



# ADRS - RECONSTRUÇÃO DA PH DA RUA ROSA DOS MOÍNHOS

## PROJETO DE EXECUÇÃO

Memória Descritiva

MAIO 2023

CONSULTORES DE ENGENHARIA, LDA.

**noraqua**

**40**  
ANOS  
1981  
2021



REV.	DESCRIÇÃO	DATA	ELABORADO	APROVADO	VER. CONFORMIDADE
00	Primeira Emissão	2023-05-05	ED	LV	ED



## ÍNDICE DE CONTEÚDOS

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2. ESTUDO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Características da Bacia Hidrográfica .....	8
2.2. Intensidade Máxima de Precipitação .....	8
2.3. Determinação do Tempo de Concentração .....	9
2.4. Determinação dos Caudais de Ponta .....	11
<b>3. ESTUDO HIDRÁULICO.....</b>	<b>12</b>
<b>4. SERVIÇOS AFETADOS.....</b>	<b>14</b>
<b>5. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL .....</b>	<b>14</b>
5.1. Regulamentação .....	14
5.2. Ações .....	15
5.3. Estados Limites Últimos.....	15
5.4. Materiais.....	16
<b>6. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO.....</b>	<b>16</b>
6.1. Escavação.....	16
6.2. Cálculo dos volumes de regularização e aterro .....	17
6.3. Medição da tubagem .....	17
6.4. Trabalhos complementares .....	17
6.5. Outras considerações .....	17





## 1. INTRODUÇÃO

A Câmara Municipal de Espinho adjudicou à Noraqua a elaboração do Projeto de Execução: "ADRS - Reconstrução da PH da Rua Rosa dos Moinhos".

A Ribeira de Silvalde atravessa a Rua Rosa dos Moinhos através de uma passagem hidráulica. Devido a fenómenos recentes de precipitação intensa, a secção atual foi insuficiente para transportar os caudais afluentes, levando a uma rotura parcial da estrutura e a um abatimento do arruamento.

As coordenadas da passagem hidráulica, no formato ETRS89, são as seguintes:

X= - 39 696 m

Y= 147 370 m

O presente documento refere-se ao Projeto de Execução da nova passagem hidráulica e teve por base:

- O levantamento topográfico, efetuado pela Noraqua;
- Os elementos recolhidos nas visitas ao local;
- As informações recolhidas junto dos técnicos da Câmara Municipal de Espinho;

