

INTERCEPTOR DOURO SISTEMA CENTENÁRIO DE SANEAMENTO DA CIDADE DO PORTO Collector-Siphon Douro Centenary Sewerage System of the City of Porto

PAULA ALEXANDRA BRANDÃO⁽¹⁾ e FRANCISCO PIQUEIRO⁽²⁾

⁽¹⁾ Engenheira Civil, Aguas do Porto, EEM,
Rua Barão Nova Sintra, 285, 4300 Porto, paula.brandao@aguasdoporto.pt

⁽²⁾ Professor Auxiliar, FEUP
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, piqueiro@fe.up.pt

Resumo

Actualmente, as zonas urbanas encontram-se consolidadas e parcial ou integralmente infra-estruturadas. Apesar de, em alguns pontos do globo, se verificar um acréscimo demográfico acentuado, são escassas as cidades novas construídas de raiz, pelo que, motivada quer pela obliteração do período de vida útil das redes, quer pelas novas solicitações pode-se considerar o início de uma nova fase – renovação e adequação.

A cidade do Porto, a nível nacional, foi pioneira na criação da rede de saneamento, cuja particularidade advém do colector-sifão, instalado paralelamente ao rio Douro entre Rego Lameiro e Sobreiras, ser coadjuvado por uma linha de ar comprimido. O esgoto conduzido até ao reservatório em Sobreiras era lançado através de um exutor submarino no meio hídrico, onde, conjuntamente, foi instalada uma central de produção de ar comprimido, conforme critérios e métodos da equipa projectista – Isaac Shone e Edwin Ault.

A rede, em funcionamento há mais de cem anos, à qual converge cerca de 40% do esgoto produzido na cidade do Porto, foi prolongada até à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) do Freixo. No entanto, persiste um troço original, central, de secção variável com uma extensão de 2 000m, entre a Alfandega e Gomes Freire.

A longevidade e a dimensão dos Serviços Municipalizados de Aguas e de Saneamento do Porto consubstanciam um historial único no país, o qual abrange desde a captação até à rejeição no meio hídrico, bem como custos, encargos e investimentos.

Pelo exposto, reflecte-se sobre futuras solicitações da rede, nomeadamente do Interceptor Douro, apresentando-se soluções que permitam a sua continuidade em pleno funcionamento, assim como a sua coordenação com o funcionamento das ETAR.

Palavras-chave: Interceptor Douro, Porto, tanque Shöne, ejector;

Abstract

Nowadays, urban areas are consolidated and partially or fully infrastructure. Except for some parts of the world where there is a marked population growth, new towns built from scratch are scarce, therefore, motivated either by the validity of networks or by new requests the beginning of a second phase - the renewal and adaptation, can be considered.

The city of Porto, at a national level, was pioneer in the implementation of the sewerage network, whose particularity is the interceptor to be assisted by a compressed air line. The implemented system included one reservoir in Sobreiras, one submarine exutor and a central compressed air production. The whole system was developed by Shone and Ault.

In operation for more than one hundred years, the network drains 40% of the town sewage and was partially renovated and extended up to Freixo. However, it still remains an original central section with a length of 2 km, between Alfândega and Gomes Freire.

The longevity of Municipal Services of Water and Sanitation allowed collecting a unique history in the country, which ranges from the abstraction to the rejection on the aquatic environment, as well as costs, charges and investments.

Therefore, considerations are made on future network demands, including the Interceptor Douro, presenting solutions that allow its continuation in full operation, as well as their coordination with the operation of the Waste Water Treatment Plan (WWTP).

Keywords: Collector-siphon-Douro, Porto, Shöne tank, ejector.

1. Contextualização Histórica

1.1. O Porto no Século XIX

A cidade do Porto no séc. XIX viu-se confrontada com um crescimento da taxa de mortalidade de 23,6‰¹ para 39,5‰, entre 1870 e 1881, esta última directamente relacionada com o agravamento das condições de vida na cidade, às quais não seriam alheias as duas graves epidemias que assolaram este município, atingindo o pico de mortalidade infantil de 257,82‰ em 1896, Figura 1.

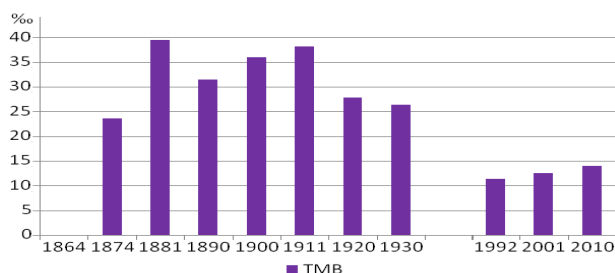


Figura 1. Taxa de mortalidade (‰).

Sendo a população o principal vector de um burgo, são apresentados alguns dados disponíveis referentes ao final do séc. XIX².

Em 1801, Portugal continental contava com 2 931 930 habitantes, atingindo os 4 660 095 habitantes em 1890, dos quais 146 454 no Porto³. Actualmente, a população residente no Porto é de 237 584 habitantes.

Mas qual a qualidade de vida no Porto?

Um das principais fontes de informação desta época são os estudos e os relatórios elaborados por Ricardo Jorge⁴, o qual afirmou que o Porto era “cidade cemiterial portuguesa”, apenas comparável na Europa com as cidades de Ruão, Bucareste, e Moscovo⁵, bem como que “a drenagem geral das cidades tem abaixado fortemente a mortalidade⁶; as quotas superiores, como a nossa, de 30 a 40, desapareceram da estatística, lá onde se executou sewerage sanitária.”

¹ Imputada aos anos de má colheita que se traduziram na forte subida do preço dos cereais, principal alimento da população.

² Dados estatísticos do INE. Desde 1801 que se reconhecem vários recenseamentos de população, mas apenas a partir de 1864 se poderão considerar fiáveis os censos, pois até essa data o grau de discriminação era bastante reduzido, não se procedendo à simples identificação por sexo, faixa etária e actividade profissional. Dados mais actuais respeitam ao censo de 2011;

³ Fonte: Instituto Nacional de Estatística – INE. Entre 1864 e 2011, a densidade populacional no Porto passa de 175,66 para 5 702,93 hab/km² e em Lisboa de 57,66 para 6 503,4 hab/km²;

⁴ Ricardo de Almeida Jorge, 1858-1939, médico, investigador e higienista. Formou-se na Escola Médico-Cirúrgica do Porto em 1879; Docente das cadeiras de Anatomia, Histologia e Fisiologia Experimental, 1880 a 1899; Médico municipal do Porto e responsável pelo Laboratório Municipal de Bacteriologia, 1891 e 1899; Inspector-Geral de Saúde, professor de Higiene da Escola Médico-Cirúrgica de Lisboa, director do Instituto Central de Higiene, 1899 a 1939. Um dos principais defensores do saneamento;

⁵ Miriam Halpern Pereira (1971) - Livre-câmbio e desenvolvimento económico: Portugal na segunda metade do século XIX, Lisboa, Cosmos, Reeditado em 1983, Editora Sá da Costa;

⁶ A redução de 10‰ do número de óbitos e concomitantemente de doentes, representa transitar de uma despesa de 1.123:376\$000 reis⁶ para 333:600\$000 reis;

Ressalva, também, que a perda de população “não é só dôr moral, uma desgraça pungente, é um rateio annual espantoso de riqueza publica”, demonstrando o custo da morbilidade e da mortalidade no Porto.

A solução de desembaraçamento é acenada ao longo de vários relatórios elaborados por Ricardo Jorge, o qual indicava que sendo as doenças propagáveis pelo ar será imprescindível a eliminação da disseminação de odores, enunciando as vantagens dos aparelhos domiciliários serem dotados de “siphão hydraulico”, o original, pois “o nosso sifão domestico, caricatura do bom siphão hygienico, é tudo ás avessas. Contornado a dedo, grosseiramente enformado ou antes deformado, nem enche, nem vasa, nem obtura; ao cabo de poucas semanas é uma fossa suplementar, terrivelmente pestilenta”.

Os principais factores de insalubridade da cidade do Porto foram identificados como sendo:

- Insatisfatório sistema de esgotos;
- Falta de água potável;
- Más condições de alojamento.

Vejamos alguns dos factores que poderão ter contribuído para esta situação.

Em Portugal estava implementado o regime monárquico, disputado entre Absolutistas e Liberais, encontrando-se as finanças do reino em rotura. Em 1820 ocorre a Revolução Liberal do Porto motivada pela necessidade de abolir os privilégios alfandegários⁷ aos produtos Ingleses nas alfândegas Portuguesas que originaram uma profunda crise no comércio nacional.

Assim, durante o séc. XIX foi dado um grande impulso à construção de estradas e do caminho-de-ferro, os quais permitiram uma maior facilidade na movimentação de pessoas, de alimentos e de bens.

Este impulso não será alheio, também, à implantação em zonas de fácil acesso de unidades industriais, no seguimento do processo de Revolução Industrial, iniciado em Inglaterra na transição do séc. XVII para o séc. XVIII, as quais necessitavam de mão-de-obra para laboração e de eixos viários para escoamento de produção.

Atendendo ao aumento de população, à diminuição de produção agrícola⁸, as pessoas migraram das zonas rurais para os locais que dispunham de indústrias, em busca de salários fixos⁹ e de melhores condições de vida. No entanto, as cidades não estavam estruturadas para tamanha demanda¹⁰.

⁷ Mouzinho da Silveira, 1780-1894, estadista, jurisconsulto e político português e uma das personalidades interventivas da revolução liberal. Promoveu das mais profundas modificações institucionais nas áreas da fiscalidade e da justiça, entre as quais de forma a colmatar os cofres do reino, aboliu regras feudais e criou condições para o aparecimento de nova classe, a burguesia ligada ao comércio;

⁸ No norte dizimação de vinhedos pela filoxera;

⁹ Um director de banco auferia 30\$00/mês, um operário masculino no máximo por jorna 500 rs, nos restantes casos 20 a 240 rs. Para comparação, os bens alimentares 1 kg açúcar custavam 226 rs, 1 kg arroz 86 rs, 1 kg de bacalhau 146 rs;

¹⁰ Esta situação não se tornou mais grave, pois dada a inexistência de trabalho, muitas pessoas optaram por emigrar (Brasil e outros destinos);

No caso do Porto, Figura 2, a população praticamente duplica de 1864 para 1900, da qual metade habita em ilhas¹¹, descritas por Ricardo Jorge como “*um antro de immundice; ...pouco acima da toca lóbrega troglodita*”, não dispondo de condições mínimas de salubridade favorecendo a ocorrência e alastramento de epidemias.

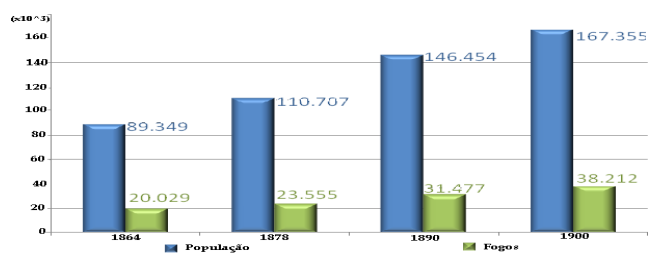


Figura 2. Evolução da população e de fogos (x10³), Censos 1864 a 1900.

No que respeita aos limites físicos e ocupacionais da cidade, ao longo dos tempos a cidade do Porto foi crescendo¹² ao sabor das solicitações culminando com a revolução industrial, Figura 3.

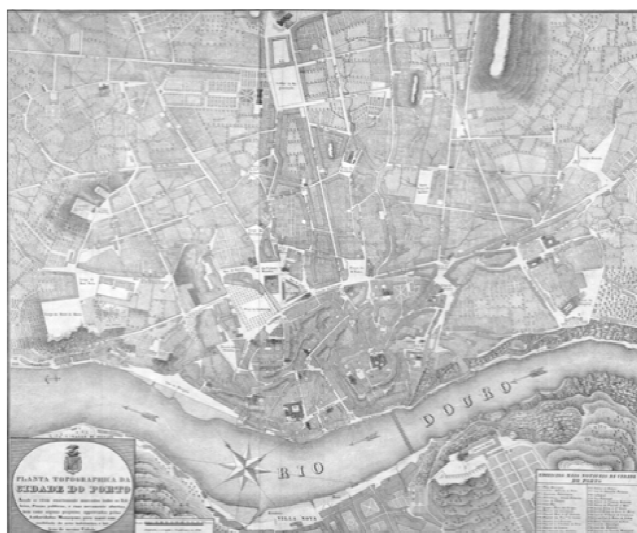


Figura 3. Planta topográfica da Cidade do Porto¹³ - 1839 - de Joaquim da Costa Lima Júnior¹³.

Um dos mais importantes passos no sentido de estruturar a cidade teve lugar em meados do séc. XVIII com o “*Plano Urbanístico dos Almadas*”¹⁴, o qual se baseia numa abordagem racional na concepção da cidade, valorizando aspectos como a luz, a higiene e a salubridade.

Este plano¹⁵, desenvolvido pela Junta de Obras Públicas, departamento central da direcção do desenvolvimento urbanístico da cidade, a qual foi constituída em 1763, com membros da Câmara apoiados por engenheiros militares e por arquitectos, esteve em funcionamento até 1804.

Passado quase um século, em 1881, o Presidente da Câmara José Augusto Correa de Barros apresenta à Câmara o “*Plano de Melhoramentos da Cidade do Porto*”. Um dos objectivos elencados nesse plano, alínea e), respeita a “*rede de saneamento e a melhoria da rede de abastecimento de água ao domicílio*”.

Até meados do séc. XIX o Porto apresentava uma distribuição populacional aglutinada na zona central - Urbana, posteriormente e ao longo do séc. XX, o burgo começa a ocupar a zona de lavoura - Extra-urbano (1) - até atingir a ocupação dos nossos dias.

Em 1892, é dada à estampa uma planta topográfica da cidade, à escala 1:500, dirigida por Telles Ferreira¹⁶ a pedido da câmara, a qual revela o Porto do século XIX (Figura 4):

“*...um perímetro urbano bem definido¹⁷, as saídas da cidade a desenharem-se por extensas filas de novas construções, e pequenos lugares — como a Foz - ganhando certa importância.*”



Figura 4. A evolução urbana do Porto¹⁸ - base planta topográfica de Telles de Ferreira.



Figura 5. Planta da cidade do Porto referida ao ano de 1903 [Material cartográfico] / sistema privilegiado do Conselheiro M. Cortez - Delimitação das Freguesias¹⁹.

¹¹ Em 1899 contabilizam-se cerca de 11 129 casas em 1048 ilhas;

¹² Crescimento “orgânico”, e não planeado da cidade, ou seja “anárquico”;

¹³ Joaquim da Costa Lima Júnior, 1806-1864, em 1836 inicia actividade de professor de Arquitectura Civil na Academia Portuense e a partir de 1853 “arquitecto da cidade” ao serviço da Câmara Municipal. Imagem ampliada e corrigida a “graphómetro” [Fonte: <http://doportoenaoso.blogspot.com>];

¹⁴ João de Almada e Melo, 1703-1786, entre outros cargos exerceu o de Governador das Justiças e Relação da Casa do Porto, tendo sido o principal impulsionador da expansão urbana da cidade do Porto no século XVIII e da organização do espaço actualmente designado por Baixa do Porto. Este plano foi posteriormente conduzido pelos seus descendentes, pelo que, é conhecido por “dos Almadas”;

¹⁵ Dos primeiros planos de conjunto a aparecer na Europa.

¹⁶ Apresenta visão global da cidade e a estruturação do território, trata-se na realidade de um plano de actividades, predominantemente político, mas com consequências na evolução urbana da cidade, com a particularidade de não apresentar peça desenhada.

¹⁷ Inclui a Estrada da Circunvalação.

¹⁸ Planta 1.2.1.1. do Plano Director da cidade do Porto de 1962, Fonte: <http://doportoenaoso.blogspot.com>;

A imprensa foi um veículo fundamental no despertar de consciências, pois ao longo de vários anos imprime diversos artigos a clamar para a falta de limpeza da cidade e a inércia dos governantes, pelo que se transcrevem alguns dos conteúdos que traduzem a realidade e os conhecimentos da época²⁰.

“A limpeza é a primeira e essencial condição d’uma terra policiada, como o deve ser de todo o ajuntamento mais ou menos numeroso.”

*“O mais grave, e o mais difficil de todos os assumptos de hygiene, é a limpeza publica. Em toda a parte os governos, e as municipalidades estudam e experimentam os meios aconselhados para determinarem os mais efficazes; e posto que não esteja ainda assente nenhum plano livre de defeitos, e seguro de resolver todos os embaraços, há um principio em que quasi todos concordam, o da impermeabilidade dos canos e conductores dos despejos e immundicies.”*²¹

“Não nos parece que se tenha reparado bem que os nossos 108:346 habitantes (Censo 1878) produzem diariamente 120:015 Kilos d’urina e 10:834 Kilos de fezes (supponde por cada habitante 1:200 gram. e 100 gram. respectivas de cada substancia); que ajuntando a estes productos eminentemente deletérios, as aguas imundas das mil procedências fabris e urbanas, e as substancias em decomposição resultantes dos animaes domésticos e da labutação e tráfego quotidianos: temos uma cifra verdadeiramente enorme de productos os mais tóxicos possível, (...)”

*“E de facto, se exceptuarmos as duas terças partes das matérias fecaes (ou seja 7:000Kilos diários)²²; e uma certa porção dos ciscos e outros productos solidos, que são desde muito aproveitados para a lavoura, mas extrahidos e transportados pela maneira mais grosseira e suja possível, tudo o mais, ou se infiltra no solo, nas aguas subterraneas e nos terrenos das habitações e os satura, ou é lançado por encanamentos particulares, geralmente de construção a mais primitiva e viciosa que dar se possa, em aqueductos publicos ainda mais primitivos e viciosos que aquelles.”*²³

Os encanamentos acima referidos integram levantamento da planta²⁴ das canalisações que constituem a rede do systema de esgotos da cidade mandado realizar pela Câmara em 1899, cujo relatório indica a ausência de coerência no desenvolvimento dessa rede e a falta de estanqueidade do que resulta a sua inoperacionalidade²⁵, Figura 6.

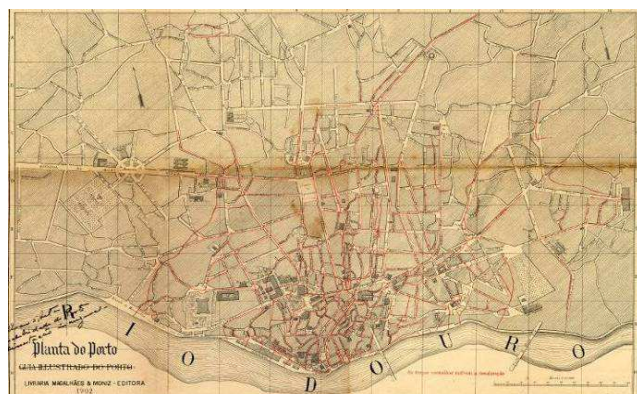


Figura 6. Planta das canalisações que constituem a rede do systema de esgotos da cidade, 1889/1902.

