



SMARTENERGY

CENTRAL SOLAR  
FOTOVOLTAICA

DO CADAVAL – 145 MVA

PROJETO DE DRENAGEM

MEMÓRIA DESCRITIVA E  
JUSTIFICATIVA

**PROMOTOR:**  
SMARTENERGY 1821, LDA



## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	GENERALIDADES.....	5
2.1	Órgãos de drenagem .....	5
2.1.1	Valas e valetas .....	6
2.1.2	Continuidade de valetas sob caminhos .....	6
2.1.3	Dissipadores de Energia.....	6
2.1.4	Meias canas em betão .....	7
3	CÁLCULO HIDROLOGICO.....	7
3.1	Intensidade Média de Precipitação .....	7
3.2	Caudais Afluentes .....	8
4	FUNCIONAMENTO HIDRÁULICO DOS ÓRGÃOS DE DRENAGEM.....	9
4.1	Valeta de plataforma e vala de pé de talude triangular em terra .....	9
4.2	Passagem galgável com secção semi-circular em betão .....	10
4.3	Passagem pelo caminho de secção circular em betão .....	10
4.4	Passagem pela vedação em manilha de betão e meia cana.....	11
5	DRENAGEM DA SUBESTAÇÃO .....	12
5.1	Cálculo Hidráulico .....	12
5.2	Águas Contaminadas .....	13
6	PROJETO DE ESTALEIRO.....	13



SMARTENERGY

## 1 INTRODUÇÃO

Inserir-se a presente memória na descrição dos trabalhos de drenagem principalmente nas passagens das linhas de água pelos caminhos presentes no futuro Parque Fotovoltaico de 203 MWp do Cadaval.

A construção do novo parque fotovoltaicos do Cadaval coloca questões quanto à influência recíproca entre a linha de água e a obra, essencialmente em situações de emergência como quase sempre são as ocorrências das cheias.

**A Central Solar Fotovoltaica do Cadaval** terá uma potência nominal de ligação à rede de 145 MVA e uma potência instalada de 203 MWp, aproveitando a energia solar utilizando tecnologia fotovoltaica (painéis fotovoltaicos) com cerca de 323ha.