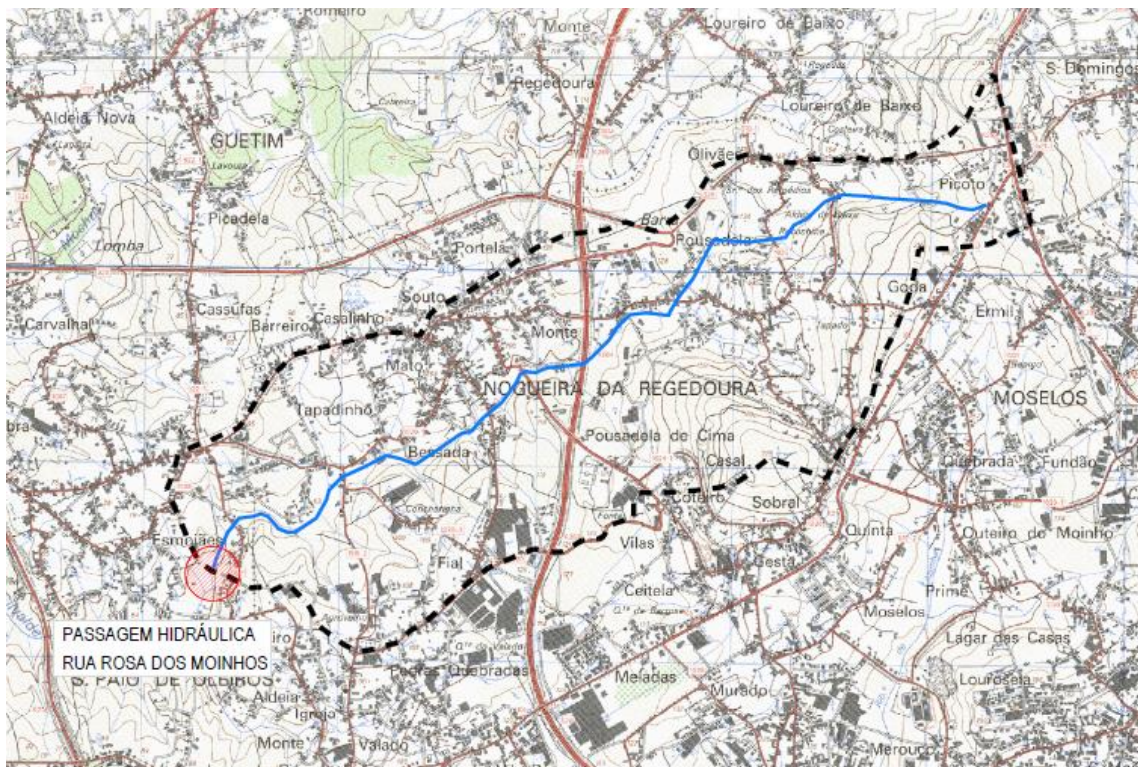


**Figura 1 - Estado atual da Passagem Hidráulica**

## 2. ESTUDO HIDROLÓGICO

A determinação dos caudais de cheia foi realizada para diversos tempos de retorno (T=5, 10, 50 e 100 anos) associando assim diferentes probabilidades de ocorrência, tendo-se utilizado o método

Racional para a sua quantificação. Na figura abaixo, e nas peças desenhadas, apresenta-se a delimitação da bacia hidrográfica afluente.



**Figura 2 - Limite da bacia**

## 2.1. CARACTERÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA

As principais características da bacia hidrográfica afluente ao ponto em análise são apresentadas no quadro seguinte:

Área da bacia hidrográfica (km <sup>2</sup> )	5.5
Perímetro da bacia hidrográfica (km)	12.0
Comprimento do curso de água principal (km)	5.0
Altura média da bacia hidrográfica (m)	81
Coeficiente de compacidade (kc)	1.45
Fator de forma (kf)	0.22
Declive médio (m/m)	0.031

**Quadro 1 - Características Gerais da Bacia Hidrográfica**

## 2.2. INTENSIDADE MÁXIMA DE PRECIPITAÇÃO

Para a caracterização do regime pluvial recorreu-se ao “Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Pluviais” – Anexo IX – Regiões



pluviométricas. Atendendo à localização do concelho de Espinho, foram tomados os parâmetros relativos à "Região A".

T (anos)	a	b
5	259.26	-0.562
10	290.68	-0.549
50	349.54	-0.524
100	365.62	-0.508

**Quadro 2 - Constantes associadas aos períodos de retorno em análise**

A intensidade máxima de precipitação é traduzida pela expressão analítica:

$$I(t,T) = a \cdot t^b$$

Sendo;

$I(t,T)$ —intensidade média máxima de precipitação (mm/h) para a duração  $t$  (min)

$a, b$  – constantes dependentes do período de retorno

### 2.3. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração,  $t_c$ , de uma bacia hidrográfica, numa dada secção de um curso de água, define o tempo para que a totalidade da bacia contribua para o escoamento superficial na secção considerada. Assim, na definição dos caudais de cheia considera-se a duração da chuvada ( $t$ ), igual ao tempo de concentração ( $t_c$ ). Sendo este parâmetro definido de forma diferenciada consoante o método considerado. Foram utilizados os seguintes métodos:

- Kirpich;
- Témez;
- Giandotti;
- SCS.

Kirpich

$$t_c = 0.0663 \frac{L^{1.155}}{\Delta H^{0.385}} \quad 0.87 \text{ h}$$

$t_c$  - tempo de concentração (h)

$L$  - comprimento do curso de água principal da bacia (km)

$\Delta H$  - altura do curso principal da bacia (km)

### Témez

---

$$t_c = 0.3 \left( \frac{L_b}{i_m^{0.25}} \right)^{0.76} \quad 1.96 \text{ h}$$

$t_c$  - tempo de concentração (h)

$i_m$  - declive médio do curso principal da bacia (m/m)

$L_b$  - comprimento do curso de água principal da bacia (km)