Outras vozes, a coberto do anonimato, questionavam para o risco de abertura de vala para instalação de tubagem em terrenos atulhados de esgoto, bem como, sendo o sistema de desembaraçamento de esgotos tão benéfico qual a razão da capital, Lisboa, não dispor do mesmo²⁶.

Nessa época, muitas cidades já possuíam rede de saneamento, unitária ou separativa, cuja divulgação pelos meios de comunicação escritos, pasquins, jornais e revistas de especialidade, demonstrou as vantagens sanitárias daí advindas, deixando portanto de ser conotado com luxo.

1.2. Abertura de concurso de saneamento da cidade

Finalmente, em 1897, a cidade do Porto, após anuência do governo do Reino, publicita no Diário do Governo a abertura de concurso para a “Execução das obras de saneamento na cidade do Porto”, a primeira rede de saneamento a construir de raiz a nível nacional, Figura 7.

Verifiquei a exactidão. — O juiz de direito, Neves.

CAMARA MUNICIPAL DO PORTO

19 A camara municipal do Porto faz publico que se acha aberto concurso para o saneamento da cidade, com as condições e clausulas seguintes :

Figura 7. Anúncio de concurso para o saneamento do Porto²⁷.

O anúncio define ao longo dos seus 7 artigos o objectivo, condições e prazos, transcrevendo-se os mais relevantes:

“1º A área a sanear é abrangida por uma linha perimetrica que, costeando a margem direita do rio Douro, desde o esteiro de Campanhã até à embocadura do Valle do Oiro, siga a recta até ao Matadouro, d’ahi pelos extremos da rua da Rainha e Costa Cabral em linha recta até esteiro de Campanhã.”

¹⁹ Planta – João José Mendonça Cortes, 1838-1912. Até ao Liberalismo, “freguesia” e “paróquia” são sinónimos (à semelhança de “concelho” e “município”), não havendo uma estrutura civil separada da estrutura eclesiástica. Com a reforma administrativa de 18 de Julho de 1835, surge a estrutura civil da Junta de Paróquia, autonomizada da estrutura eclesiástica; os seus limites territoriais, no entanto, eram geralmente coincidentes com a das paróquias eclesiásticas que vinham desde a Idade Média;

²⁰ Assinala-se a negrito os dados mais relevantes;

²¹ Texto de Dr. J. F. Ayres de Gouvêa Osório com o título “Hygiene Municipal – Canos d’esgotos”, publicado na revista quinzenal “A saude publica – Hebdomadário de Hygiene”, 1884;

²² Como se pode verificar, não era desconhecido da população do Porto o volume e caracterização dos dejectos produzidos, sua consequência nociva, bem como, o desenvolvimento e implantação de soluções de recolha e desembaraçamento de esgoto;

²³ Texto de Dr. Tito Jorge da Costa Malta, com o título “A febre typhoide e os encanamentos do Porto”, publicado na Revista quinzenal “A saude publica – Hebdomadário de Hygiene”, 1885;

²⁴ Levantamento a cargo dos Srs. Eng. Casimiro Barbosa e Tenente de artilharia Paes de Figueiredo;

²⁵ Álvaro Cândido Furtado de Antas, Dissertação Inaugural “Insalubridade do Porto”, 1902;

²⁶ F., 1903, “O saneamento do Porto e a canalisação dos esgotos – Verdades ao alcance de todos”;

²⁷ Fonte: Biblioteca Pública Municipal do Porto – Diário do Governo n.º 16, fls. 177 e 178;

“Os ante-projectos propostos serão, porem, delineados de forma a drenagem possa ser ulteriormente ampliada a toda a extensão do concelho abrangido pela circunvalação.”

“2º Os projectos submettidos a concurso terão por base qualquer dos systemas de remoção de sewage das habitações, sancionavel pelas doutrinas estabelecidas e pela practica de experiencias executadas; e deverão adaptar-se especialmente às condições topographicas e sociaes da cidade, buscando uma solução satisfactoria sob o triplo aspecto sanitário, technico e económico.”

“4º Cada proposta para ser admittima a concurso deve conter:

a) Um plano technico que dê uma idea nítida da execução da obra e suas vantagens hygienicas e practicas.

b) ...

c) Documentos que provem ter o concorrente emprehendido e executado obras de igual natureza, ou, pelo menos, que pessoa idonea n'essas condições subscreva o plan technico e se responsabilize pela sua execução.

d) Recibo de entrada na caixa geral de depósitos, á ordem da câmara, de 5:000\$00 reis ... como caução provisoria.²⁸”

Os elementos acima transcritos evidenciam o tipo de intervenção promovida pela Câmara do Porto, presentemente designada de concepção-construção.

De forma a visualizar a área a drenar, ponto 1, delimitou-se a planta do início do séc. XX. Na mesma, constata-se que a Foz, zona de banhos, começa a adquirir importância, apresentando arruamentos devidamente planeados, Figura 8.

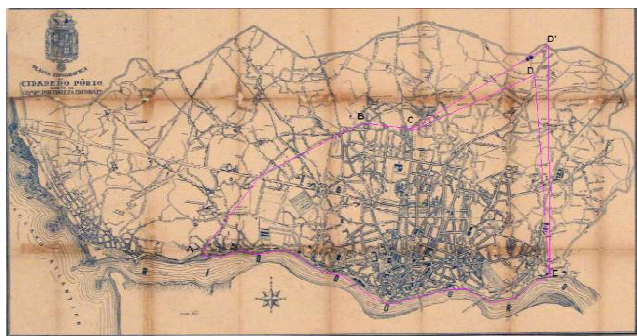


Figura 8. Delimitação da zona a drenar, conforme planta do Arquivo da Águas do Porto, EEM²⁹.

Os limites físicos indicados no ponto 1 são portanto:

- A - Valle do Ouro - zona do largo António Calém (Sobreiras);
- B - Matadouro - antigamente localizado na rua de S. Diniz (instalações da Câmara Municipal do Porto - Limpeza urbana/canil);
- C - rua da Rainha (extrema) - actual rua Antero de Quental;
- D, D' - rua de Costa Cabral (extrema);
- E - rua Esteiro de Campanhã.

A planta seguinte, Figura 9, proporciona uma melhor identificação dos pontos de extrema e da área a drenar.

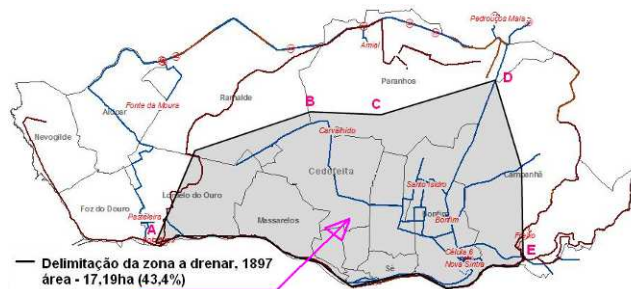


Figura 9. Delimitação e área da zona a drenar, 1897³⁰.

Como se constata, aquando da abertura deste concurso público, apenas se encontravam disponíveis os Censos de 1864 (Figura 10), de 1878 e 1890 (Figura 11), os quais indicavam um crescimento efectivo da população, mas que abranda em 1900 (Figura 12).

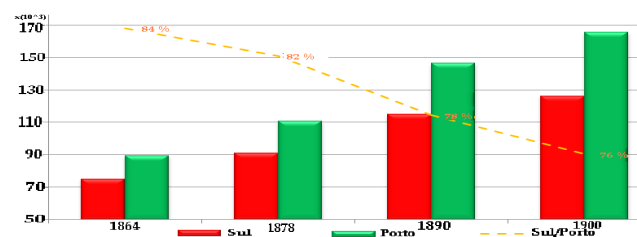


Figura 10. População do Porto e da bacia a drenar (x10³), período de 1864-1900.

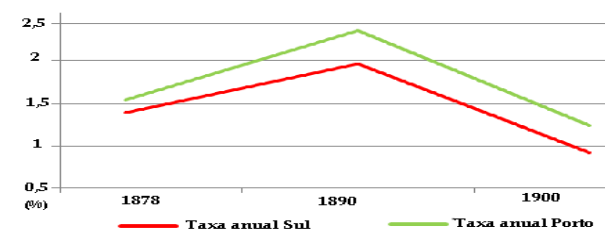


Figura 11. Taxa de crescimento anual.

Com dados tão escassos, as cidades em desenvolvimento e a fragilidade de planos que definam a malha urbana, o tipo de ocupação do solo, a densidade construtiva e demais parâmetros necessários à quantificação das variáveis de dimensionamento, além dos factores externos que as condicionam, por exemplo, a taxa de cobertura de água, a ligação de imóveis à rede, etc., os projectistas não poderiam antever a evolução da rede, bem como, as necessidades da cidade, cujo desenvolvimento populacional se retrata na Figura 12.

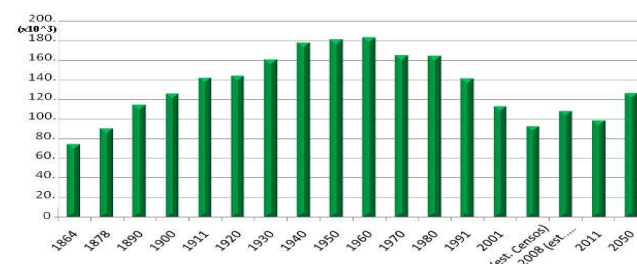


Figura 12. Evolução da população na bacia a drenar (x10³)³¹.

²⁸ Exigências que ainda hoje persistem;

²⁹ Base planta de 1903 [Fonte: Casa do Infante/Arquivo Histórico Municipal - cota: D-CDT-B4-113];

³⁰ Fonte: Sistema de Informação da AdP, EEM;

³¹ Censos de 1864 a 2011, estimativa para 2050;

2. O Saneamento da Cidade do Porto

2.1. Sistemas de drenagem de águas residuais

Quanto a soluções de drenagem, o sistema que se encontrava mais vulgarizado era similar aos antigos canos da Roma Imperial, denominado de sistema combinado, ou em francês, *“tout a l’égout”*.

A nível internacional existiam várias escolas, umas que defendiam o sistema unitário, outras, o separativo e ainda um misto. A escolha do sistema e da solução da rede depende de vários factores, podendo-se indicar como principais a topografia, o tipo de subsolo, as condições climáticas, a evolução da população, além de custos quer de execução³² da rede quer de exploração, subentende-se, é claro, que para funcionar tem de existir abastecimento de água domiciliária.

2.2. Proposta

Apesar da importância deste tipo de intervenção, apenas a empresa Hughes & Lancaster³³, sediada em Westminster, apresentou à Câmara Municipal do Porto proposta para a execução, conforme projecto elaborado por Shone e Ault, para o **“Saneamento da cidade do Porto pelo systema separado com o emprego dos expulsos de shone nas zonas baixas da cidade”**.

A proposta é acompanhada por um Relatório, no qual são explanadas as condições existentes, bem como, o paralelismo entre a cidade do Porto e a cidade de Rangoon, Birmânia, infra-estruturada por esta equipa projectista, entre 1889-1894.

Sucintamente, a solução apresentada consiste da divisão da cidade em bacias de drenagem autónomas – *districtos*, as quais no ponto de convergência gravítica são instalados tanques ou ejectores, denominados de órgãos da rede, cuja função é injectar o esgoto num *“collector-syphão”*, actualmente denominado de Interceptor Douro, que transporta o esgoto para um reservatório instalado em local que permitisse o seu lançamento em meio hídrico receptor, neste caso Sobreiras. Contudo o funcionamento deste sistema requeria a existência de uma linha de ar comprimido, sendo a sua central de compressão, instalada em Sobreiras. Os *districtos*, bacias de drenagem, foram delimitados em função da topografia dos arruamentos assegurando que o escoamento dos colectores a instalar ao longo dos mesmos se verificasse de forma gravítica. No que diz respeito a materiais utilizados, para a tubagem da rede gravítica a escolha recaiu no grés; para o interceptor, o ar comprimido, equipamentos e acessórios, nomeadamente ejectores e sifões Shone, escolheu-se o ferro fundido.

³² O sistema unitário preconiza a recolha e transporte numa única tubagem as águas residuais pluviais e domésticas até desembaraçamento em meio hídrico, por oposição, o separativo o transporte destes tipos de águas residuais é estabelecido por tubagens independentes, logo de menores diâmetros e menos oneroso a nível de custos quer de instalação quer de manutenção se tivermos em atenção os trabalhos e volumes de água necessários para remoção da deposição de sólidos em tubagens de grande diâmetro, necessárias em soluções unitárias. As águas residuais pluviais possuem como agravante a sazonalidade, a duração e o volume de pluviosidade;

³³ Referenciada como H&L;

2.2.1. Caracterização do Porto

O relatório acima referido descreve as características e condições da cidade do Porto, as quais como são parâmetros ainda hoje a ter em apreço aquando da selecção do tipo de solução a desenvolver, se transcrevem:

“... situada na parte do rio Douro sujeita às marés, e distando uns 4 km do ponto onde o rio desemboca no oceano Atlântico.”

“Topograficamente, acha-se construída nos declives pedregosos que seguem a margem do rio, e que, em alguns sítios, se elevam à altura de 50m, e em outros até 80m n’uma distância horizontal de apenas 800m do rio.”

“O subsolo consiste, quasi todo, de rocha dura de granito, que se encontra, geralmente, à profundidade de 1m abaixo da superfície das ruas.”

“O rio Douro, nas alturas da cidade, tem cerca de 300 m de largura, porém alarga-se muito nas proximidades da Foz, onde tem mais de 650 m, contraindo-se depois na saída para o mar, devido a um cabedello que se estende de sul a norte, e deixa uma passagem de 170 m de largura.”

“O rio à maré baixa, tem cerca de 6m de profundidade, sendo a diferença da maré baixa para a alta de 2,5 m, e durante as marés vivas a diferença pode atingir 3,2m, com o auxilio dos ventos e das enchentes.”

“A duração da media da corrente vasante é maior do que a da enchente, prolongando-se aquella por espaço de 6h e 40m, e esta 6h e 8m.”

“A cidade do Porto é abastecida d’agua continuamente desde 1887, sendo o fornecimento médio diário de 4600 m³.”

“Actualmente, uma quantidade considerável d’aguas sujas provenientes das casas, além da agua pluvial, é conduzida por um grande numero de encanamento subterrâneos, que vão terminar no rio em frente da cidade.”

“As matérias excrementicias são lançadas para fossas, que são despejadas periodicamente pelos lavradores dos arredores do Porto, os quaes se servem d’ellas para a agricultura.”

[...]; “porém nas partes mais densamente povoadas da cidade, incluídas no plano, qualquer remoção de taes matérias, por trabalho manual, constitue uma greve infracção das regras de hygiene e uma ameaça continua para a saúde dos habitantes, mais especialmente quando, como geralmente succede, as fossas não estão bem vedadas, deixando infiltrar-se as partes fluidas do deposito para o subsolo, impregnando-se assim os terrenos das casas com immundicies. Isto dá origem ás exalações nocivas que se introduzem nas casas, todas as vezes que uma abundante chuva, seguindo-se a um período de tempo secco e quente, dê causa a uma elevação da agua do subsolo.”

“A quantidade de agua pluvial no Porto, durante o período chuvoso, é muito maior que a que cae na Inglaterra, e quantidades muito maiores, sem duvida, se experimentam em períodos curtos, attingindo provavelmente 50 millimetros por hora, enquanto que a quantidade máxima em Londres só chega a 13 millimetros por hora.”

³⁴Em 1890, a capitação rondava os 31,40L/hab/dia;

De acordo com o contrato celebrado, em 1882, com a Compagnie Générale de Eaux o volume de agua a fornecer seria de 100 L/hab/dia;

2.2.2. Solução proposta

A proposta apresentada caracterizava o tipo de efluentes e seus pontos de recolha, o meio de transporte e seu desembarçamento final, tendo em atenção a topografia do local.

“Os despejos, propriamente ditos, que incluem tanto os das cosinhas, banhos, retretes e urinoes, como a agua inquinada das fabricas e officinas, são quasi d’uma quantidade e qualidade constantes durante todo o anno.”

“É portanto exequível conduzir os despejos por meio de tubos de grés d’um diâmetro de 175 millimetros, por quasi todas as ruas. Canos d’esses, collocados em rampas íngremes, com câmaras para limpeza, a intervallos convenientes e em todas as curvas e mudanças de inclinação, podem ser construídos de forma que a limpeza se effectue automaticamente, e se forem collocados de modo a que não haja extravasão, esses canos formam um systema de esgotamento o mais satisfactorio e sanitário.”

[...] *“No Porto as condições geraes são muito favoráveis para o systema separado, porquanto a maior parte dos despejos pode-se levar, pela acção da gravidade, para uma sahida conveniente. Inclinações íngremes encontram-se facilmente na direcção do rio.”*

“É contudo absolutamente necessário que os vários canos, que se dirigem para o rio pelas encostas abaixo, sejam interceptadas por um cano mestre que leva a matéria para um ponto conveniente³⁵, onde seja conservada durante a enchente, ou tratada chimicamente³⁶, de forma que seja ou deitada para o rio sem causar prejuízo, ou empregada na irrigação das terras durante as seccas.”

Este **cano mestre** - collector-sifão, actualmente é denominado de Interceptor Douro.

“É n’isto que se encontram serias difficuldades. A única estrada conveniente para um cano mestre, é a que, debaixo de vários nomes, se estende desde Rego Lameiro à rua de Sobreiras, e que segue a margem direita do rio. [...], o principio está quasi ao mesmo nível do seu final, porem que entre estes pontos, a estrada, ás vezes, sobe consideravelmente acima d’este nível. As zonas contíguas á estrada são, em alguns casos, mais baixas do que ella, de modo que n’ellas não se pode effectuar a drenagem pela acção da gravidade, em direcção á estrada.”

“Alem d’isso, é necessário levar os despejos para um tanque, cujo fundo fique muito acima do nível das marés cheias, de forma que o contheudo, quando preciso, possa ser descarregado na maré cheia, e seja logo levado para o mar com a vasante.”

“Em vista d’estas condições difficeis, decidimos não construir um systema de esgotamento, pela acção da gravidade, de condições usuaes, mas interceptar os despejos com um cano mestre de ferro fundido, de 250 a 750 milimetros de diâmetro. Este cano mestre, [...], será collocado em nível, á altura de 1,30m acima da maré baixa media por toda a sua extensão, excepto no seu começo, onde se eleva á altura de 22,696m acima da maré baixa media, e nos tanques de sahida, onde se eleva á altura de 10 metros acima da maré baixa media.”

A equipa projectista atendendo à topografia da zona da cidade a drenar dividiu a mesma em bacias autónomas de drenagem, denominadas de “districtos”.