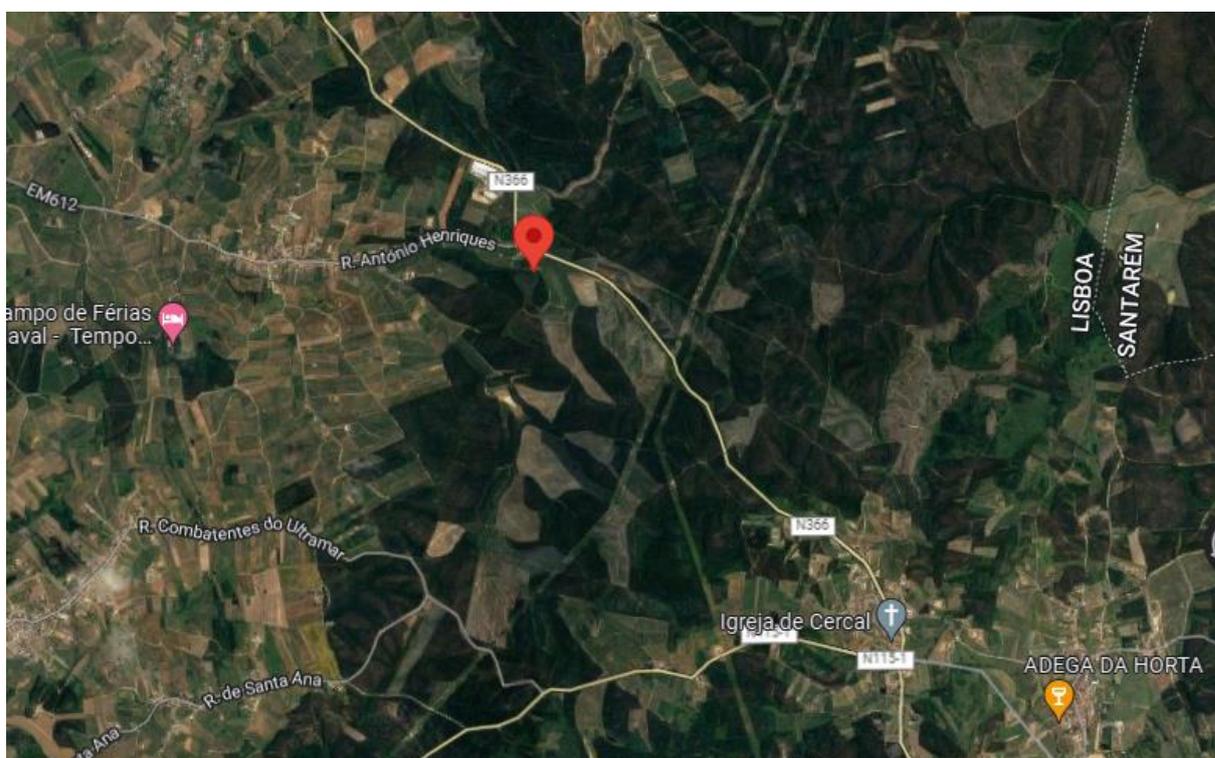


Figura 1 – Imagem satélite do local em estudo

Anexo a esta memória existem peças desenhadas que incluem a planta de implantação dos órgãos de drenagem e sua pormenorização.

A elaboração do esquema de drenagem teve por base um levantamento topográfico e os projetos dos Caminhos deste parque fotovoltaico.



SMARTENERGY

Dado que a orografia do terreno não será alterada com a construção do novo parque o escoamento das águas pluviais terá o mesmo curso sendo interceptadas pelos caminhos internos.