### Giandotti

---

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A_b} + 1.5 \cdot L_b}{0.80 \cdot \sqrt{H}} \quad 2.33 \text{ h}$$

$t_c$  - tempo de concentração (h)

$A_b$  = área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>)

$L_b$  - comprimento do curso de água principal da bacia (km)

$H$  - altura média da bacia (m)

### Soil Conservation Service

---

$$t_c = 1.67 \cdot t_e \quad 2.30 \text{ h}$$

$t_c$  - tempo de concentração (h)

$t_e$  - tempo de atraso de bacia (h)

$$t_e = \frac{L_b^{0.8} \cdot (0.03937 \cdot S_{mr} + 1)^{0.7}}{734.43 \cdot i_{mb}^{0.5}} \quad 1.38 \text{ h}$$

$i_{mb}$  - declive médio da bacia (%)

$L_b$  - comprimento do curso de água principal da bacia (m)

$S_{mr}$  - capacidade de retenção (mm)

$$S_{mr} = \frac{25400}{CN} - 254 \quad S_{mr} = 41.35 \text{ mm}$$

CN - número de escoamento

CN = 86

Na tabela seguinte apresenta-se um resumo dos resultados obtidos para cada método. Face aos valores obtidos, optou-se por considerar a média destes 4 métodos, correspondendo a  $T_c=1.87h$ , ou seja, 112 minutos.

Método	$T_c$ (horas)
Kirpich	0.87
Temiz	1.96
Giandotti	2.33
Soil Conservation Service	2.30
<b>Valor Adoptado</b>	<b>1.87</b>

**Quadro 3 - Tempos de concentração**

#### 2.4. DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS DE PONTA

Como referido anteriormente, utilizou-se o Método Racional para a quantificação dos caudais.

##### Método Racional

$$Q_p = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

$Q_p$  - caudal de ponta de cheia ( $m^3/s$ )

A - área da bacia hidrográfica ( $Km^2$ )

C - coeficiente de escoamento

I - intensidade média de precipitação (mm/h)

Coeficiente de escoamento

C = 0.424

Tempo de concentração

$t_c$  = 1.87 h

Tempo de retorno	T (anos)	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
Coeficiente de escoamento	( - )	0.42	0.42	0.51	0.53
Intensidade de precipitação	I (mm/h)	18.21	21.77	29.78	33.20
Caudal de ponta de cheia	$Q_p$ ( $m^3/s$ )	<b>11.76</b>	<b>14.06</b>	<b>23.08</b>	<b>26.81</b>

Conclui-se, portanto, que o caudal de dimensionamento da nova passagem hidráulica deverá ser  $26.81 m^3/s$ , correspondendo ao caudal da cheia com probabilidade de ocorrência de 100 anos.

### 3. ESTUDO HIDRÁULICO

O estudo hidráulico foi realizado com recurso ao programa HY8, tendo os cálculos sido efetuados para diferentes períodos de retorno (5, 10, 50 e 100 anos).

O modelo de cálculo foi preparado tendo por base o levantamento topográfico efetuado. A passagem atualmente existente, com dimensões aproximadas de 2.40 m de largura por 1.0 de altura, revelou-se, nos cálculos efetuados, claramente insuficiente para transportar o caudal de dimensionamento, levando a uma forte subida do nível de água a montante. No entanto, a existência de um ponto baixo no arruamento, com cota aproximada de 49.9 m, deverá estar a funcionar como um descarregador em cheias de maior intensidade.