Uma das plantas³⁷ que acompanha a proposta da empresa H&L, identifica os pontos de ligação dos districtos ao “collector-syphão”. No entanto, devido a diversos condicionalismos em reproduzir a mesma, foi elaborado o esquema da Figura 13.



Figura 13. Localização dos districtos.

2.2.3. Órgãos da rede – Tanques e Ejectores Shone

Da descrição da cidade do Porto, em termos topograficos existem duas situações: bacias que se desenvolvem a cota alta e outras junto ao rio - cota baixa. De que forma o esgoto recolhido em cada bacia poderá ser introduzido no interceptor?

A descrição da solução para a parte alta encontra-se desenvolvida no livro “O novo systema de exgottos do Porto”, da autoria de Adriano de Sá³⁸, que se transcreve:

“os collectores parciaes vêm despejar em grandes tanques enterrados, denominados pela empresa, tanques Shone, que nada mais são que reservatórios, com paredes em beton, communicando directamente, a montante, com a canalização de grés e a juzante, por intermédio de um syphão S, seguido de canalisação de ferro, com o grande collector marginal – “collector-syphão””

“D’esta maneira a maior parte da cidade, que fica acima da inclinação hidráulica d’este cano-syphão collector, pode-se escoar por meio da acção da gravidade.”

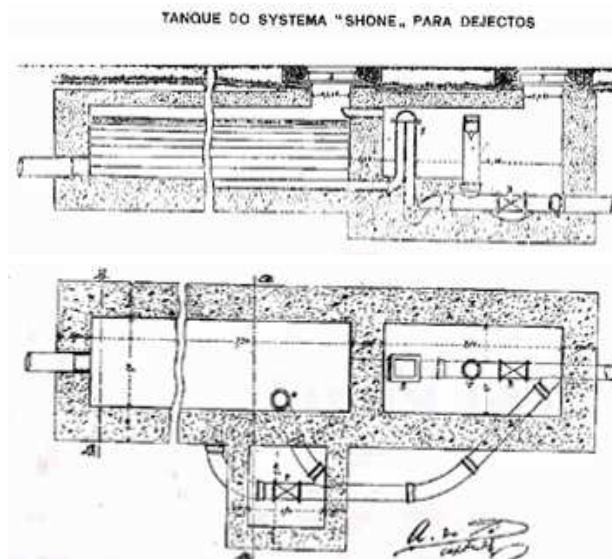


Figura 14. Tanque shone³⁹ – planta e corte longitudinal.

³⁵ A escolha recaiu em Sobreiras;

³⁶ Metodologia actualmente empregue nas estações de tratamento de águas residuais;

³⁷ Plantas assinadas pelos projectistas. Shone e Ault;

³⁸ Capitão de Engenharia, exerceu funções de Engenheiro Fiscal da Câmara Municipal do Porto e acompanhou os trabalhos desenvolvidos pela empresa Inglesa;

³⁹ Adriano de Sá, 1906, “O novo systema de exgottos do Porto”;

Os tanques construídos no Porto têm capacidade de armazenamento de 6.75 m³ a 14 m³, e quanto à secção do ramal de descarga, o seu diâmetro varia entre 150 mm e os 375 mm.

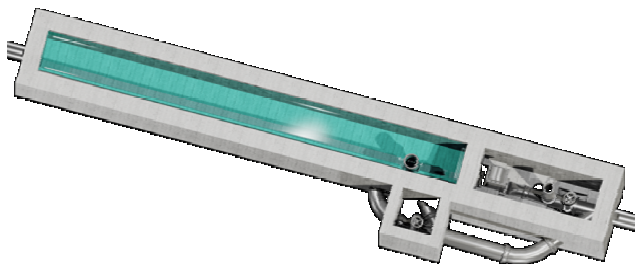


Figura 15. Tanque shone - vista geral⁴⁰.

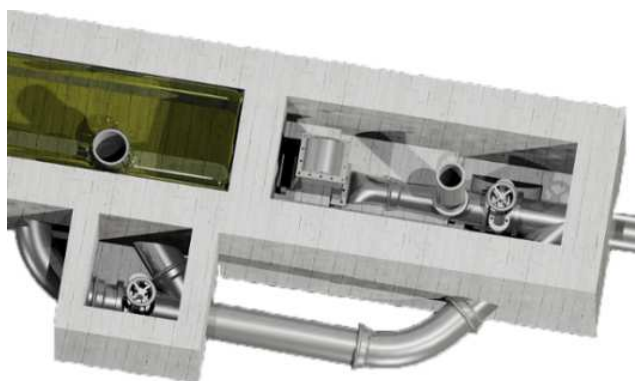


Figura 16. Tanque shone - pormenor circuitos hidráulicos.

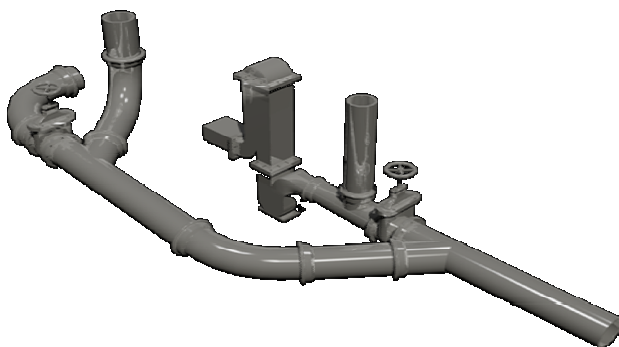


Figura 17. Tanque shone - circuitos hidráulicos.

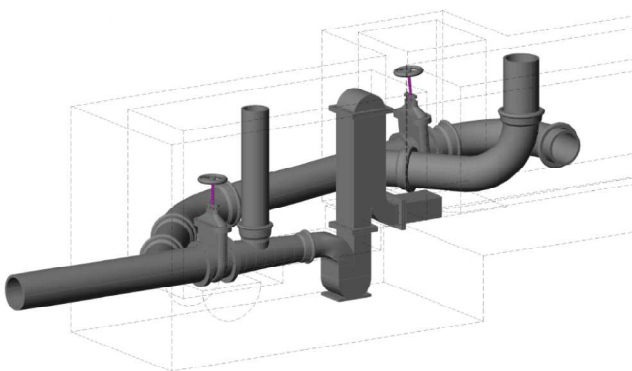


Figura 18. Tanque shone - estrutura de apoio de circuitos hidráulicos⁴¹.

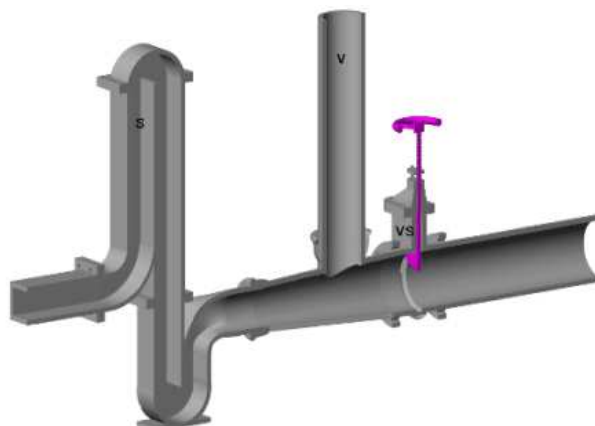


Figura 19. Sifão - seccionamento longitudinal⁴².

A empresa Inglesa H&L propôs uma solução para as bacias à cota baixa, com o seguinte equipamento e modo de funcionamento:

“As zonas baixas costeando o rio, como os districtos marcados IV, VII e VIII no traçado appenso, não se podem escoar por meio da gravidade, aquellas porque ficam abaixo da inclinação hydraulica do cano-syphão collector, e estes ou porque constituem depressões locais, ou porque ficam, com relação ao rio, sem sahida natural directamente para elle.

Em todos estes districtos, marcados a azul no traçado, propomos collocar expulsores pneumáticos de Shone⁴³, e levantar os despejos por meio de ar comprimido, fornecido d’uma estação central, na rua de sobreiras, e levado aos diversos expulsores pneumáticos por tubos de ferro fundido [...].”

“O próprio expulsor serve de deposito e bomba, sendo de acção automática, segue-se, portanto, que o expulsor nunca permite, nas estações nenhuma accumulações, quer sólidas quer liquidas, de forma que dispensa o trabalho manual que em outro caso seria preciso para separar os sólidos dos líquidos, trabalho inevitável em todas as installações vulgares de esgotamento por meio de bombas.”

Os expulsores são muito simples, fortes e duráveis.”

“O expulsor consiste d’um vaso liso de ferro fundido dúctil com cimo cylindrico, e a parte inferior hemispherica. Os despejos entram n’elle um pouco acima do fundo, por uma válvula que tem a mesma abertura que o cano, e que, portanto, admite tudo quanto pode passar pelo cano collector.”

“Os expulsores são fornecidos com mecanismo e válvulas automáticas para regular a entrada e sahida do ar comprimido, que é a única força activa para expellir as matérias excrementícias e transmittil-as ao seu destino.

O mecanismo automático fica de tal maneira disposto, que o ar comprimido só se admite no expulsor quando este está cheio, e depois de effectuada a expulsão, inverte-se de forma a deixar escapar para a atmosphera o ar que completou a sua obra.”

⁴¹ Sifão (S), ventilação (V), descarga de superfície (DS) e descarga de fundo (DF). Descarga de superfície com efeito duplo pois também assegura a ventilação da rede em pressão;

⁴² Pormenor de sifão 3D. Sifão de descarga (s), ventilação (v), válvula de seccionamento (vs);

⁴³ Equipamento patenteado em 1878 em Londres e em 1880 nos USA por Isaac Shone;

⁴⁰ Desenhado à escala em 3D – Sr. J. Almeida, AdP, EEM;

“O interior do expulsor está em comunicação com a atmosfera durante todo o tempo em que se esta a encher, de modo que os despejos entram livremente pela acção da gravidade. [...] Em summa, os expulsos são governados pela corrente dos despejos.”

Os ejectores empregues no Porto são do tipo duplo, à excepção dos Guindais, com uma capacidade de 500 litros cada, a secção útil do circuito hidráulico e do ramal de descarga é no mínimo de 150mm, mesmo na presença de produtos que afluem a este tipo de rede, não condicionando o funcionamento do equipamento, Figuras 20 a 23.

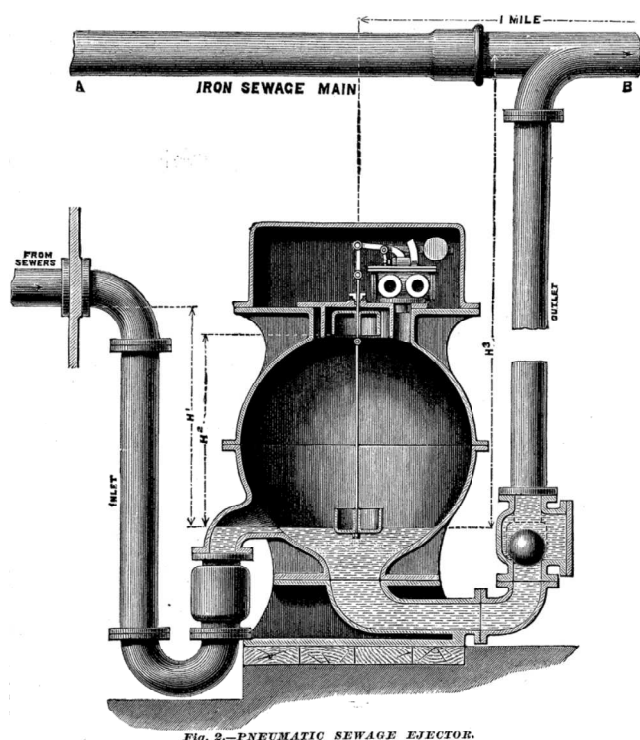


Figura 20. Ejector Shone – fase de expulsão de esgoto.

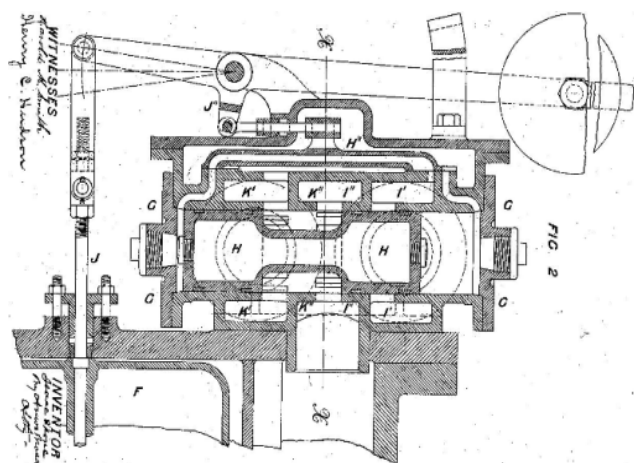


Figura 21. Ejector Shone⁴⁴ - Pormenor da válvula de engrenagem na fase de elevação.

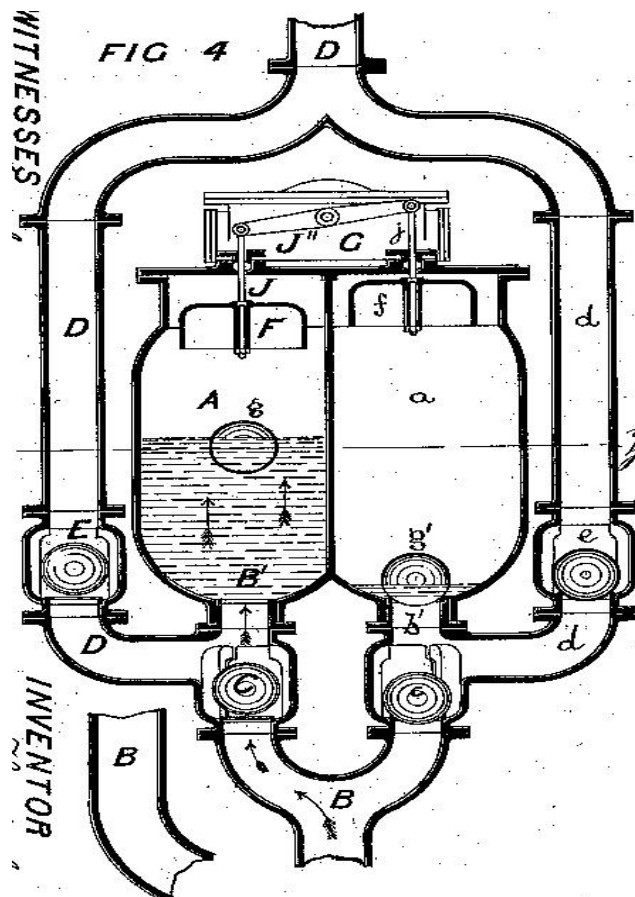


Figura 22. Ejector Shone – Corte⁴⁵ - Pormenor de funcionamento de um ejector duplo – fase de enchimento do corpo A.

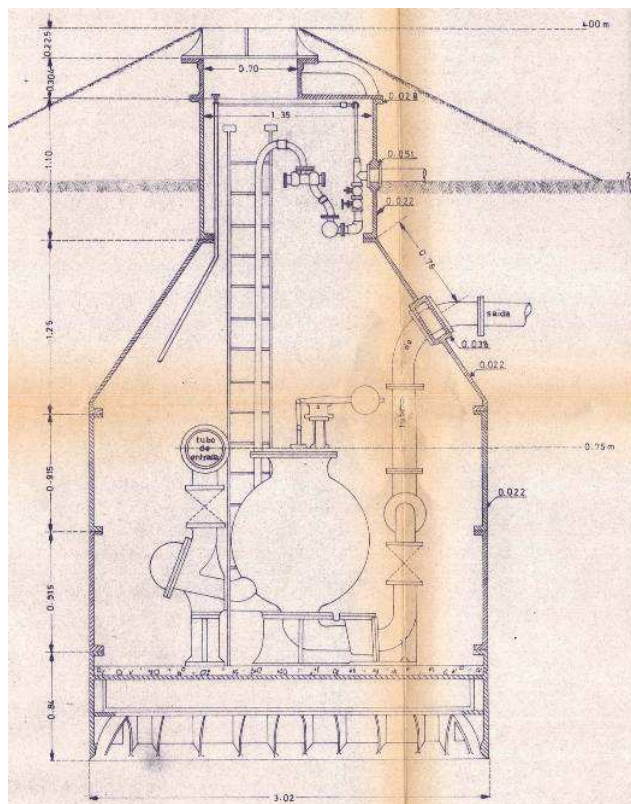


Figura 23. Pormenor de instalação de ejectores e de caixa em estrutura pré-fabricada.

⁴⁴ Patente USA reg. 235910/1880;

⁴⁵ *Patente USA reg. 235910/1880*;

Os projectistas⁴⁶ atendendo à possibilidade da fase de enchimento dos órgãos ser favorável à decomposição anaeróbica do esgoto com formação de gás, de forma a minorar a concentração de níveis perigosos, previu a instalação de torres de ventilação⁴⁷.

Assim, a eliminação do ar comprimido introduzido no ejector durante a fase de expulsão/elevação do esgoto é assegurado pela existência de uma coluna de ventilação ornamental, a qual descarrega o ar para a atmosfera após a passagem do mesmo por ventilador especial (E), antecedido pela filtragem constituída por uma camada de cascalho (B) localizada sobre uma câmara de expansão (H), Figura 24.

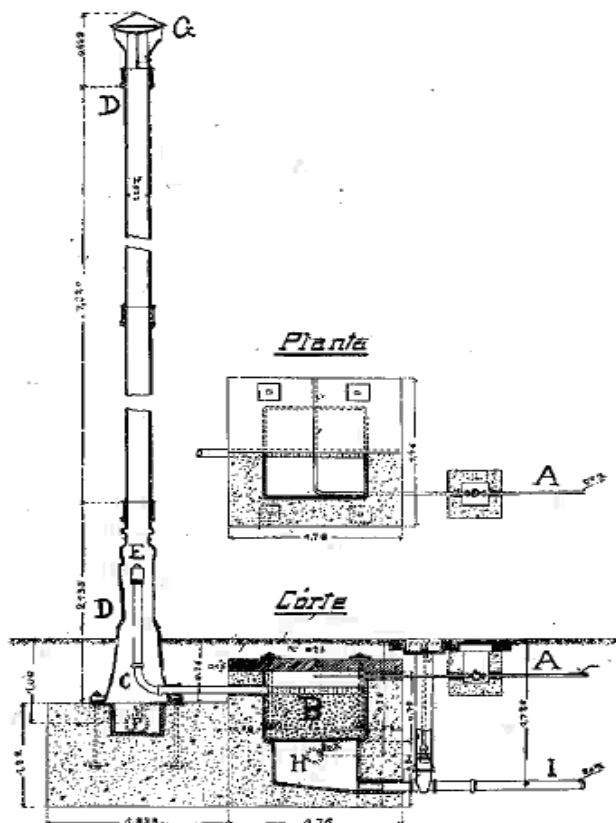


Figura 24. Coluna de Ventilação, câmara de expansão e tubagem de interligação.