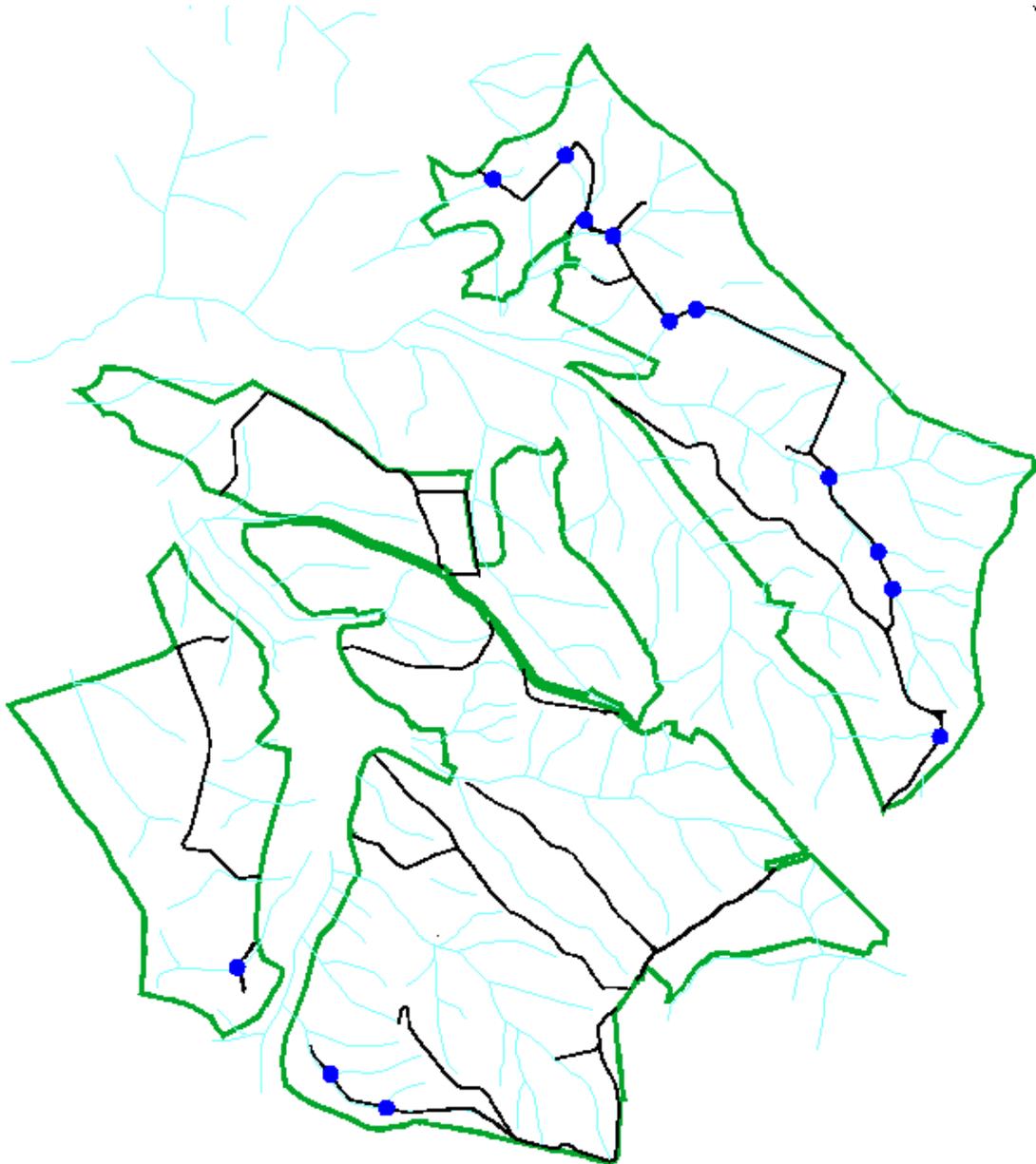


Figura 2 – Vedação(verde), Caminhos(preto), Interceções (bola azul)



SMARTENERGY

## 2 GENERALIDADES

O presente projeto insere-se no dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais que tem como objetivo estabelecer com segurança, a drenagem das águas provenientes das bacias hidrográficas respectivas. Este sistema deverá assim assegurar um sistema de drenagem eficaz que durante a ocorrência de fenómenos de precipitação intensa não conduza a prejuízos graves nem nas infra-estruturas projetadas, nem nas áreas envolventes.

De referir que apesar dos caminhos ficarem à cota do terreno natural, e portanto não servirem de obstáculo à passagem da água, considerou-se nas zonas junto das interceções entre as linhas de água e os caminhos, valetas em terra que encaminham a água para essas mesmas passagens.

A análise das bacias hidrográficas das linhas de água do parque são analisadas no estudo hidrológico anexo a este projeto.

Assim consideraram-se dois tipos de soluções:

a) Drenagem do terreno:

A drenagem das águas superficiais do terreno será assegurada pela inclinação transversal e longitudinal do mesmo, com escoamento para as valetas triangulares em terra paralela aos caminhos.

b) Atravessamentos dos caminhos:

As águas provenientes das valetas de terra atravessarão os caminhos na interceção com as linhas de água naturais através de manilhas de betão dimensionadas para o efeito ou passagens galgáveis quando o caudal é substancial.

Nas peças desenhadas é apresentado o traçado do sistema de drenagem projetado, assim como os respetivos pormenores.

c) Escamento das águas provenientes da Subestação

As águas provenientes da subestação serão encaminhadas para as linhas de água através de meias canas em betão.

### 2.1 Órgãos de drenagem

Seguidamente apresenta-se a caracterização dos elementos que compõem os órgãos de drenagem:

- Valas e valetas;
- Continuidade de valetas pelos caminhos em manilhas de betão;

- Continuidade de valetas pelos caminhos em passagens galgáveis;
- Dissipadores de energia;
- Meias canas em betão;

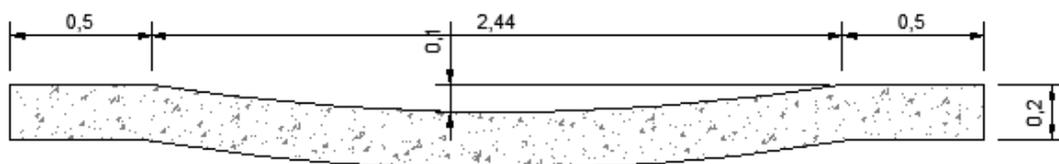
### 2.1.1 Valas e valetas

Foram utilizadas neste projeto, valetas triangulares em terra a implantar na zona paralela aos caminhos.

As valetas triangulares terão uma largura de 0,50 m e 0,20 de profundidade com panos de 1/1,125.

### 2.1.2 Continuidade de valetas sob caminhos

De forma a dar passagem aos caminhos e a não interromper os órgãos de drenagem, dar-se-á continuidade às valetas de secção triangular, através da aplicação de passagens em betão, conforme o desenho de pormenor ou manilhas em betão.



PASSAGEM DE LINHAS DE ÁGUA PELOS CAMINHOS

ESCALA 1:20 (A1)

ESCALA 1:40 (A3)

### 2.1.3 Dissipadores de Energia

A montante e a jusante dos elementos de continuidade sob caminhos colocar-se-ão dissipadores de energia em enrocamento com as dimensões expressas no desenho de pormenor.