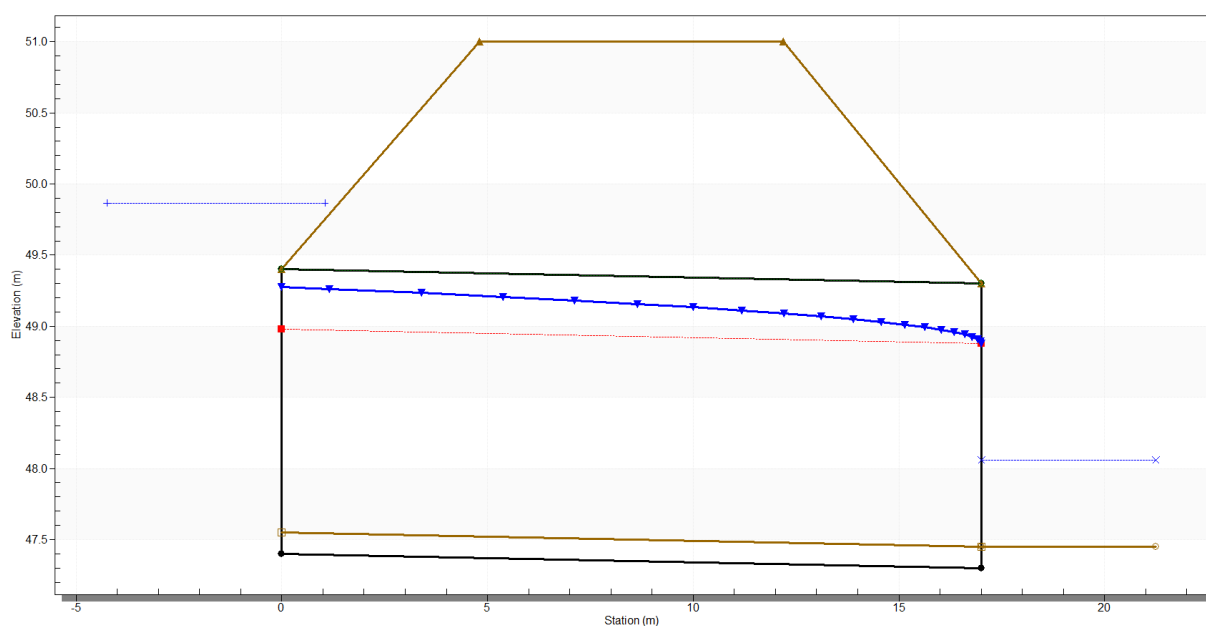
A escolha da nova secção foi definida de modo a limitar o valor máximo atingido a montante, a um valor não superior ao da crista do arruamento, reduzido assim a probabilidade de galgamento deste arruamento.

Devido às cotas de instalação preconizadas, e situando-se numa zona relativamente plana, a inclinação do fundo da passagem foi definida em 0.6%. No cálculo hidráulico considerou-se ainda, por segurança, que no fundo da passagem poderá ocorrer uma sedimentação de material com cerca de 10 cm de espessura.

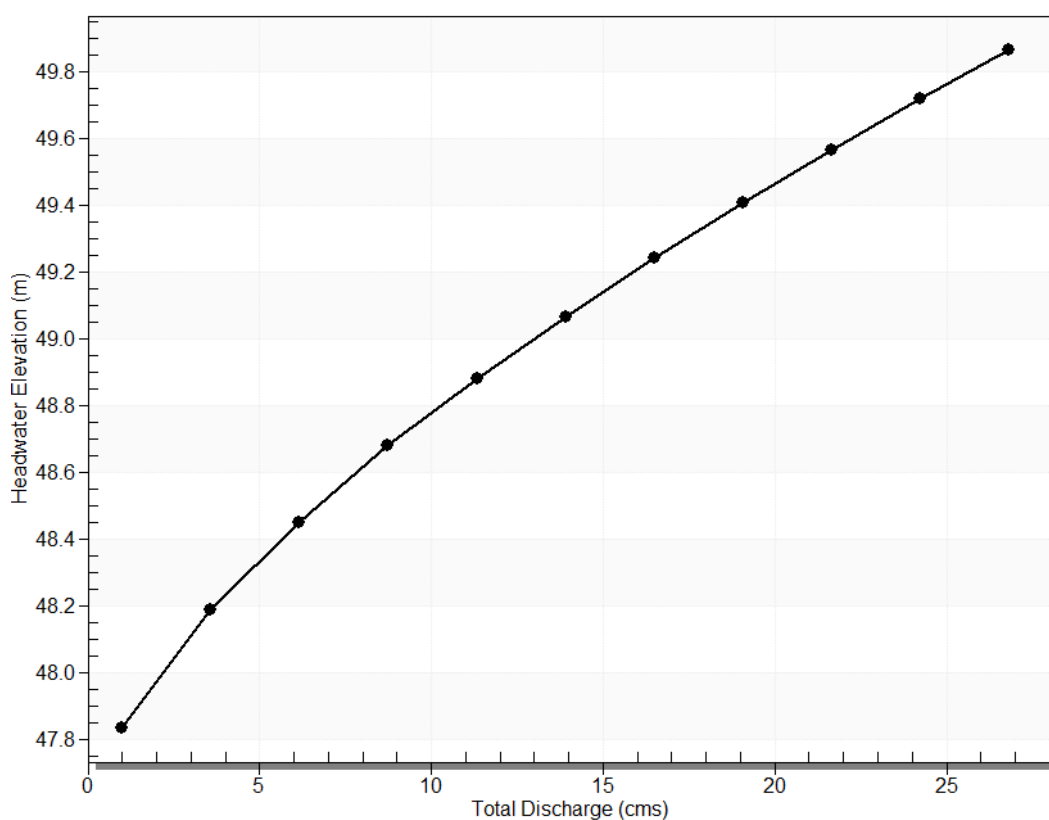
Foram então introduzidas as características geométricas da linha de água a jusante e da nova passagem hidráulica. Da análise efetuada, concluiu-se que a passagem hidráulica deverá ter uma secção útil de 5.00 m de largura por 2.00 m de altura, valores significativamente superiores aos da passagem atual.