Quanto à extensão da rede, durante a fase de execução dos trabalhos, foi ampliada a zona de intervenção abrangendo a Foz do Douro, o que motivou algumas alterações.

A central de ar comprimido foi instalada num edifício em Sobreiras, em cuja sala principal ainda se encontra o equipamento original (Figura 25), entre os quais o protótipo que integrava a proposta da empresa H&L que permite visualizar o *modus operandi*⁴⁸ do ejector shone (Figura 26).



Figura 25. Sobreiras – Pormenor da sala de compressão.



Figura 26. Ejector shone dotado de superfície envidraçada.

As figuras 27 e 28 referem-se ao ejector localizado no Largo António Calém, construído pela empresa Inglesa, o qual ainda hoje se encontra em funcionamento.



Figura 27. Ejector do Largo do Calém – pormenor do equipamento e circuitos.

⁴⁶ I. Shone publicou diversos textos sobre a problemática da ventilação de rede;

⁴⁷ As torres de ventilação foram removidas ao longo do século passado à medida que o período de enchimento dos órgãos diminuía motivado pelo aumento de volume de esgoto afluente à rede, minimizando a libertação de odor de gás sulfídrico característico do esgoto em decomposição anaeróbica;

⁴⁸ Reservatório em painel de vidro;

Figura 28. Ejector e torre de ventilação do Lg. António Calém⁴⁹

2.2.4. Dimensionamento, esquema e extensão da rede de saneamento

De acordo com os elementos disponíveis, os projectistas Shone e Ault, tiveram como critérios de dimensionamento os seguintes parâmetros:

- Delimitação de “districtos”, Figura 29;
- 1 forquilha/6m (x2);
- 5 habitantes/imóvel;
- “Despejos” de 100 L/hab./dia.

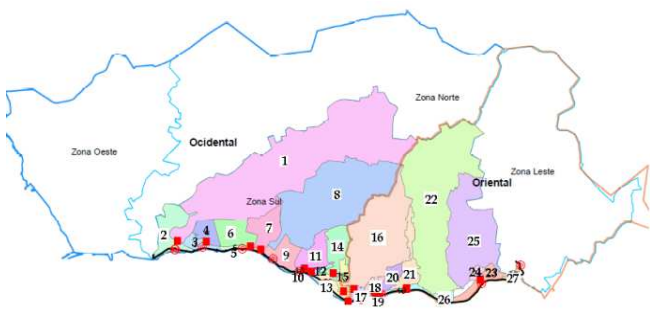


Figura 29. Delimitação de districtos.

O método empregue para o dimensionamento da rede remete para a maximização da ocupação de solo.

O valor indicado no terceiro ponto está em consonância o exibido na tabela respeitante aos dados populacionais e habitacionais do Porto no ano de 1890.

Quanto ao valor dos despejos, afluência de esgotos à rede, foram fixados em 100 L/hab./dia.

Este parâmetro é função da aplicação ao valor da capitação de uma taxa denominada de afluência à rede pelo que se atendermos à disponibilidade de água à cidade em 1887 apenas 1/3 desse valor se encontrava disponível, logo a taxa seria de 100%.⁵⁰

Assim, para cada districto foi contabilizada a extensão de colector⁵¹ gravítico a instalar e aplicar o disposto no ponto ii a iv, tendo obtido para cada bacia de drenagem o volume de esgoto, o qual seria determinante para o dimensionamento dos órgãos, seus ramais de descarga e a conjugação dos mesmos para o “collector-syphão” e, concomitantemente, para a rede de ar comprimido.

A empresa Hughes & Lancaster remeteu ao fiscal do município do Porto⁵², elementos respeitantes ao cálculo para a velocidade dos líquidos no colector, identificando para cada districto a extensão de rede gravítica projectada (m), os litros de despejo (L/minuto), caudais acumulados no colector (L/minuto), diâmetro por troço (mm) e a velocidade envolvida, Figura 30.

Calculos para a velocidade dos liquidos no collector.

Districto	Metros line.	Litros de despejo	Litros de despejo	Diâmetro	Velocidade
Rio Lameiro	5580	1116	1116	250	0.38
Parque da Moura	16279	3254	4370	350	0.78
Parque da Moura	3854	771	5121	375	0.78
Estação E. Nº 1	553	110	5251	375	0.79
Guindal	2180	436	5684	400	0.78
Parque da Moura	1281	254	5944	400	0.79
Estação E. Nº 2	2671	534	6475	400	0.85
Parque da Moura	23840	4768	11246	550	0.79
Parque da Moura	1620	324	11540	550	0.81
Parque da Moura	2402	480	12050	550	0.84
Estação E. Nº 3	2192	438	12488	550	0.87
Parque da Moura	480	96	12584	550	0.88
Parque da Moura	1690	338	12922	600	0.76
Estação E. Nº 5	514	103	13025	600	0.77
Estação E. Nº 6	2905	581	13606	600	0.80
Parque da Moura	19424	3885	14491	700	0.75
Parque da Moura	1944	395			
Parque da Moura	604	121	18007	700	0.78
Estação E. Nº 9	410	82	18090	700	0.78
Parque da Moura	660	132	18221	700	0.79
Estação E. Nº 10	1536	307	18528	700	0.80
Estação E. Nº 11	821	164	18692	700	0.81
Parque da Moura	15398	3080	21472	700	0.82

Figura 30. Elementos de dimensionamento⁵³.

A bacia com maior importância será a de Mouzinho da Silveira com 23 840 m de rede gravítica a que corresponderia 79.47 L/s e a mais pequena, Bicalho, com 410 m de colectores e um volume de 1,37 L/s. Atendendo à localização das mesmas a primeira seria dotada de tanque shone a outra de ejector shone.

⁵⁰ Ver nota 31;

⁵¹ Valor previsto entre as 60 e 70 milhas, ou seja de 96560 a 112654m;

⁵² Correspondência de obra datada de 31 de Maio de 1906 (fl.219);

⁵³ Correspondência de obra;

⁴⁹ Câmara de ejector construída para acesso da população;

A bacia a cota alta com menor volume seria a de Monchique com 1,6 L/s, e, a cota baixa a de maior volume a de Massarelos com 9,68 L/s.

O esgoto transportado pelo interceptor cujo diâmetro aumentava de 250 mm⁵⁴ até 700 mm conduzia a velocidades de 0,38 m/s no troço mais a montante ascendendo depois a 0,75 m/s com oscilações até 0,88 m/s, sendo de 0,82 m/s no troço final de chegada a Sobreiras.

Atendendo à cota altimétrica do tanque, à secção e extensão do ramal de descarga e à linha de energia do Interceptor, o esgoto no ramal de descarga atingiria velocidades entre 0,87 m/s e 6,04 m/s, respectivamente, no TS Comércio do Porto e no TS Sobre-o-Douro.

As velocidades previstas para cada situação permitem assegurar correntes de varrer minimizando a ocorrência de depósitos e obstruções na rede.

No caso dos ejectores, a expulsão do esgoto é activada pela pressão introduzida pelo ar comprimido, pelo que atendendo ao volume dos receptáculos, à secção do ramal de descarga e à duração do período de expulsão, a velocidade rondará os 0,94 m/s.

Outro elemento que foi tido em atenção prende-se com a oscilação de produção de esgoto ao longo do dia, a qual condicionava o funcionamento da rede e o dimensionamento do tanque de Sobreiras, tendo a equipa projectista apresentado uma curva de afluência de esgoto, a qual se apresenta mais à frente na Figura 37.

A forma de dimensionamento da rede é irrepreensível mas, além da insuficiência de abastecimento de água à cidade, verifica-se que a intervenção promovida pelo município do Porto enferma de um falha grave, pois a mesma ao não incluir a ligação do esgoto dos imóveis à rede impede a sua operacionalidade.

À época era usual a seguinte máxima: « *De l'eau partout, car il en faut trop pour qu'on en ait assez*⁵⁵ », pelo que, de forma a colmatar a frágil afluência de esgoto à rede, cuja consequência directa é a deposição de sólidos provocando obstrução e odores, nos pontos de extrema de montante das redes gravíticas, foram colocadas câmaras dotadas de sifão e de ramal de água, denominados de “flush tanks”, os quais seriam operados amiúde para provocar correntes de varrer.

2.2.5. Rede executada e seus encargos

No decurso desta intervenção o município do Porto decidiu englobar na mesma o saneamento da Foz, pelo que foi instalado um colector com funcionamento similar a este ao longo da frente marítima e ribeirinha entre o castelo do Queijo e Sobreiras,

A Figura 31 esquematiza a rede de saneamento, quer em pressão quer gravítica, sendo esta última em tipo espinha de peixe, a de ar comprimido e a localização e identificação dos órgãos da rede construída pela empresa Hughes & Lancaster.

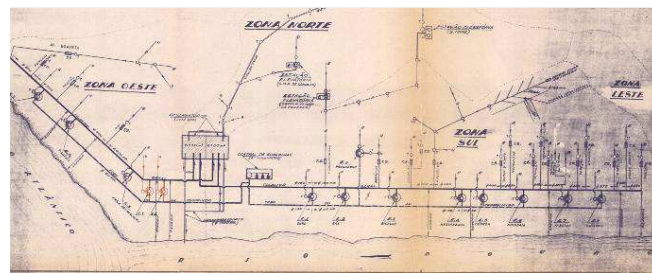


Figura 31. Esquema da rede.

A rede em pressão referente ao *collector-syphon* Douro, estende-se ao longo de 6 950m em tubagem de ferro fundido e cujo diâmetro varia entre 250 mm (início no TS do Freixo) até 750 mm (chegada a Sobreiras).

Quadro 1. Interceptor Douro – extensão e diâmetros.

Diâmetro (mm)	Extensão (m)
250	1409
350	557
375	450
400	453
550	1068
600	782
700	1774
750	457

A conduta de ar comprimido desenvolve-se paralelamente ao *collector-syphon* entre os Guindais e Sobreiras, numa extensão de cerca de 5 km também em ferro fundido com diâmetro de 100 mm.

Em Sobreiras, além da construção de um edifício para a central de ar comprimido, foi construído um tanque bi-compartimentado com capacidade de 12 m³ e um exutor submarino de 1,00 m de diâmetro o qual se desenvolvia até ao leito do rio, para que a rejeição de águas residuais ao meio hídrico, a qual ocorria 2 vezes por dia, não tivesse impacto visual nem olfactivo nem concorresse para a ocorrência e alastramento de epidemias.



Figura 32. Pormenor do tanque de Sobreiras⁵⁶.

⁵⁴ Início do TS do Freixo;

⁵⁵ Água, água por toda parte, porque é preciso muita para ser suficiente;

⁵⁶ Fotografia tirada aquando da demolição para efeitos da construção da ETAR por Francisco Piqueiro;

Os órgãos da rede executados e os districtos referentes aos mesmos, identificados por um número, conforme a sua localização a partir de Sobreiras, encontram-se listados no Quadro 2.

Quadro 2. Identificação e designação dos órgãos por districtos.

Ejectores Shone		Tanques Shone	
2	Ouro	1	Condominhas 12 m ³
3	Gáz	4	Arrábida
5	Arrábida/Bicalho	6	Bicalho 6,75 m ³
9	Massarelos	7	Boa Viagem
10	Monchique (Cábrea)	8	D. Pedro V 14 m ³
13	Miragaia	11	Sobre-o-Douro
17	Ribeira	12	Monchique 6,75 m ³
19	Guindais	14	Virtudes
		15	Comércio do Porto
		16	Mouzinho da Silveira 15 m ³
		18	Codeçal
		20	Guindais 7,5 m ³
		21	Corticeira
		22	Gomes Freire
		23	Rua Freixo 10 m ³

A rede gravítica executada que se desenvolvia ao longo destes districtos ascenderia a 112 km em tubagem de grés cujos diâmetros vão de 175 mm a 450 mm e o acesso aos mesmos era assegurada por 2042 câmaras, discriminadas no Quadro 3.

Quadro 3. Extensão e caracterização de rede gravítica.

Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Câmaras	Quantidade (un)
175	100100	Inspecção	1 602
225	3 200	Descarga	108
300	3 900	Válvula	157
375	3 500	Luz	185
450	1 300		

Toda a rede de saneamento executada encontra-se cadastrada e foi implantada em cartografia pela empresa Hughes & Lancaster e a sua distribuição pelo município pode ser visualizada na Figura 33.



Figura 33. Rede de saneamento – 1º quartel séc. XIX ⁵⁷.

Quanto a encargos, a proposta inicial da H&L ascenderia a 1.800.000.000reis⁵⁸.

No entanto, devido às alterações introduzidas, o valor aumentou, sendo que, em meados da década seguinte ainda ocorrem conversações ligadas a questões financeiras por resolver.

3. Evolução da Rede, Estudos e Intervenções

3.1. Evolução da rede

A intervenção encontra-se concluída no final da primeira década do séc. XX, mas a entrada em funcionamento da rede, nomeadamente das bacias, apenas ocorre a partir de 1924 e estender-se-á até meados de 1926.

O relevo originou a divisão do Porto em zonas, redes autónomas, Figura 34, a qual, sendo similar à rosa-dos-ventos motivou a sua identificação pela denominação dos pontos cardeais. Assim, a zona drenada pelos Ingleses virá a ser denominada de Sul.

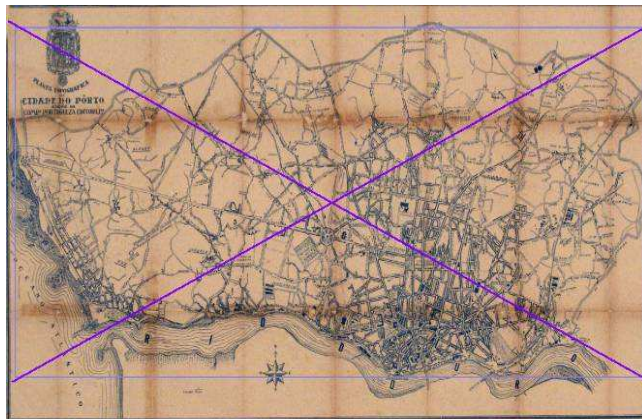


Figura 34. Planta do Porto – sectorização.

O município do Porto, e, concomitantemente as redes de abastecimento de água e de saneamento acabam por se alastrar principalmente em direcção à frente marítima – Oeste e a Norte, restando a Leste, menos infra-estruturada, devido à menor pressão edificante, dado o cariz mais rural, que na presente data já se encontra praticamente saneada.

Como já anteriormente se referiu o município tinha dois problemas base a resolver, o primeiro prendia-se com a quantidade de água a disponibilizar aos munícipes, o segundo com a concretização da ligação dos esgotos domésticos à rede de saneamento.

O primeiro deve-se ao incumprimento da empresa concessionária do abastecimento de água ao Porto e o segundo com o regime de edificação, os quais foram ultrapassados com a constituição dos Serviços Municipalizados em 1927.

⁵⁷ Canalização em ferro e em grés - existente e projectada – Arquivo Histórico do Porto - carta D-CDT-B4-085-01.tif;

⁵⁸A ampliação da rede até à Foz conduziu a valores superiores. O Município do Porto contraiu dois empréstimos, o primeiro em 1903 no valor de 2 001:600\$00 e o segundo de 110:790\$00 em 1908, o que representa um incremento de cerca de 17,36%;

Os Serviços Municipalizados de Águas e de Saneamento do Porto procederam ao registo e arquivo de todos os dados referentes às infraestruturas: inventários com a quantificação e caracterização dos clientes, volumes de água captados e distribuídos, imóveis ligados à rede de saneamento, volume de esgotos rejeitados ao meio hídrico, consumo de energia eléctrica e outros, que permitem traçar a evolução das infra-estruturas desde o seu início até aos dias de hoje, bem como, o comportamento de alguns desses parâmetros ao longo do dia. Na Figura 35 podemos ver a evolução do número de ligações de imóveis à rede pública, a qual em 1925 se cifrava em 25 edifícios particulares, ascendendo a 1776 em 1928 e passados 5 anos a 2178⁵⁹.

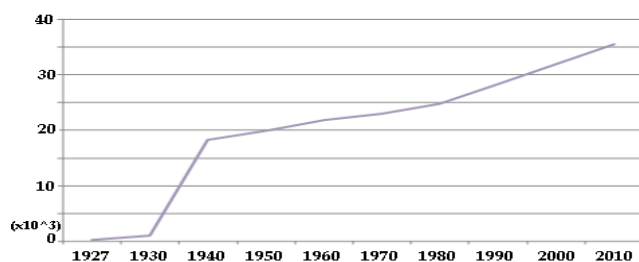


Figura 35. Evolução do número de ramais domiciliários de saneamento.

Em relação à rede gravítica que cobre a zona Sul, a extensão ultrapassa os 200 km, Figura 36.

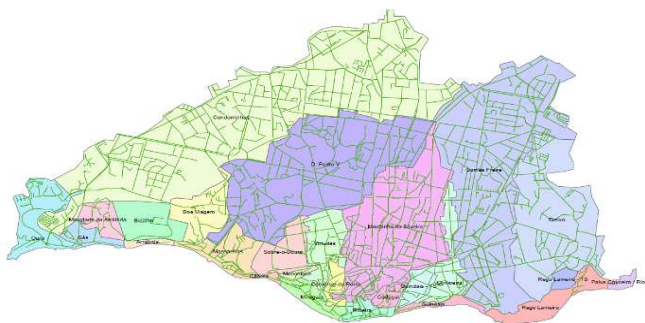


Figura 36. Malha de saneamento da zona Sul, por bacias [Fonte: AdP, EEM.].

A evolução de ligações, a taxa de cobertura e de imóveis ligados à rede no período 2009-2010 encontra-se resumida nas figuras 37 e 38, as quais evidenciam um crescimento convergente para 100%.

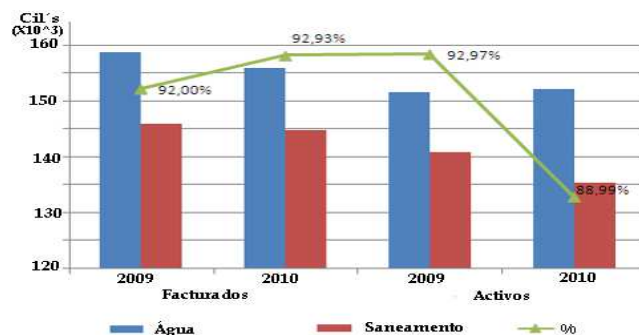


Figura 37. Evolução da taxa de cobertura⁶⁰.

