6	487	CIRCULAR	0.2	524	CIRCULAR	0.3
269	CIRCULAR	0.2	449	CIRCULAR	0.3	488	CIRCULAR	0.2	525	CIRCULAR	0.3
270	CIRCULAR	0.2	450	CIRCULAR	0.3	489	CIRCULAR	0.2	526	CIRCULAR	0.3
271	CIRCULAR	0.2	453	CIRCULAR	0.2	490	CIRCULAR	0.2	527	CIRCULAR	0.3
272	CIRCULAR	0.2	454	CIRCULAR	0.2	491	CIRCULAR	0.3	528	CIRCULAR	0.3
273	CIRCULAR	0.3	455	CIRCULAR	0.3	492	CIRCULAR	0.3	529	CIRCULAR	0.3
274	CIRCULAR	0.3	456	CIRCULAR	0.3	493	CIRCULAR	0.3	530	CIRCULAR	0.3
279	CIRCULAR	0.25	457	CIRCULAR	0.3	494	CIRCULAR	0.4	531	CIRCULAR	0.3
280	CIRCULAR	0.5	458	CIRCULAR	0.3	495	CIRCULAR	0.3	532	CIRCULAR	0.3
281	CIRCULAR	0.3	459	CIRCULAR	0.3	496	CIRCULAR	0.3	533	CIRCULAR	0.3
282	CIRCULAR	0.3	460	CIRCULAR	0.3	497	CIRCULAR	0.2	534	CIRCULAR	0.3
283	CIRCULAR	0.2	461	CIRCULAR	0.3	498	CIRCULAR	0.25	535	CIRCULAR	0.3
284	CIRCULAR	0.2	462	CIRCULAR	0.3	499	CIRCULAR	0.25	536	CIRCULAR	0.3
285	CIRCULAR	0.3	463	CIRCULAR	0.3	500	CIRCULAR	0.25	537	CIRCULAR	0.3
286	CIRCULAR	0.3	464	CIRCULAR	0.3	501	CIRCULAR	0.25	538	CIRCULAR	0.3
287	CIRCULAR	0.3	465	CIRCULAR	0.3	502	CIRCULAR	0.3	539	CIRCULAR	0.3
288	CIRCULAR	0.3	466	CIRCULAR	0.3	503	CIRCULAR	0.3	540	CIRCULAR	0.3
289	CIRCULAR	0.3	467	CIRCULAR	0.3	504	CIRCULAR	0.3	541	CIRCULAR	0.3
290	CIRCULAR	0.25	468	CIRCULAR	0.3	505	CIRCULAR	0.3	542	CIRCULAR	0.3
291	CIRCULAR	0.2	469	CIRCULAR	0.3	506	CIRCULAR	0.3	543	CIRCULAR	0.3
292	CIRCULAR	0.2	470	CIRCULAR	0.3	507	CIRCULAR	0.3	544	CIRCULAR	0.3
293	CIRCULAR	0.3	471	CIRCULAR	0.3	508	CIRCULAR	0.3	545	CIRCULAR	0.2
315	CIRCULAR	0.3	472	CIRCULAR	0.3	509	CIRCULAR	0.3	546	CIRCULAR	0.2
341	CIRCULAR	0.3	473	CIRCULAR	0.3	510	CIRCULAR	0.3	547	CIRCULAR	0.2
342	CIRCULAR	0.3	474	CIRCULAR	0.2	511	CIRCULAR	0.3	548	CIRCULAR	0.2
343	CIRCULAR	0.3	475	CIRCULAR	0.2	512	CIRCULAR	0.3	549	CIRCULAR	0.2
344	CIRCULAR	0.3	476	CIRCULAR	0.3	513	CIRCULAR	0.3	550	CIRCULAR	0.2
345	CIRCULAR	0.3	477	CIRCULAR	0.3	514	CIRCULAR	0.3	551	CIRCULAR	0.3
346	CIRCULAR	0.3	478	CIRCULAR	0.3	515	CIRCULAR	0.3	552	CIRCULAR	0.3
347	CIRCULAR	0.3	479	CIRCULAR	0.2	516	CIRCULAR	0.3	554	CIRCULAR	0.3