SMARTENERGY

#### 2.1.4 Meias canas em betão

As águas provenientes da subestação serão encaminhadas para as linhas de água através de meias canas em betão de secção semi-circular de diâmetro 300mm, nas passagens de da vedação perimetral a secção será de 500mm.

### 3 CÁLCULO HIDROLOGICO

#### 3.1 Intensidade Média de Precipitação

Para a determinação da intensidade de precipitação correspondente ao tempo de concentração de cada bacia, recorreu-se às curvas I-D-F (Intensidade-Duração-Frequência), relativas a São Julião do Tojal, definidas na publicação “Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental” (Direcção de Serviços dos Recursos Hidricos).

Estas curvas seguem uma função do tipo:

$$I = a \times T^b$$

em que :

I = intensidade de precipitação, em mm/h;

T = duração da chuvada, em minutos;

a,b = constantes paramétricas dependentes da região estudada e do período de retorno.

As constantes paramétricas de ajustamento a e b, são para a estação meteorológica de São Julião do Tojal em estudo e para o período de retorno de 100 anos, conforme a figura que se apresenta a seguir:

$$a = 365,62$$

$$b = -0,508$$

Considerou-se no dimensionamento dos elementos de drenagem um período de recorrência de 100 anos e um tempo de concentração de 10 minutos, o que origina uma precipitação de 113.74 mm/h.



<b>T retorno</b>	<b>Constantes</b>		<b>Intensidade</b>
<b>(anos)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>(mm/h)</b>
100	365.62	-0.508	113.74

### 3.2 Caudais Afluentes

Para o cálculo dos caudais afluentes foi adoptada a fórmula racional:

$$Q = (C \times I \times A) / 360$$

Em que:

Q = caudal, em m<sup>3</sup>/s;

C = coeficiente de escoamento;

I = intensidade média de precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia, em mm/h;

A = área a drenar, em ha.

Os valores dos coeficientes de escoamento variam em função do tipo e do revestimento das superfícies drenantes, considerando-se C = 0,40.

Os valores obtidos são:

- a) Caudal provocado pela precipitação na bacia das valetas de terra:

Considerou-se uma área de exposição 9500m<sup>2</sup> ( $\Delta t$ ) e um coeficiente de escoamento C = 0,40.

Assim teremos como caudal unitário, provocado pela precipitação nos taludes:

$$Q(t) = (114 \times 0,40 \times \Delta t) / 360 = 0,12 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

- b) Caudal provocado pela Bacia para as passagens galgáveis pelos caminhos

Considerou-se que o caudal unitário devido a uma área contribuinte de 0.168 km<sup>2</sup> ( $\Delta a$ ) com um coeficiente de escoamento C = 0,40 será de:

$$Q(a) = (114 \times 0,40 \times \Delta a) / 360 = 2.12 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

- c) Caudal provocado pela Bacia para as passagens em manilha de betão pelos caminhos

Considerou-se que o caudal unitário devido a uma área contribuinte de 0.168 km<sup>2</sup> ( $\Delta a$ ) com um coeficiente de escoamento C = 0,40 será de:



$$Q(a) = (114 \times 0,40 \times \Delta a) / 360 = 0.08 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

## 4 FUNCIONAMENTO HIDRÁULICO DOS ÓRGÃOS DE DRENAGEM

A análise das condições de vazão dos diversos órgãos de drenagem foi elaborada admitindo o funcionamento em secção cheia e valores de K igual a 75 s/m<sup>3</sup> para órgãos de drenagem em betão, de 50 s/m<sup>3</sup> para o enrocamento argamassado e 40 s/m<sup>3</sup> para o revestimento em terra.

Para a determinação dos caudais máximos admissíveis que cada órgão de drenagem poderá comportar em regime normal, foi utilizada a fórmula de Manning-Strickler.

$$Q = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$$

em que:

Q = caudal, em m<sup>3</sup>/s;

K<sub>s</sub> = coeficiente de rugosidade;

R<sub>h</sub> = Raio hidráulico da secção molhada, em metros;

S<sub>m</sub> = Secção molhada, em m<sup>2</sup>;

i = inclinação do órgão de drenagem, em m/m.

Nestas condições, as capacidades de vazão das diversas secções consideradas, em função da inclinação, são as seguintes.