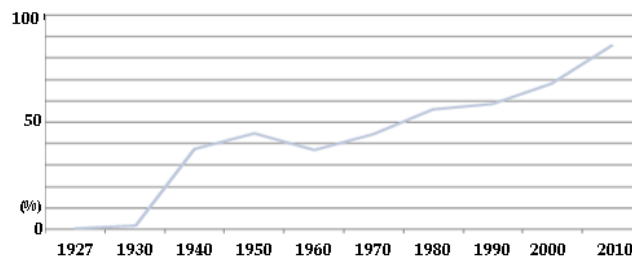


Figura 38. Taxa de imóveis ligados à rede de saneamento.

Na década de 50 foi construída a estrada marginal do rio Douro, entre a Pte D. Luis I e o Freixo, dando continuidade à EN 108, a qual motivou o levantamento e reperfilamento do colector relativo ao interceptor Douro.

A principal reformulação do sistema de esgotos teve lugar em finais do séc. XX com a reestruturação do sistema de tratamento⁶¹, do qual resultou a construção de duas ETAR, uma em Sobreiras e outra no Freixo, bem como o prolongamento do Interceptor Douro até ao Freixo.

Com a entrada em funcionamento destas estações e a sua estabilização, procedeu-se à recolha e tratamento dos dados referentes ao volume de esgoto transportado para as ETAR, a contribuição do Douro e as suas oscilações ao longo do dia, os quais, cruzados com o consumo de água por zona, permitem a apresentação dos resultados presentes na Figura 39.

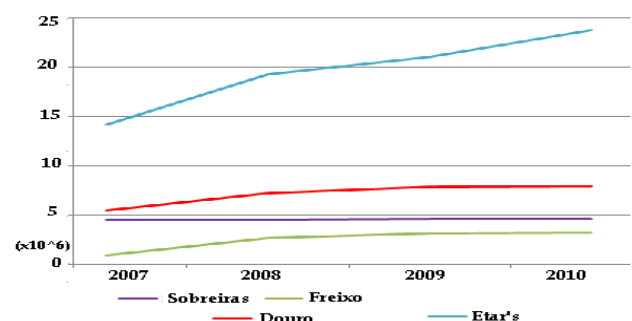


Figura 39. Caudal afluente às ETAR, em m³/ano, no período de 2007 a 2010⁶².

O quadro 4 diz respeito aos volumes de esgoto, em m³/ano, transportados pelo Interceptor Douro e o consumo dos clientes na zona Sul, excluindo o devido a obras, regas, etc.

Quadro 4. Consumo de água na bacia Douro e esgoto transportado pelo Douro (m³/ano).

	2009	2010
ETAR Douro	7.846.565	7.947.971
Consumo	8.734.395	9.576.538

⁶¹ A análise da despoluição do rio Douro com base numa abordagem mais extensa foi despoletada em meados de 1985. No entanto, por diversas vicissitudes, só uma década depois é apresentado documento estrutural denominado "Despoluição do troço final do Rio Douro" baseado no estudo integrado elaborado pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH) - "Definição da solução global para drenagem, tratamento e destino final das águas residuais de Gondomar (bacia do Rio Torto), Porto e Vila Nova de Gaia (Orla Marginal do Rio Douro)", Setembro 1996

⁶² Fonte: Ambipor e AdP, EEM;

⁵⁹ ANTAS, Azeredo; MONTERROSO, Manuel - A Salubridade Habitacional no Porto (1929-1933), 1934, p. 12;

⁶⁰ Análise com base nos locais de consumo - CIL - contadores instalados;

Se atentarmos nos valores de cada parâmetro, verifica-se que a taxa de crescimento de esgoto é inferior à de consumo, facto este que se deve à maior fiabilidade na leitura dos contadores⁶³.

Outro parâmetro que é possível determinar é a taxa de afluência de esgoto à rede, a qual, na zona Sul, estará circunscrita à faixa entre os 83% e 90%.

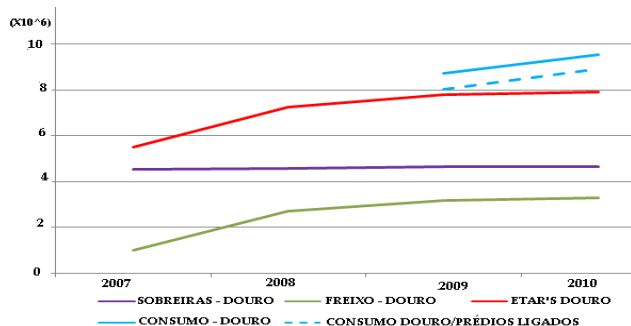


Figura 40. Comparação entre a água consumida e o esgoto afluente à ETAR, m³/ano (x10⁶) - Douro.

O volume de esgoto que afluíu às ETAR no ano de 2010 ronda os 23 700 000 m³, o que se traduziu num aumento de 12,7% relativamente ao ano anterior. No entanto, o crescimento da zona Sul não acompanha esse valor, situando-se no 1,30%. Este facto dever-se-á ao elevado grau de ligação dos imóveis localizados nesta zona à rede de saneamento.

Os medidores de caudal instalados à entrada das ETAR registam o caudal instantâneo de esgoto transportado por cada interceptor, pelo que é possível determinar outro parâmetro - curva de afluência, a qual se compara com a anteriormente referida apresentada pelos projectistas, Figura 41.

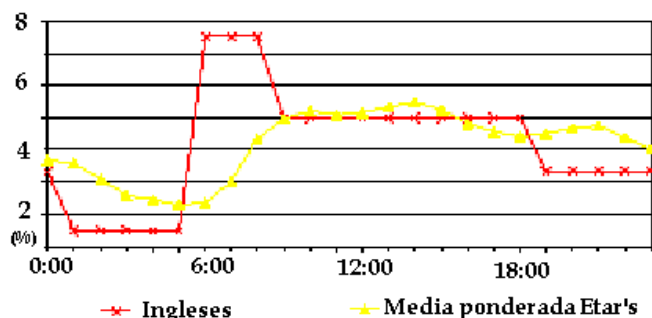


Figura 41. Curva de vazão e projecto vs ETAR.

Como se infere, as curvas apresentam inflexões ao longo das 24h, não se verificando actualmente desenvolvimentos acentuados.

De acordo com a proposta Inglesa (colunas a vermelho), os Tanques Shone seriam responsáveis pela introdução de 80% do esgoto no "collector-syphão".

Com o aumento de volume transportado pela rede de saneamento, fruto também da ampliação, no final do séc. anterior, os SMAS procederam à transformação dos tanques que serviam as bacias mais preponderantes em câmaras de carga.

Assim, este novo órgão será responsável por mais de 70% do esgoto, os tanques e os ejectores, respectivamente, por 25% e 7%, Figura 42.

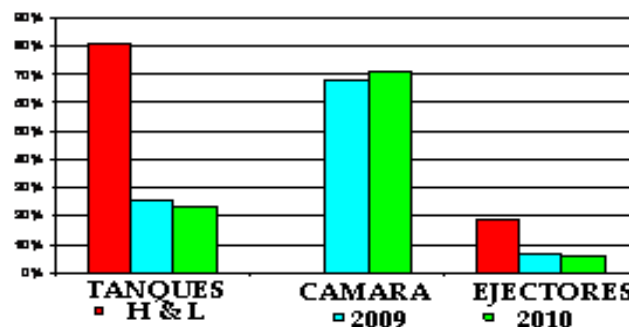


Figura 42. Taxa de solicitação dos órgãos iniciais vs 2010.

3.2. Intervenções e estudos

No âmbito de um estudo do IHRH⁶⁴, o Interceptor Marginal Douro, é subdividido nos interceptores marginais "Douro Poente" e "Douro Nascente", conforme conduzem respectivamente para a estação de Sobreiras ou do Freixo, tendo os SMAS promovido as seguintes intervenções:

- Interceptor Douro - Nascente;
- Interceptor Douro - Poente:
 - a) Troço Massarelos - Passeio Alegre;
 - b) Troço Alfandega - Massarelos.

Com a construção da ETAR do Freixo, houve necessidade de transferir esgoto da zona Sul, sob a área de influência de Sobreiras, para este equipamento, pelo que em 1998 os SMAS do Porto promoveram a intervenção - Interceptor marginal do Porto, entre a Ponte D. Luiz I e a ETAR do Freixo, cujo projecto de execução esteve a cargo da empresa Noraqua, sendo os dados de referência os definidos no estudo do IHRH acima referido.

As bacias consideradas são as localizadas a leste do TS do Codeçal, inclusive, cuja população de referência em 1995 era estimada em 71334 hab, para o ano horizonte de 2035. As capitações consideradas eram de 160 L/hab/dia e de 220 L/hab/dia, o que conduzia a um caudal de cálculo de 385,90 L/s e 505,5 L/s, respectivamente, no ano zero e no ano horizonte.

Apenas foi executado o troço de prolongamento até à ETAR, ou seja de Gomes Freire ao Freixo, numa extensão total de 2000 m em diâmetros de 500 mm e 600 mm ffd.

Outro factor em análise neste estudo era referente ao "Controlo de septicidade", o qual deverá ser devidamente ponderado dadas as repercussões associadas à sua inexistência.

⁶³ Ao longo do tempo os contadores perdem acuidade, pelo que periodicamente se procede à sua substituição. Ver também nota 56;

⁶⁴ Ver nota 57;

3.2.1. Reformulação do troço central

As águas residuais domésticas da zona Sul da cidade são conduzidas para as ETAR pelo Interceptor Marginal Douro, que se subdivide, Figura 43, nos interceptores marginal “Douro Poente” (traço laranja) e “Douro Nascente” (traço roxo), conforme são divididas para a estação de Sobreiras ou do Freixo, respectivamente. Como já foi referido, esta zona, face à sua ocupação, é responsável por cerca de 40% do esgoto domiciliário produzido na cidade.

Atendendo às solicitações actuais da cidade e de forma a permitir uma gestão mais eficaz das infra-estruturas de saneamento, nomeadamente na condução de esgoto às estações de tratamento com vista à optimização do seu funcionamento, foram analisados vários cenários.

O troço central do interceptor (traço amarelo), que coincide com os troços de montante dos dois sub-Interceptores, compreendido entre a rua da Alfandega (Miragaia) e a Av. Gustavo Eiffel (Ponte de S. João), é constituído por tubagem em ferro fundido com quase um século de existência, encontra-se obsoleto em termos de materiais e capacidade de transporte, secção variável com diâmetro entre 350 mm e 550 mm. Urge, por isso, compatibilizar a mesma com a rede e bacias drenantes, eliminando o estrangulamento actualmente registado e reduzindo o risco de ocorrência de acidentes com graves repercussões/custos, nomeadamente ambientais, o qual se encontra identificado na Figura 43, por “Zona a intervir” (assinalada a amarelo).

Como já foi referido, cerca de 75% do traçado do interceptor foi reformulado na última década. No entanto, de forma a ficar garantida a mesma fiabilidade e versatilidade, contemplar-se-ão também algumas intervenções pontuais em órgãos desses troços e no próprio interceptor, bem como, a automatização e monitorização do sistema, permitindo a gestão integrada do mesmo a partir das estações de tratamento e da sede da empresa.

Assim, a presente intervenção conferirá, por um lado, maior segurança à gestão e exploração, permitindo programar e minimizar o impacto de operações de conservação/manutenção, e possibilitará, por outro, adequar gradualmente as capacidades dos sub-sistemas às solicitações, conforme a evolução da população e consumos/débitos, em termos quantitativos e qualitativos.

A Figura 44 representa a zona a reformular encontrando-se assinalada a posição dos órgãos (©) que conduzem o esgoto ao interceptor.

O troço em análise estende-se ao longo da frente Ribeirinha entre a Alfândega e Rego Lameiro numa extensão de 2 km, dos quais cerca de metade se desenvolve na zona da Ribeira, um dos principais pólos turísticos da cidade.

De forma a minimizar futuras intervenções neste pólo turístico, procedeu-se à instalação do novo interceptor ao longo do subsolo na Av. Infante D. Henrique e em galeria no Túnel da Ribeira, regressando ao traçado original na Av. Gustavo Eiffel, junto à Ponte D. Luiz I.

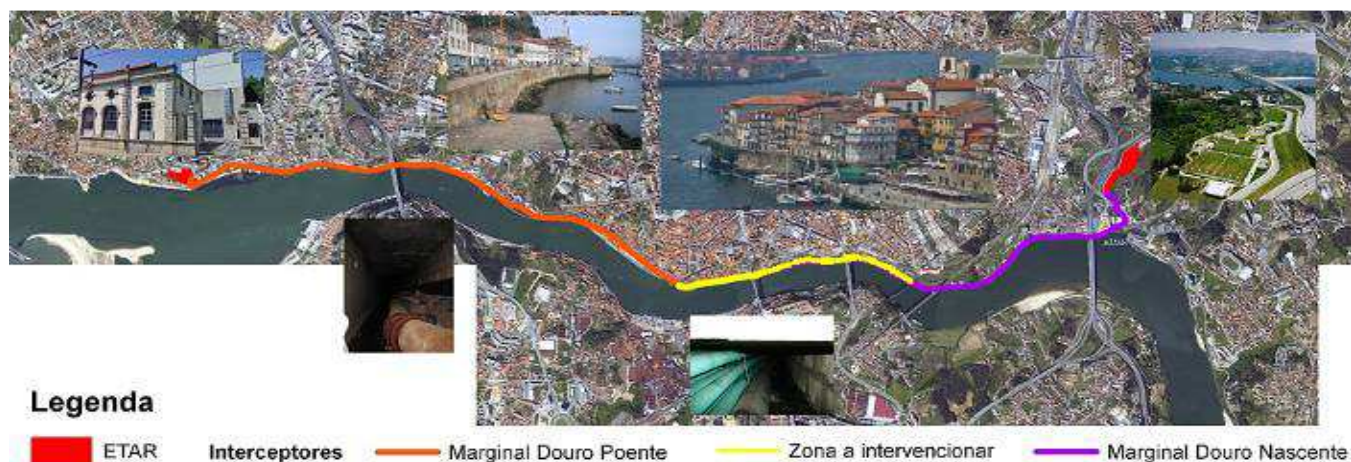


Figura 43. Interceptor Douro e ETAR (identificação de troços).



Figura 44. Interceptor Douro - Troço e órgãos a intervir.



Figura 45. Interceptor Douro – Alteração traçado.

As Figuras 46 a 50, desenvolvidas em 3D, permitem evidenciar o traçado e o desenvolvimento do interceptor – troço central – e dos ramos de descarga, assim como a localização dos órgãos, encontrando-se assinalado a amarelo os troços a substituir/desactivar.

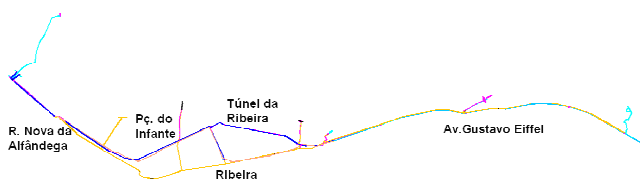


Figura 46. Esquema do interceptor a substituir e órgãos da rede em 3D.



Figura 47. Traçado do interceptor a substituir e órgãos da rede em 3D – perspectiva.

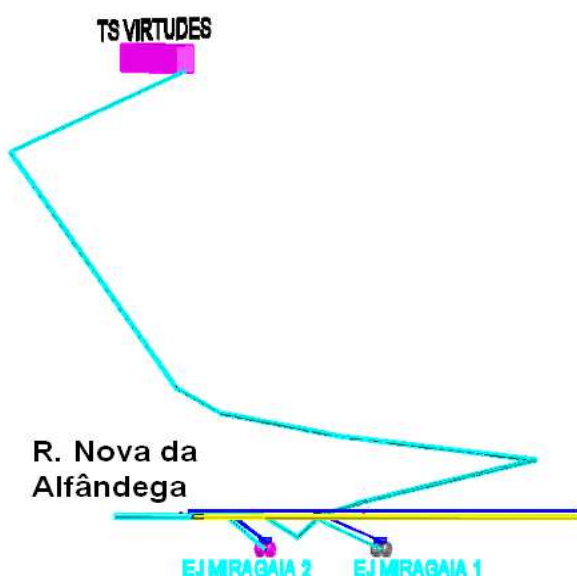


Figura 48. Pormenor do traçado do Interceptor e da ligação de TS das Virtude e EJ's de Miragaia⁶⁵.

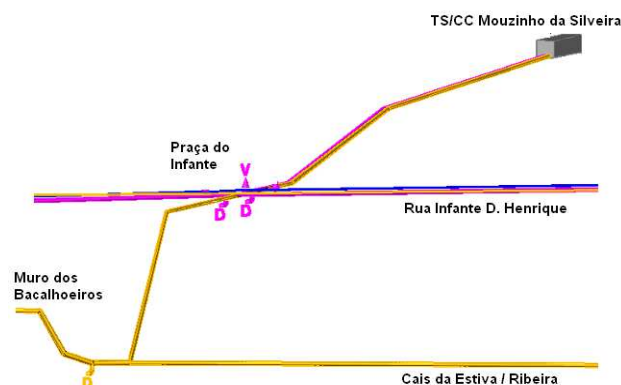


Figura 49. Pormenor da alteração de traçado do Interceptor – ligação de TS/CC de Mouzinho da Silveira.

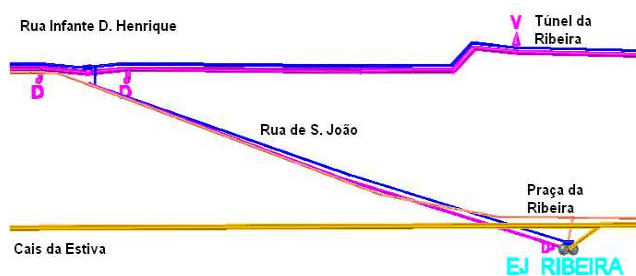


Figura 50. Pormenor da alteração de traçado do Interceptor – ligação do EJ da Ribeira.

Atendendo à evolução da população, do valor de capitação e das taxas de afluência e de cobertura da rede de saneamento, procedeu-se à análise das condições hidráulicas de escoamento.

O Quadro 5 apresenta, individualizado por bacia, o valor de caudal de cálculo e o volume de água consumida para o ano de 2010, bem como a projecção para o ano horizonte de 2050. De forma a analisar a sua grandeza, a mesma tabela inclui os valores determinados pela equipa projectista Inglesa e a projecção efectuada pelo IHRH⁶⁶ para o ano de 2010. A disparidade verificada prende-se substancialmente com as projecções demográficas, pois a tendência de crescimento verificado nas décadas anteriores no município do Porto foi invertida e desde meados da década de 90 do séc. passado que perde população. A nível nacional, as últimas projecções, a médio e longo prazo, também indicam um decréscimo global de população a rondar os 25%.

⁶⁵ Início da intervenção de substituição de interceptor Douro;

⁶⁶ Ver nota 59. O estudo do IHRH terá sido baseado nos censos disponíveis à data, ou seja, anteriores a 1990;

Outro parâmetro que conduz à estimativa de volumes é a capitação, a qual, fruto não só de política de racionalização e gestão do meio hídrico, da evolução de electrodomésticos e das condicionantes socioeconómicas, terá um valor efectivo inferior ao definido.