Nas imagens seguintes apresenta-se o perfil longitudinal, com os níveis de água obtidos na simulação de T=100 anos (26.81 m<sup>3</sup>/s), e a curva de vazão da passagem.





**Figura 3 - Perfil Longitudinal para T=100 anos**



**Figura 4 - Curva de Vazão**

Nestas condições verifica-se que o nível de água a montante poderá atingir os 49.9 m, o que é compatível com a cota mínima do arruamento. Verifica-se também que o escoamento irá processar-se em regime lento, e que a velocidade à saída da passagem hidráulica será cerca de 3.6 m/s.

De modo a limitar o potencial efeito erosivo dos caudais, foi prevista à saída da passagem um tapete com colchão tipo Reno para dissipar parte da energia do escoamento e efetuar a transição para o leito natural. À entrada da passagem previu-se a estabilização das margens com recurso a muros do tipo Gabião, fazendo assim a transição para o leito natural.

#### **4. SERVIÇOS AFETADOS**

Para a execução dos trabalhos, considera-se prudente a execução de um desvio provisório da linha de água, permitindo assim realizar os trabalhos de betoneira "a seco". A entidade executante deverá providenciar os meios necessários para a realização deste desvio, tais como a criação de uma ensecadeira a montante e a jusante, e, eventualmente, a instalação de grupos de bombagem para rebaixamento do nível freático.

No âmbito da intervenção será necessário proceder à interrupção das infraestruturas existentes no local, nomeadamente Abastecimento de Água, Drenagem de Águas Residuais e Distribuição de Gás. A entidade executante deverá assegurar o desvio provisório destas infraestruturas, durante o decorrer da empreitada, e ainda a sua restituição no final, tal como definido nas restantes peças do projeto.

Encontra-se também prevista a demolição de muros, e a sua reposição no final dos trabalhos, em condições idênticas às existentes atualmente.

#### **5. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL**

##### **5.1. REGULAMENTAÇÃO**

O dimensionamento foi efetuado de acordo com a Regulamentação em vigor, recorrendo a uma análise como seguidamente se descreve e efetuando-se a verificação da estrutura relativamente aos diferentes estados limites.

A verificação da segurança foi sempre enquadrada numa perspetiva exigencial, integrando preocupações de segurança estrita bem como, aspetos de durabilidade e conforto.

No dimensionamento teve-se em consideração a seguinte documentação:

Regulamentação Nacional em vigor, nomeadamente:

- R.S.A. - Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (Decreto-Lei nº 235/85 de 31 de Maio);

- R.E.B.A.P. - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (Decreto-Lei nº 349-C/83 de 30 de Julho);
- NP EN 206: 1 - 2007 - Betão - Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade;
- NP ENV 13670-1: 2007 – Execução de estruturas de betão;

Verificação da Segurança de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado em relação à ação do fogo – Recomendações (LNEC).