348	CIRCULAR	0.3	480	CIRCULAR	0.2	517	CIRCULAR	0.2	555	CIRCULAR	0.3
351	CIRCULAR	0.3	481	CIRCULAR	0.2	518	CIRCULAR	0.2	556	CIRCULAR	0.2
557	CIRCULAR	0.2	594	CIRCULAR	0.5						
558	CIRCULAR	0.2	595	CIRCULAR	0.6						
559	CIRCULAR	0.2	596	CIRCULAR	0.6						
560	CIRCULAR	0.2	597	CIRCULAR	0.6						
561	CIRCULAR	0.2	598	CIRCULAR	0.6						
562	CIRCULAR	0.2	599	CIRCULAR	0.6						
563	CIRCULAR	0.2	600	CIRCULAR	0.6						
564	CIRCULAR	0.2	601	CIRCULAR	0.5						
565	CIRCULAR	0.2	602	CIRCULAR	0.35						
566	CIRCULAR	0.2	603	CIRCULAR	0.5						
567	CIRCULAR	0.3	604	CIRCULAR	0.3						
568	CIRCULAR	0.3	605	CIRCULAR	0.5						
569	CIRCULAR	0.3	606	CIRCULAR	0.5						
570	CIRCULAR	0.2	607	CIRCULAR	0.5	648	CIRCULAR	0.5			
571	CIRCULAR	0.3	608	CIRCULAR	0.5	649	CIRCULAR	0.5			
572	CIRCULAR	0.2	609	CIRCULAR	0.5	650	CIRCULAR	0.5			
573	CIRCULAR	0.2	610	CIRCULAR	0.5	651	CIRCULAR	0.5			
574	CIRCULAR	0.3	611	CIRCULAR	0.5	652	CIRCULAR	0.5			
575	CIRCULAR	0.5	612	CIRCULAR	0.5	653	CIRCULAR	0.5			
576	CIRCULAR	0.5	613	CIRCULAR	0.5	654	CIRCULAR	0.5			
577	CIRCULAR	0.5	614	CIRCULAR	0.5	655	CIRCULAR	0.5			
578	CIRCULAR	0.5	615	CIRCULAR	0.5	656	CIRCULAR	0.5			
579	CIRCULAR	0.5	616	CIRCULAR	0.5	657	CIRCULAR	0.5			
580	CIRCULAR	0.5	617	CIRCULAR	0.5	677	CIRCULAR	0.5			
581	CIRCULAR	0.5	634	CIRCULAR	0.5	678	CIRCULAR	0.6			
582	CIRCULAR	0.5	635	CIRCULAR	0.5	679	CIRCULAR	0.5			
583	CIRCULAR	0.5	636	CIRCULAR	0.5	680	CIRCULAR	0.5			
584	CIRCULAR	0.35	637	CIRCULAR	0.5	681	CIRCULAR	0.5			
585	CIRCULAR	0.5	638	CIRCULAR	0.5	682	CIRCULAR	0.5			
586	CIRCULAR	0.5	639	CIRCULAR	0.5	683	CIRCULAR	0.5			
587	CIRCULAR	0.5	640	CIRCULAR	0.3	684	CIRCULAR	0.25			
588	CIRCULAR	0.5	641	CIRCULAR	0.6	685	CIRCULAR	0.25			
589	CIRCULAR	0.5	642	CIRCULAR	0.5	689	CIRCULAR	0.3			
590	CIRCULAR	0.5	643	CIRCULAR	0.5	691	CIRCULAR	0.3			
591	CIRCULAR	0.5	644	CIRCULAR	0.5	692	CIRCULAR	0.3			
592	CIRCULAR	0.6	645	CIRCULAR	0.5	5	CIRCULAR	0.3			
593	CIRCULAR	0.6	647	CIRCULAR	0.5	6	CIRCULAR	0.3			
						23	RECT_OPEN	4			