Os caudais considerados são, conforme indicados no Quadro 5, Inglês, Consumo 2010, Qcalc 2010 e Qcalc2050.

Quadro 5. Caudais de cálculo e consumo efectivo por bacias (L/s).

Designação	Inglês	Consumo 2010	Q Calc 2010	Q Calc 2050	Q Calc IHRH 2035
Condominhas	51,33	74,73	139,11	159,21	341,4
Ouro	2,73	6,44	14,87	16,82	21,4
Gás	5,12	1,85	4,17	4,67	19,9
Arrábida	2,2	2,65	8,39	9,44	19,9
Bicalho	1,37	0,5	2,3	2,56	4,5
Bicalho	2,02	3,83	2,74	3,06	29
Boa Viagem	6,58	4,78	13,95	15,77	23,4
D. Pedro V	64,75	42,79	83,53	95,41	204,4
Massarelos	9,68	2,71	6,95	7,81	16,7
Cábrea	1,72	0,31	0,87	0,96	2,5
Sobre-o-Douro	5,63	7,07	10,71	12,08	34,3
Monchique	1,6	0,6	1,67	1,85	8,6
Miragaia 1	8	2,91	15,16	17,06	36,9
Virtudes	7,3	9,51	21,84	24,76	45,9
C. do Porto	5,4	3,09	7,92	8,92	29,4
M. da Silveira	79,47	38,74	74,77	85,36	180,8
Ribeira	8,9	4,39	10,16	11,46	27,5
Codeçal	4,23	1,95	4,19	4,69	6,7
Guindais	1,83	1,73	8,32	9,37	4,4
Guindais	36,33	3,06	1,62	1,8	26
Corticeira	12,85	6,19	13,36	15,1	35,8
Gomes Freire	54,23	54,8	90,25	103,11	264,7
Rego Lameiro	0	4,22	4,45	3,78	29,8
Rego Lameiro	0	1,13	3,39	4,99	6,4
Rua Freixo	18,6	23,16	35,5	40,37	131,7
Caudal (L/s)	392	303	580	660	1552

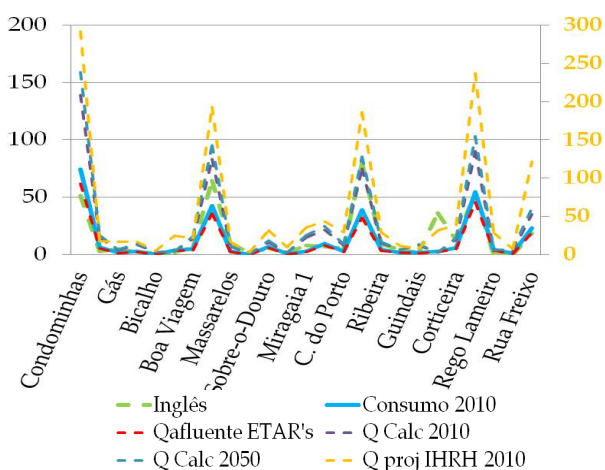


Figura 51. Volume de água consumida e afluente às ETAR em 2010, e caudais de cálculo, por bacia (L/s).

Para a simulação da rede foram definidos e testados vários cenários com alteração das áreas de influência das ETAR, os quais se identificam com indicação do peso de volume transportado às ETAR, Figura 52.

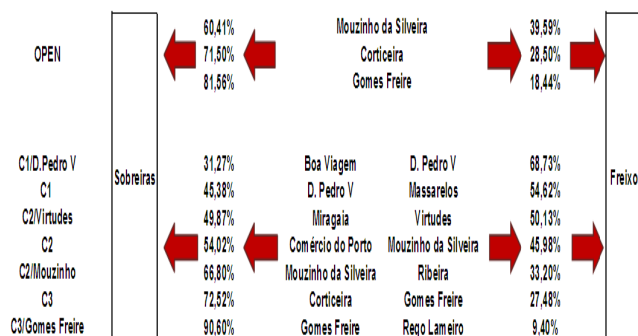


Figura 52. Cenários – área de influência das ETAR.

A Figura 52 permite clarificar que a distribuição mais equitativa de esgoto pelas ETAR é balizada pelas bacias de Virtudes/Miragaia e de Mouzinho da Silveira, divisão esta que esteve na génese dos estudos desenvolvidos pelo IHRH.

Relativamente aos cenários considerados o OPEN retrata a situação de inexistência de seccionamento em toda a extensão do Interceptor DOURO, a qual permitiu verificar o auto-ajustamento do sistema em função das solicitações ao longo do dia.

Os restantes cenários referem-se à activação das válvulas de seccionamento instaladas ao longo do interceptor, tendo-se identificado como zonas tampão as bacias de D. Pedro V (CC) e de Gomes Freire (CC).

A localização e cota topográfica do interceptor e dos diversos órgãos, entre Sobreiras e Freixo (representados como reservatórios preenchidos a cor verde), podem ser visualizadas na Figura 52, sendo que os Ejectores Shone (EJ) se representam inferiormente ao interceptor.

Como já foi atrás referido, a rede apresenta algumas particularidades, nomeadamente o funcionamento de ejectores, cuja transposição para o meio de cálculo empregue – EPANET – seria representada por uma bomba.

No entanto, o seu efeito é anulado face ao volume que é introduzido no interceptor pelas câmaras de carga.

Para as bacias de Massarelos (bacia 9) e da Corticeira (bacia 21) prevê-se a existência de dois equipamentos, autónomos, ou seja, um segundo conjunto de ejectores (EJ) com capacidade de 750 L/cada – Massarelos II e a transformação do Tanque Shone (TS) Oporto Center em Câmara de Carga (CC) – Corticeira II, respectivamente.

Esta duplicação levanta a questão da consideração de “ramais individuais ou comuns”, e, consequentemente, qual a sua secção, sendo que, do ponto de vista de gestão/exploração/manutenção da rede será preferível a existência de ramal único.

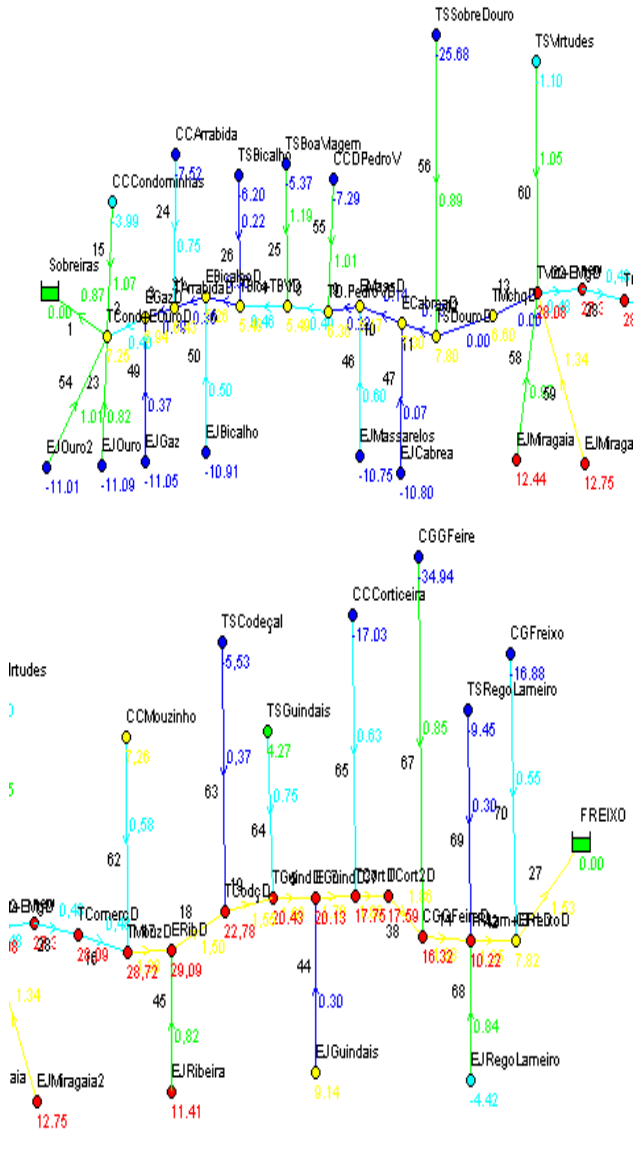


Figura 53. Simulação hidráulica - período de maior afluência (14:00), velocidade e pressão.

Tendo como base as condições de funcionamento dos órgãos actualmente em funcionamento, cujos parâmetros se encontram sintetizados no Quadro 6, foram realizadas várias simulações.

Quadro 6. Características e condições actuais de funcionamento.

Tipo		Massarelos I Ejector Shone	Corticeira I Tanque Shone
Capacidade		500 L	7,5 m³
Tempo de descarga		30 s	3 min
Ramal de descarga	D	150	200
Caudal	L/s	16,67	41,67
Velocidade	m/s	0,95	1,33
Perda de carga	m/km	9,85	13,21
F. Resistência		0,032	0,029

3.2.1.1. Massarelos

Ejetores shone com capacidade de 500 L ou de 750 L (a instalar), cujos ramais de descarga são de 150 mm ou de 200 mm, respectivamente, de funcionamento, pontual e alternado, Quadro 7.

Quadro 7. Massarelos - Ramal de descarga (mm) - simulação.

	Massarelos I	Massarelos II	
Simulação	EJ 500l	EJ 750l	I+II
1	200	200	200
2	150	150	150
6	150	200	200

A simulação via Epanet permitiu a apresentação dos dados - velocidade e perda de carga com a representação patente na Figura 54.

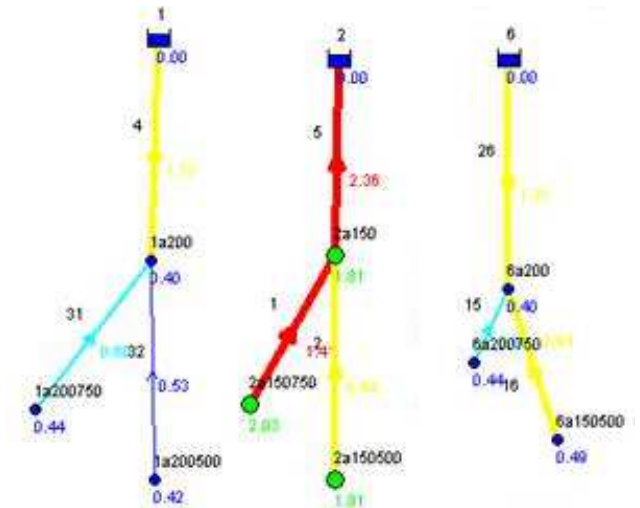


Figura 54. Massarelos - EJ 750 L e EJ 500 L - carga hidráulica e velocidade.

A Figura 55, apresenta os valores acima obtidos, bem como, o intervalo admissível da velocidade - $V_{\text{máx}}$ ($0,34 \times D^{0,28}$) e V_{min} ($0,4 \text{ m/s}$).

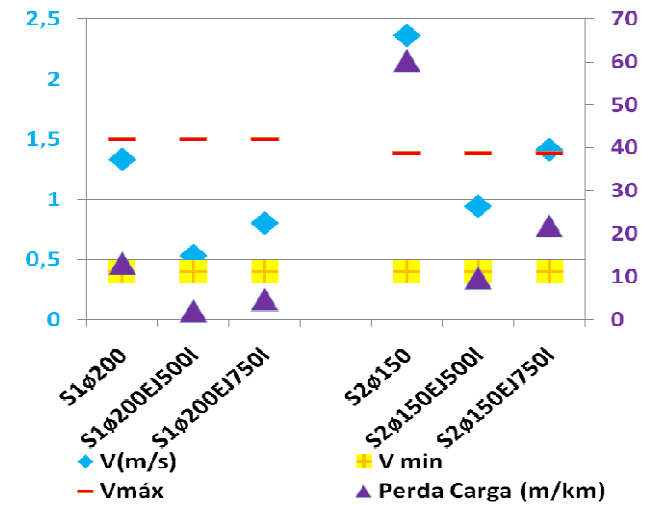


Figura 55. Massarelos - EJ 750 L e EJ 500 L - carga hidráulica (m/km), velocidade (m/s) e intervalo de variação ($V_{\max}$ e $V_{\min}$).

Pese embora a probabilidade de simultaneidade dos equipamentos de expulsão seja mínima a introdução de dados permite a visualização desta situação.

De acordo com a simulação, no caso do Ejector de 750 L a descarga através de um ramal de 150 mm conduz a uma velocidade superior à máxima admissível (S2Ø150EJ750L), a qual, no caso de simultaneidade dos dois equipamentos de expulsão, ronda os 2,3 m/s e a perda de carga cerca 60 m/km (S2Ø150), por outro lado o ramal de descarga em 200mm para o Ejector de 50 0L conduz a uma velocidade superior à velocidade mínima (S1Ø200EJ500L) contra os 0,9 m/s obtidos para o ramal de 150 mm (S1Ø150EJ500L).

Por outro lado, a utilização de 200 mm em vez de 150 mm, traduz-se na redução de cerca de 22% e de 56% do valor de perda de carga e de velocidade, respectivamente. Por outro lado, a solução menos restritiva será a execução de um ramal de descarga único, de 200 mm, com derivação de 150 mm para o Ejector de Massarelos I.

3.2.1.2. Corticeira

Preconiza-se que para a câmara de carga de Corticeira II serão conduzidos cerca de 25L/s de esgoto, desviado da bacia de Gomes Freire e o funcionamento diferenciado entre Corticeira I (TS - descarga pontual) e Corticeira II (CC - descarga continua), Quadro 8.

Quadro 8. Corticeira - Ramal de descarga (mm) - simulação.

Simulação	Corticeira I TS	Corticeira II CC	I+II
7	200	300	300
8	200	200	200
10	300		

À semelhança de Massarelos, apresentam-se os dados - velocidade e perda de carga com a representação disponível no programa de Epanet, bem como, em formato gráfico com a indicação do intervalo aceitável para a velocidade. No entanto, ao contrário de Massarelos, neste caso ocorre simultaneidade de funcionamento, Figuras 56 e 57.

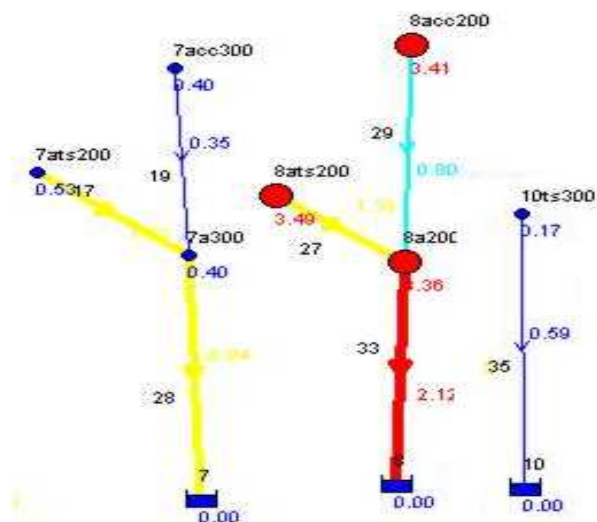


Figura 56. Corticeira: TS e CC - carga hidráulica e velocidade.

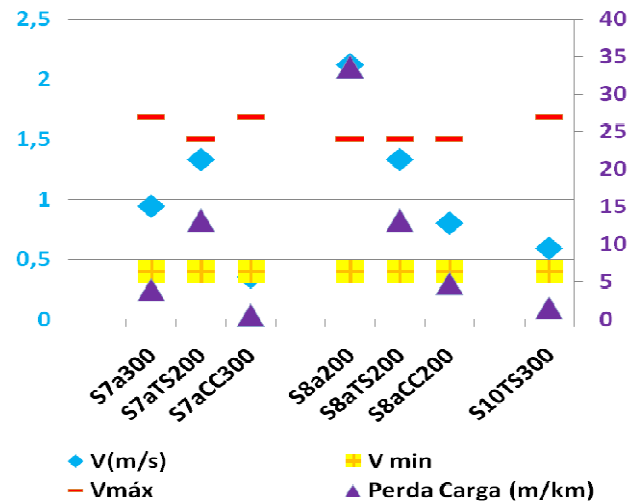


Figura 57. Corticeira: TS e CC - carga hidráulica (m/km), velocidade (m/s) e intervalo de variação (V_{máx} e V_{mín}).

No caso de descarga simultânea, TS com o CC por ramal de 200 mm, a velocidade é superior à máxima admissível e a perda de carga elevada (S8a200) em contraponto ao de 300 mm (S7a300). Por outro lado, se se atender a esta última secção e apenas se encontrar em funcionamento o TS o valor da velocidade encontra-se no intervalo aceitável (S10TS300). Como foi referido, o CC não reduz a capacidade de transporte, pelo que, pode ser usado como alternativa a Gomes Freire.

Assim, a utilização de um diâmetro de 300 mm em vez de 200 mm, resulta numa diminuição de cerca de 44% e de 12% do valor de perda de carga e de velocidade, respectivamente.

Assim, a solução menos restritiva será a execução de ramal de descarga único, com 300 mm e com derivação em 200mm para o TS da Corticeira I.

De forma a verificar-se qual o efeito da alteração de secção da tubagem dos ramais de descarga ao nível do Interceptor Douro, apresentam-se, de forma gráfica, os valores obtidos pela simulação efectuada considerando-se o volume afluente "QCalc2010", com a pormenorização de 3 fases distintas de afluências: mínima (5:00) - intermédia (9:00) - máxima (14:00) para o Cenário OPEN.

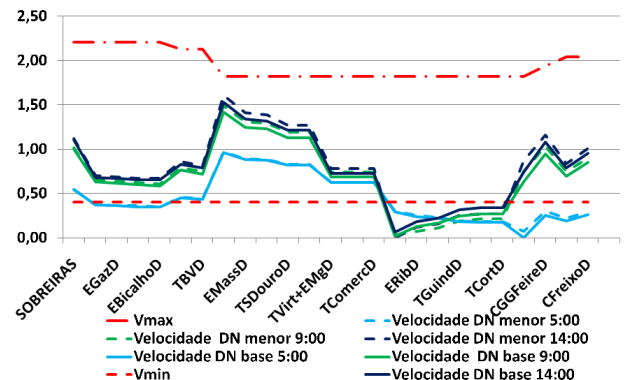


Figura 58. Interceptor Douro - velocidade (m/s) - alteração de secção dos ramais de descarga de Massarelos e de Corticeira - Cenário OPEN.

A Figura 58 retrata a evolução da velocidade, sendo que a ocorrência de velocidades nulas está associada com o próprio ajustamento da rede no Cenário OPEN, ou seja, aquando da baixa afluência - 5:00 - a linha de separação de influência das ETAR localiza-se na zona de Gomes Freire, progredindo para poente e fixando-se em Mouzinho da Silveira no período de aumento de afluência - 9:00 às 14:00.