Regulamentação e Normativa europeia em vigor ou em aprovação, sempre que seja mais atualizada do que a Regulamentação nacional, ou contemple aspetos não referidos na mesma:

- Eurocódigo 1 - Acções em estruturas – NP EN1991;
- Eurocódigo 2 - Projecto de estruturas de Betão – NP EN1992;
- Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico – NP EN1997;
- Eurocódigo 8 - Projecto de estruturas para resistência aos sismos – NP EN1998;

## **5.2. AÇÕES**

As ações consideradas foram as estipuladas no Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio) – RSA.

As ações foram quantificadas através dos seus valores característicos atendendo à localização da construção e ao seu tipo de utilização.

Nestas condições, foram consideradas as seguintes ações:

- Ações permanentes: peso próprio da estrutura, restantes cargas permanentes;
- Sobrecargas regulamentares;
- Retração e fluência do betão;
- Ação do vento;
- Ação sísmica;
- Impulsos das terras;
- Impulsos hidrostáticos.

## **5.3. ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS**

A verificação da segurança, em termos de estados limites, foi feita de acordo com os critérios gerais referidos no artigo 3º do RSA. Comparando os valores dos parâmetros por meio dos quais são definidos esses estados com os valores que tais parâmetros assumem devido às ações aplicadas (na verificação relativamente ao estado limite de deformação e fendilhação).

Em termos de grandezas relacionáveis com as ações, comparando os valores que tais grandezas assumem quando obtidos a partir das ações com os valores que assumem quando obtidos a partir dos valores dos parâmetros que definem os estados limites; as grandezas escolhidas foram esforços (verificação relativamente aos estados limite últimos de resistência).

A verificação de segurança relativamente ao estado limite último de resistência foi efetuada em termos de esforços respeitando a condição:

$$S_d < R_d$$

em que :

$S_d$  – valor de cálculo do esforço atuante;

$R_d$  – valor de cálculo do esforço resistente.

## 5.4. MATERIAIS

### Betões

As classes de resistência dos betões a utilizar, de acordo com a NP EN 206: 1 – 2007, são as seguintes:

- Betão C30/37.XC4(P).CI0,20.Dmax16.S3, nos elementos estruturais;

Os recobrimentos das armaduras serão de 40mm.

O betão dos elementos enterrados deverá ser impermeável de acordo com a ISO 7031.

O tempo de vida útil de projeto considerado foi de 50 anos (Classe estrutural S4).

As indicações estão coerentes com a Especificação LNEC E464 :Betões: Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 e 100 anos face às ações ambientais, assim como com a norma NP EN 206:2007.

### Aços

Todos os elementos de betão são armados com armaduras passivas do tipo A500 NR.

Todos os processos e soluções não tradicionais deverão ser homologados. Todos os materiais tradicionais deverão ser certificados.

## 6. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

### 6.1. ESCAVAÇÃO

A largura de escavação foi definida considerando a largura da passagem hidráulica, acrescida de 1m para cada lado, de modo a permitir a execução dos trabalhos de betonagem e de colocação das



tubagens em condições adequadas. Tratando-se de uma zona que já foi intervencionada, é espectável que toda a escavação seja realizada em terra dura ou sedimentos facilmente removíveis.

#### **6.2. CÁLCULO DOS VOLUMES DE REGULARIZAÇÃO E ATERRO**

Os aterros serão efetuados com terra limpa da própria escavação, de empréstimo se necessário, e compactadas por camadas de 0.20 m de espessura. O material envolvente às tubagens deverá ser isento de pedras angulares e de pedras de dimensão superior a 20 mm.

#### **6.3. MEDIÇÃO DA TUBAGEM**

A medição do comprimento das tubagens foi efetuada tendo em conta os comprimentos representados em planta.

#### **6.4. TRABALHOS COMPLEMENTARES**

No caso de ser necessário realizar trabalhos complementares a reposição das condições iniciais deverá ser sempre garantida.

#### **6.5. OUTRAS CONSIDERAÇÕES**

Trabalhos diversos nomeadamente de construção civil, betão, revestimentos, pinturas, etc., serão medidos nas condições tradicionais, em m<sup>3</sup> e m<sup>2</sup>.

As plantas apresentadas nas peças desenhadas encontram-se georreferenciadas, de acordo como sistema coordenadas em vigor em Portugal - PT-TM06/ETRS89

Porto, maio de 2023

NORAQUA, Consultores de Engenharia, Lda.