Como também se verifica as alterações ao nível das velocidades são mais evidentes na zona dos ramais de descarga em análise, com aumento no período de maior afluência, Figura 59.

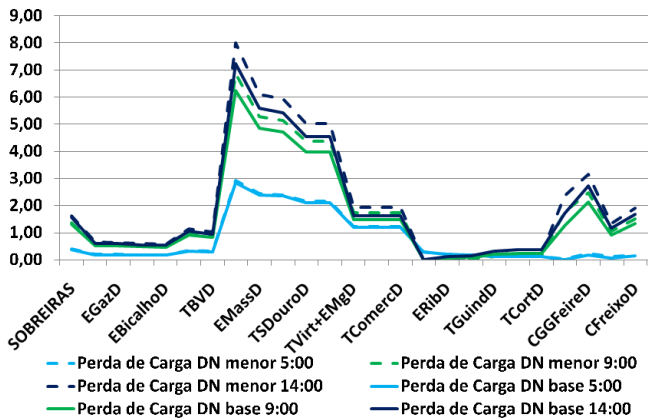


Figura 59. Interceptor Douro - perda de carga (m/km) - alteração de secção dos ramais de descarga de Massarelos e de Corticeira - Cenário OPEN.

No que respeita à perda de carga, o efeito do menor diâmetro do ramal de Massarelos traduz-se num aumento da perda de carga de 1m/km, cujo efeito terá maior repercussão a montante, até Mouzinho da Silveira. Volta a constatar-se a mesma situação na zona da Corticeira, a qual se estende em direcção ao Freixo, mas com menor impacto neste local, Figura 60.

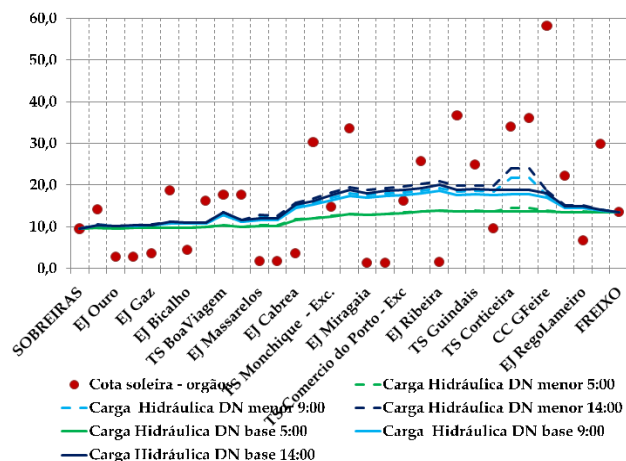


Figura 60. Interceptor Douro - Carga hidráulica (m) - alteração de secção dos ramais de descarga de Massarelos e de Corticeira - Cenário OPEN.

O efeito da alteração da secção dos ramais de descarga dos órgãos é mais expressivo quando observado o parâmetro Carga Hidráulica. Como se constata os TS de Monchique e de Comércio do Porto ficam abaixo da linha de Carga Hidráulica, pelo que se poderá questionar sobre a sua manutenção em funcionamento.

O funcionamento actual do Interceptor Douro, com base no volume de água consumido por bacia, é inferior ao previsto pela equipa projectista Inglesa. No entanto, os volumes determinados - Qcalc 2010 - para o ano horizonte conduzirão a valores mais elevados, com efeito mais limitador, Figura 61.

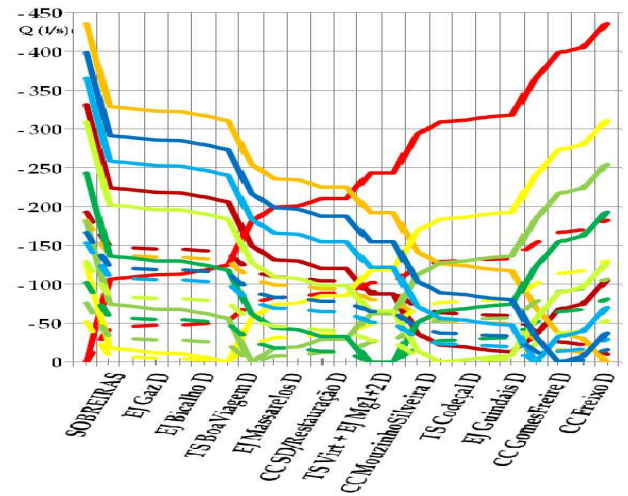


Figura 61. Interceptor Douro - Volume de afluente acumulado (L/s).

Os volumes transportados em cada um dos cenários⁶⁷ acima indicados encontram-se representados na Figura 61⁶⁸, o que evidencia a diferença entre o período de maior e de menor afluência.

A Figura 62⁶⁹ respeita à Carga Hidráulica no período de maior afluência e permite analisar o efeito da curva obtida para cada Cenário com a localização dos diversos órgãos. Assim, uma primeira observação evidencia que os órgãos - Monchique e Comércio do Porto - são os mais sensíveis à alteração de cenário, pelo que se coloca em questão a sua continuidade em funcionamento. A sua localização a uma cota superior traduzir-se-ia numa diminuição da área drenante, e, concomitantemente do volume afluente, o qual actualmente já é diminuto. Assim, a solução converge para a eliminação destes Tanques Shones e a interligação das bacias drenantes com as adjacentes, a cota baixa, mais precisamente com Miragaia, o que se traduz num aumento da área de influência dos expulsos. De forma a garantir as condições actuais de escoamento de esgoto, esta alteração implicará a entrada em exploração de um segundo conjunto de Ejectores Shone.

⁶⁷ - Os Cenários encontram-se identificados em cada gráfico com cores distintas a seguir indicadas, com traço contínuo ou tracejado, respectivamente para o período de maior afluência - 14:00 ou de menor - 5:00;

- 5am - OPEN
- 2pm - OPEN
- 5am - 100% FREIXO
- 2pm - 100% FREIXO
- 5am - 100% SOBREIRAS
- 2pm - 100% SOBREIRAS
- 5am - Sobreiras/BoaViagem - D. PedroV/Freixo
- 2pm - Sobreiras/BoaViagem - D. PedroV/Freixo
- 5am - Sobreiras/D. Pedro V - Massarelos/Freixo
- 2pm - Sobreiras/D. Pedro V - Massarelos/Freixo
- 5am - Sobreiras/Virtudes - Mouzinho/Freixo
- 2pm - Sobreiras/Virtudes - Mouzinho/Freixo
- 5am - Sobreiras/Mouzinho - Ribeira/Freixo
- 2pm - Sobreiras/Mouzinho - Ribeira/Freixo
- 5am - Sobreiras/Corticeira - GomesFreire/Freixo
- 2pm - Sobreiras/Corticeira - GomesFreire/Freixo
- 5am - Sobreiras/GomesFreire - RegoLameiro/Freixo
- 2pm - Sobreiras/GomesFreire - RegoLameiro/Freixo

⁶⁸ As bacias limite de cada Cenário zona;

⁶⁹ Os órgãos localizados a cota baixa < "10" são expulsos - Ejector Shone;

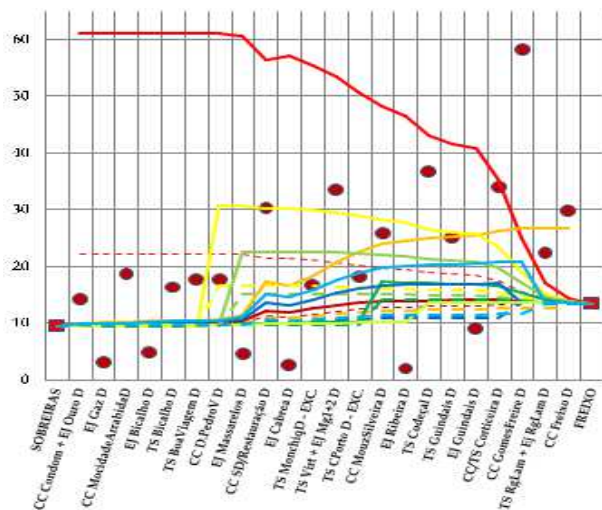


Figura 62. Interceptor Douro - Carga Hidráulica (m) - período de maior e menor afluência.

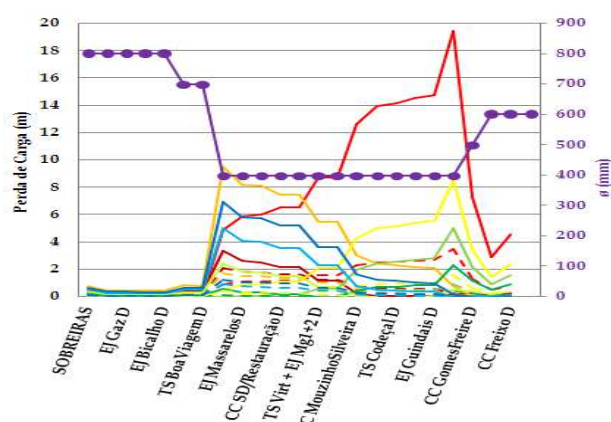


Figura 63. Interceptor Douro - Perda de Carga (m).

Quanto à possibilidade de encaminhar integralmente o esgoto da zona Sul - Douro - para uma das ETAR, estação de Sobreiras (linha a laranja) ou Freixo (linha a vermelho), o primeiro cenário estaria condicionado pelos TS de Monchique, de Comércio do Porto e dos Guindais, e o segundo cenário, bastante mais redutor, por todos os órgãos localizados a poente da CC Gomes Freire.

Os cenários menos condicionantes estão delimitados a poente por D. Pedro V e a nascente por Gomes Freire, exclusive. No entanto, permanece o problema dos TS de Monchique e de Comércio do Porto. O cenário que permite uma divisão mais equitativa de esgoto entre as duas estações, representado a verde-escuro, respeita a Virtudes para Sobreiras e Mouzinho para Freixo. O cenário cuja linha de Carga Hidráulica é mais semelhante à do "OPEN", corresponde a Corticeira para Sobreiras e Gomes Freire para o Freixo. Uma questão que se poderá colocar é - qual a situação para o período de menor consumo? A resposta poderá ser visualizada na Figura 64. As simulações efectuadas permitiram definir o intervalo entre as 2:00am e as 6:00 am, em que é possível alterar o Cenário de funcionamento, de modo a efectuar trabalhos de manutenção, sem colocar em risco a entrada em carga dos órgãos localizados a cota alta.

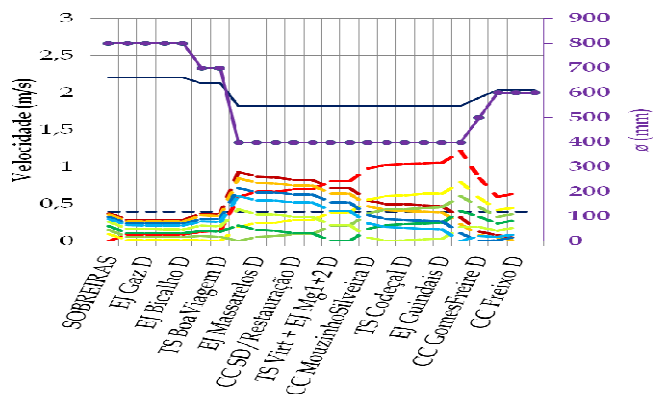


Figura 64. Interceptor Douro - Velocidade (m/s) - por Cenário, máxima e mínima - período de menor afluência.

Em relação às velocidades, os cenários 100% Sobreiras e 100% Freixo, bem como D. Pedro V para Freixo, ultrapassam a velocidade máxima recomendável (traço contínuo preto) em função da secção da tubagem (traço com bola a roxo). Dos gráficos anteriores pode-se inferir que o diâmetro do Interceptor no troço Boa Viagem - Sobreiras e Gomes Freire - Freixo, 800 e 600 mm, respectivamente, conduz a velocidades baixas para o volume de esgoto considerado.

O efeito dos vários cenários em relação à Carga Hidráulica sobre os órgãos versus a cota topográfica dos mesmos pode ser visualizado na Figura 65⁷⁰.

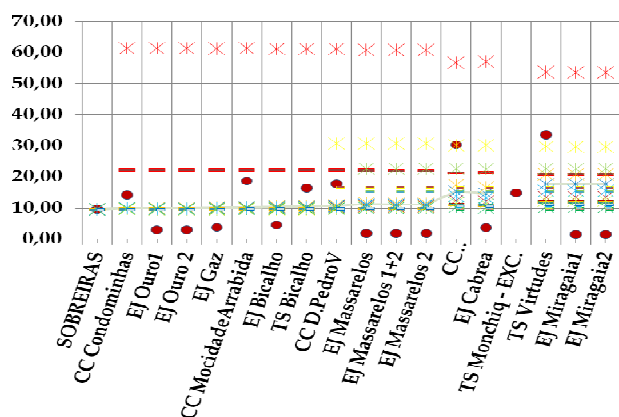


Figura 65. Carga hidráulica (m) - Órgãos da rede - Tanques Shone, Câmaras de carga e Ejectores Shone (1_2).

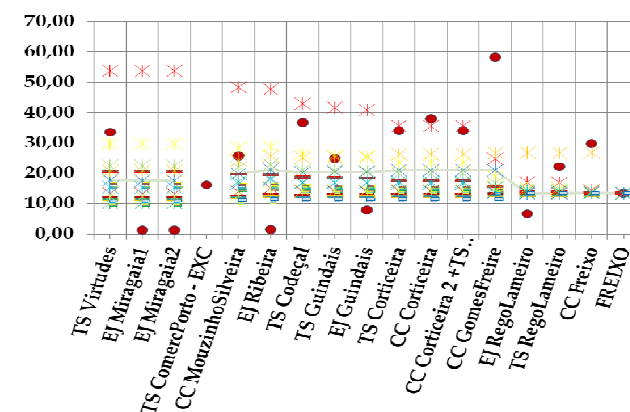


Figura 66. Carga hidráulica (m) - Órgãos da rede - Tanques Shone, Câmaras de carga e Ejectores Shone (2_2).

⁷⁰ Ejectores Shone representados a cota < "10"m;

As Figuras 67 a 70 permitem visualizar o efeito de três dos caudais indicados no Quadro 6 – Consumo 2010, Qcalc 2010 e QIHRH2035, ou seja para o ano de 2010 e ano horizonte de 2035.⁷¹

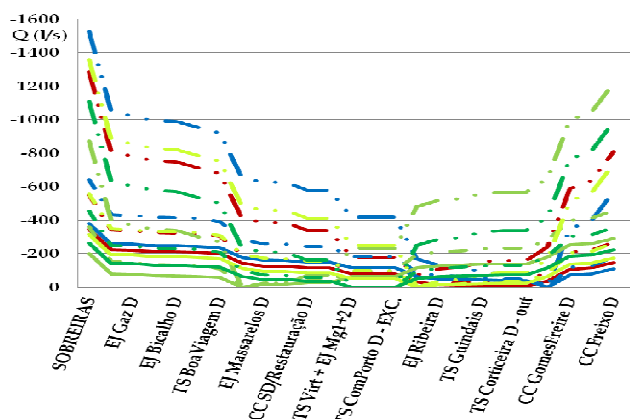


Figura 67. Caudal (L/s) – período de maior afluência – Consumo 2010 vs Qcalc 2010 vs QIHRH 2035.

A Carga Hidráulica nos períodos de maior e menor afluência encontra-se compilada nos dois gráficos seguintes. Uma primeira observação ao limite máximo do eixo - H (m) – traduz um agravamento de cerca de quatro vezes entre os períodos em apreço, cujo principal contributo advém dos seguintes factores: volume de afluente transportado ser QIHRH 2035, o caudal de D. Pedro V ser encaminhado para a ETAR do Freixo e o troço do interceptor Douro, entre D. Pedro V e a Corticeira, ter um diâmetro de 400 mm. A disparidade acima referida seria facilmente moderada pela consideração de uma secção superior.

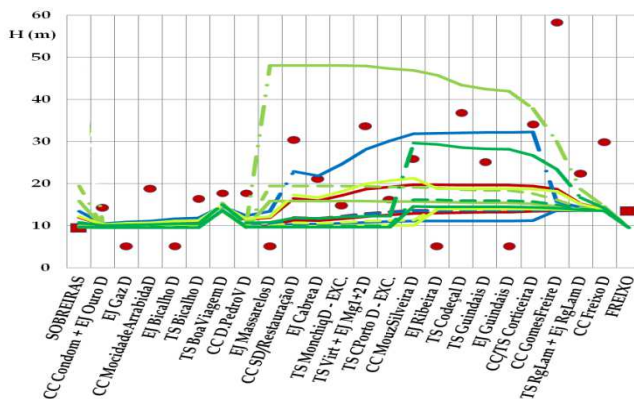


Figura 68. Carga Hidráulica do Interceptor Douro (m) e cota dos órgãos (m) - Consumo 2010 vs Qcalc 2010 vs QIHRH 2035 – período de menor afluência.

⁷¹ Os Cenários e Caudais em análise encontram-se identificados em cada gráfico com cores e traços distintos a seguir indicados;

- cota órgão
- OPEN QCons2010
- - - OPEN Qcalc2010
- OPEN QIHRH2035
- SOB/Cort - GmFreire/FREIXO QCons2010
- - - SOB/Cort - GmFreire/FREIXO Qcalc2010
- SOB/Cort - GmFreire/FREIXO QIHRH2035
- SOB/DPedroV - Massar/FREIXO QCons2010
- - - SOB/DPedroV - Massar/FREIXO Qcalc2010
- SOB/DPedroV - Massar/FREIXO QIHRH2035
- SOB/MouzSilv - Ribeira/FREIXO QCons2010
- - - SOB/MouzSilv - Ribeira/FREIXO Qcalc2010
- SOB/MouzSilv - Ribeira/FREIXO QIHRH2035
- SOB/Virtudes - MouzSilv/FREIXO QCons2010
- - - SOB/Virtudes - MouzSilv/FREIXO Qcalc2010
- SOB/Virtudes - MouzSilv/FREIXO QIHRH2035

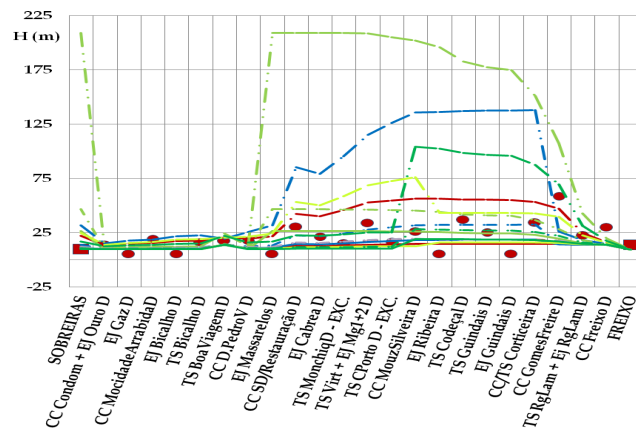


Figura 69. Carga Hidráulica do Interceptor Douro (m) e cota dos órgãos (m) - Consumo 2010 vs Qcalc 2010 vs QIHRH 2035 – período de maior afluência.

Outra conclusão, que se pode extrair diz respeito à corroboração da explanação anterior sobre a descontinuidade dos Tanques Shone de Monchique e de Comércio do Porto.

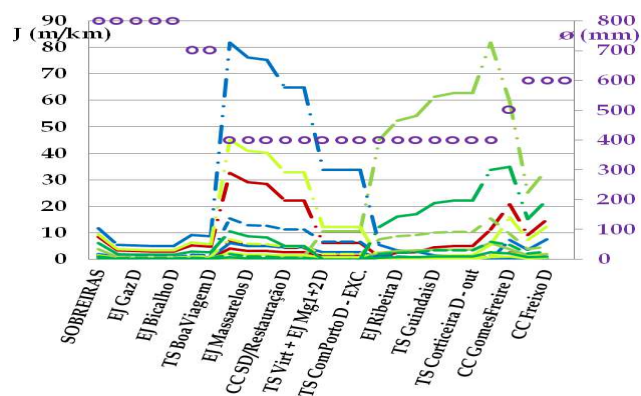


Figura 70. Perda de Carga - Interceptor Douro – período de maior afluência.

Em relação às pressões nos órgãos, os menos susceptíveis são os que dispõem de ramais com maior secção, Condominhas, D. Pedro V, Mouzinho, Gomes Freire e Freixo, os quais servem câmaras de carga, na outra extrema. O mais sensível é o ramal de descarga do ejector Miragaia2 em 100 mm, pelo que será ampliado para 150 mm. Convirá relembrar que se estipulou para os ejectores uma pressão de 21 mca, próximo da pressão na rede de ar comprimido. As Figuras 71 e 72 dizem respeito à Pressão e à Perda de Carga nos seus ramais de descarga, calculadas para o período de maior afluência.

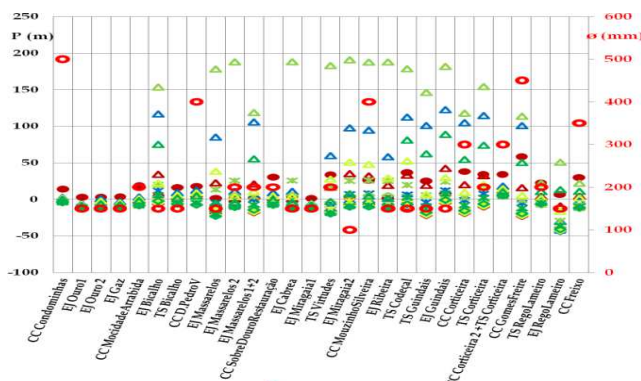


Figura 71. Pressão nos órgãos (m) - Consumo 2010 vs Qcalc 2010 vs QIHRH 2035 – período de maior afluência.

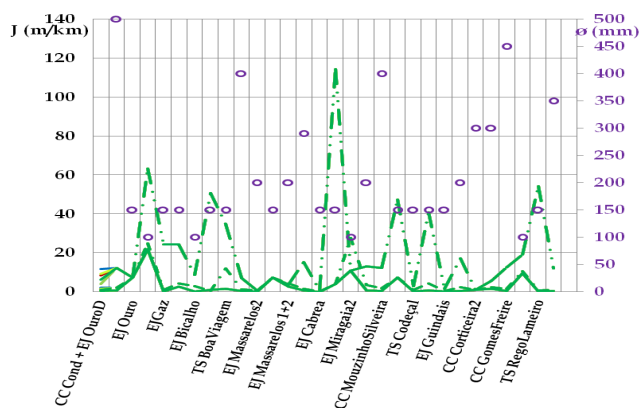


Figura 72. Perda de Carga (m/km) - Consumo 2010 vs Qcalc 2010 vs QIHRH 2035 - período de maior afluência.

Os ramais de descarga das câmaras de carga conduzem a menores perdas de carga, como também se pode inferir do gráfico anterior. No caso dos tanques shone, pese embora de menor capacidade e com um ramal de secção mais reduzida, o seu funcionamento conduz a um maior caudal de ponta e concomitantemente maior velocidade, logo mais solicitação.

4. Conclusões

Apesar do tema em análise ser o troço central do Interceptor Douro, procurou-se atendendo ao histórico existente da rede de saneamento da cidade do Porto, efectuar uma análise mais aprofundada dos métodos de cálculo, nomeadamente dos parâmetros utilizados no cálculo hidráulico, na forma de determinar e quantificar os mesmos, no desenvolvimento de soluções e sua adaptação em função do desenvolvimento dos trabalhos.

Os resultados obtidos, a amplitude e a flexibilização do sistema, permitiram evidenciar as seguintes situações e/ou necessidades:

- 1) Cenário mais viável de funcionamento do Interceptor Douro - C2 - Sobreiras < Mouzinhos; Ribeira > Freixo;
- 2) Possibilidade de efectuar trabalhos de gestão /manutenção no período das 1:00am às 6:am (mantendo todo o esgoto a convergir para as ETAR);

- 3) Substituição do troço Virtudes/Gomes Freire por tubagem em ferro fundido dúctil integral de 400 mm;
- 4) Eliminação dos tanques Shone de Monchique e de Comércio do Porto;
- 5) Transformação do Tanque da Corticeira II em câmara de carga;
- 6) Individualização do ramal de descarga dos tanques da Boa Viagem e do Bicalho;
- 7) Reposicionamento do CC de D. Pedro V;
- 8) Criação de nova CC, da Restauração, libertando o TS de Sobre-o-Douro;
- 9) Duplicação do sistema de ejectores shone em Massarelos;
- 10) Ampliação da capacidade dos Ejectores de Miragaia e dos Guindais;
- 11) Interligação das redes gravíticas dos órgãos desactivados e dos reformulados às afluentes aos equipamentos a ampliar;
- 12) Implementação de um sistema de monitorização e de telegestão integral do sistema, incluindo o fornecimento de energia eléctrica e de fibra óptica, abrangendo a automatização das válvulas de seccionamento mediante o emprego de actuadores pneumáticos, a medição contínua de caudais de esgoto e de ar comprimido e o accionamento remoto de equipamento.

Com base nestes dados foi elaborado um projecto de execução, cuja estimativa orçamental ascende a cerca de 2,3 milhões de euros. No entanto, dada a necessidade de coordenar intervenções com diversas entidades, uma pequena parte do projecto já foi objecto de consulta pública, devendo brevemente ser submetido ao mercado o processo que abarca uma maior amplitude e diversidade de trabalhos.

Os elementos seguintes são apresentados a título informativo e foram retirados das peças desenhadas que integram o projecto de execução.

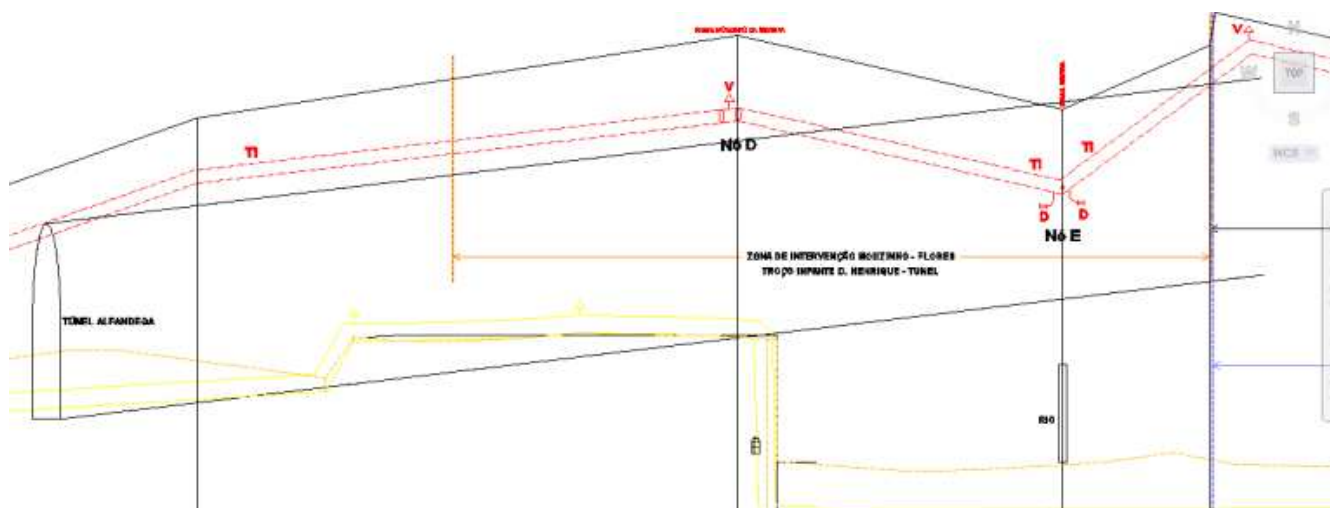


Figura 73. Pormenor de perfil do interceptor Douro (original a amarelo).



Figura 74. Planta do interceptor Douro.

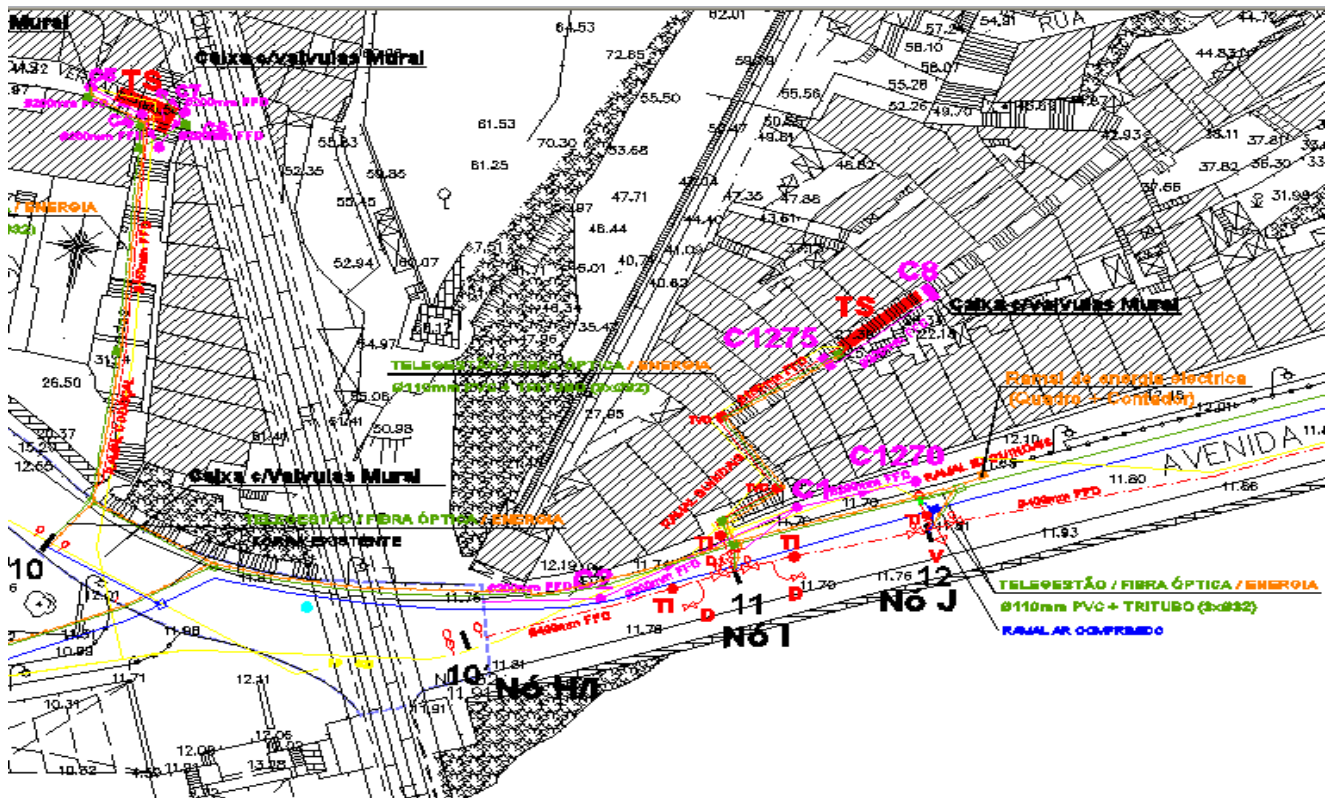


Figura 75. Pormenores da planta do interceptor Douro.

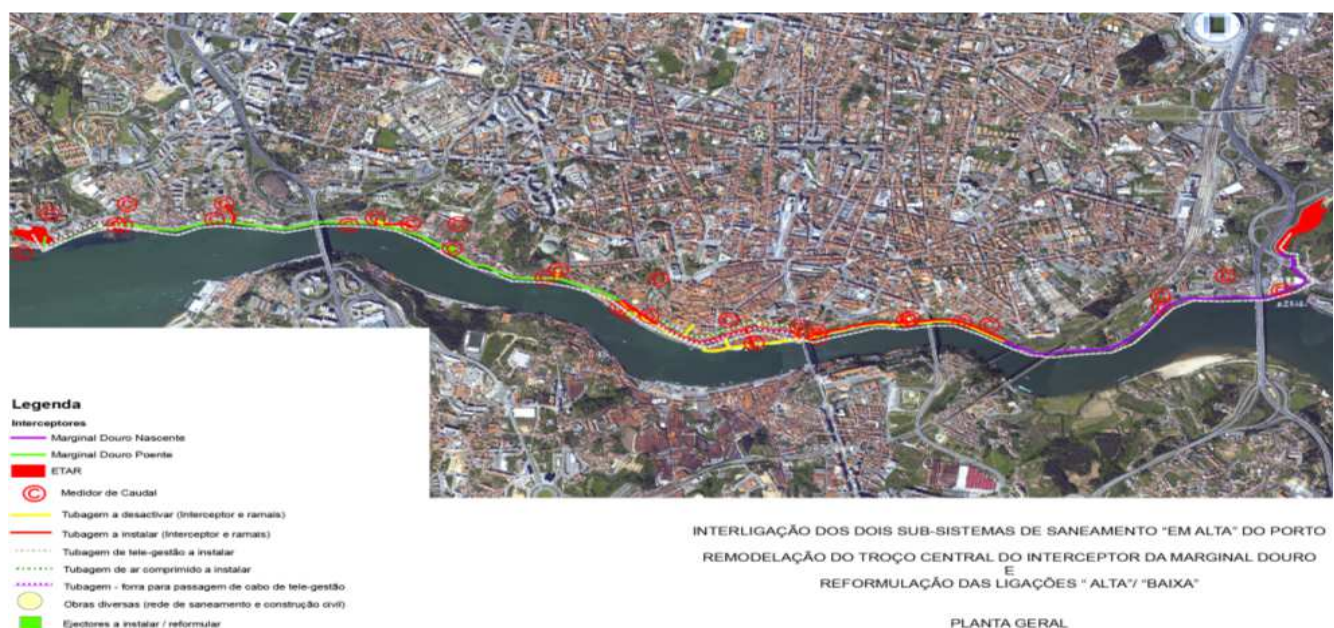


Figura 76. Traçado do interceptor Douro e localização dos órgãos da rede.

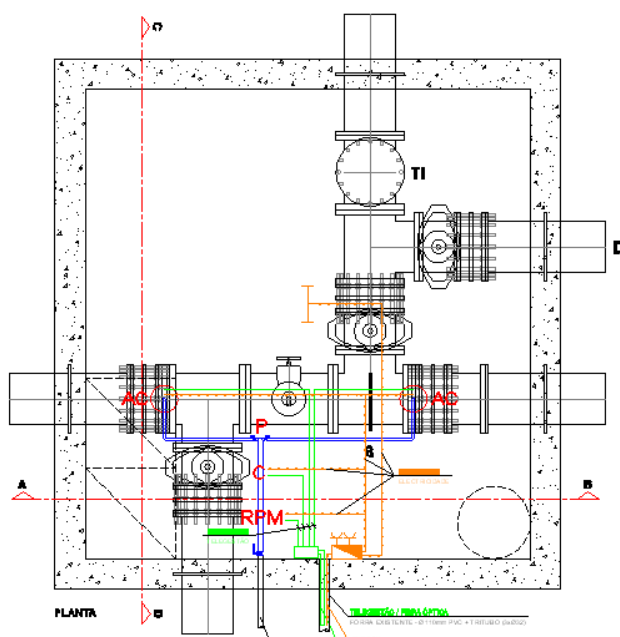


Figura 77. Pormenor do circuito hidráulico de ligação do ramal de descarga do órgão ao interceptor Douro, incluindo circuito de ar comprimido, energia e telegestão - câmara de manobras (planta).

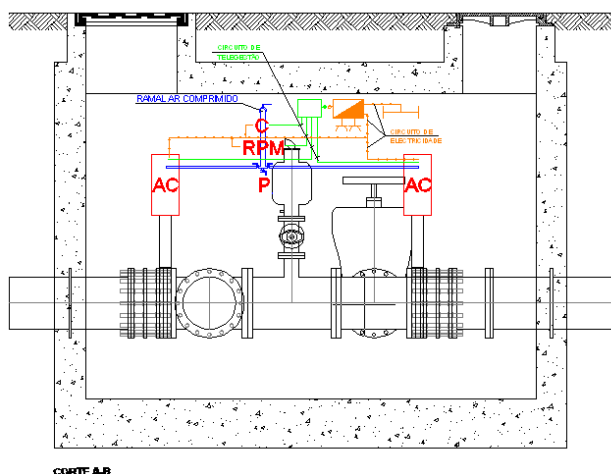


Figura 78. Pormenor do circuito hidráulico de ligação do ramal de descarga do órgão ao interceptor Douro, incluindo circuito de ar comprimido, energia e telegestão - câmara de manobras (corte).

No entanto, a fiabilidade da rede não se prende apenas com cálculos detalhados, escolha de equipamentos e materiais a empregar. A acuidade na execução dos trabalhos tem um papel basilar no futuro comportamento da rede e sua durabilidade, e, conseqüentemente, na minimização da sua manutenção.

Agradecimentos

Prof. Joaquim Poças Martins; Eng. Carlos António Santos Ferreira; Eng. António Martins Ramos; Arq. Mário João Freitas Mesquita; Eng. Ofélia Parente; Eng. Teresa Teles; Eng. Elsa Ferraz; Eng. Ana Lopes; Eng. João Paulo Almeida; Eng. José Rito; Eng. Arménio Rodrigues; Sra. D. Fernanda Pereira; Sr. José Antonio Almeida; Sr. Valdemar Freitas; Sr. Artur Oliveira; Sr. Joaquim Couto; Prof. Ricardo Araújo Figueiredo; Prof. Jorge Rezende; Casa do Infante/Arquivo Histórico Municipal; Biblioteca Pública Municipal do Porto; Arquivo da AdP, EEM; e Serviços de Sistemas de Informação da AdP, EEM.