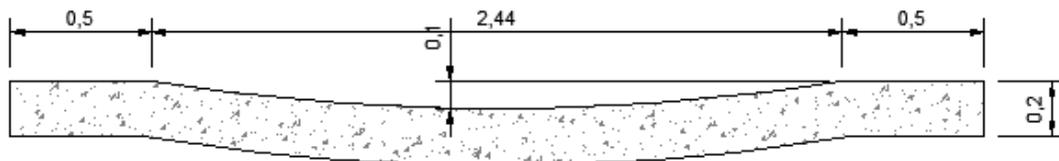
### 4.1 Valeta de plataforma e vala de pé de talude triangular em terra

Nas valetas e valas triangulares o caudal máximo que podem suportar, considerando a secção cheia igual a 9/10 da altura total, é:

$$L = 0,50 \text{ m e } h = 0,20 \text{ m} \rightarrow Q = 0,237 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 4.2 Passagem galgável com secção semi-circular em betão

Nas interceções com linhas de água, o caudal máximo que pode suportar é de 2.1m<sup>3</sup>



### PASSAGEM DE LINHAS DE ÁGUA PELOS CAMINHOS

ESCALA 1:20 (A1)  
ESCALA 1:40 (A3)

Caudal (m <sup>3</sup> /s): Q= <input type="text" value="2.1"/>	Altura uniforme (m): hu= <input type="text" value="0.297"/>
Inclinação (%): i= <input type="text" value="1"/>	Velocidade (m/s): V= <input type="text" value="2.531"/>
Rugosidade (m <sup>1/3</sup> /s): Ks= <input type="text" value="75"/>	Tensão (N/m <sup>2</sup> ): τ= <input type="text" value="19.209"/>
Diâmetro (m): D= <input type="text" value="15"/>	Altura crítica (m): hc= <input type="text" value="0.077"/>
	Regime do escoamento: <input type="text" value="Lento"/>

## 4.3 Passagem pelo caminho de secção circular em betão

A capacidade de vazão das descidas de água de secção circular, com diâmetro 0,40 m é de 0,1 m<sup>3</sup>/s.



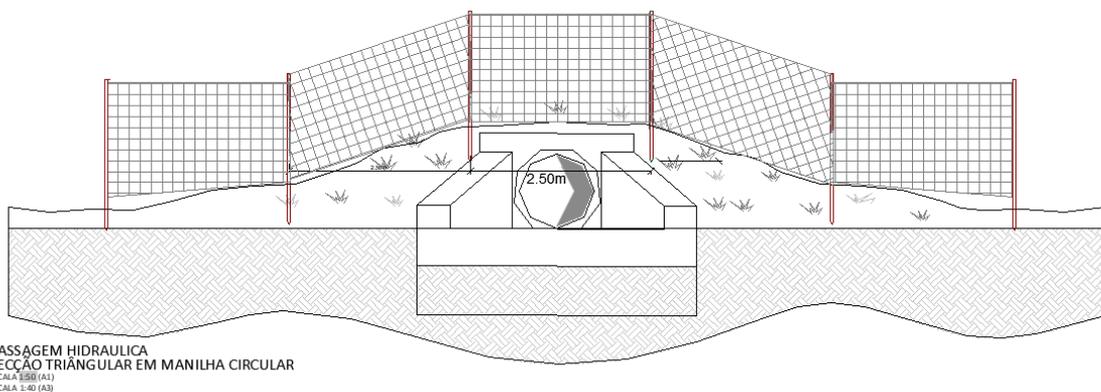
Caudal (m <sup>3</sup> /s): Q= <input type="text" value="0.1"/>	Altura uniforme (m): hu= <input type="text" value="0.198"/>
Inclinação (%): i= <input type="text" value="1"/>	Velocidade (m/s): V= <input type="text" value="1.610"/>
Rugosidade (m <sup>1/3</sup> /s): Ks= <input type="text" value="75"/>	Tensão (N/m <sup>2</sup> ): $\tau$ = <input type="text" value="9.745"/>
Diâmetro (m): D= <input type="text" value="0.4"/>	Altura crítica (m): hc= <input type="text" value="0.228"/>
	Regime do escoamento: <input type="text" value="Rápido"/>
<input type="button" value="Calcular"/>	

Versão 1.0 - Julho de 2007

#### 4.4 Passagem pela vedação em manilha de betão e meia cana

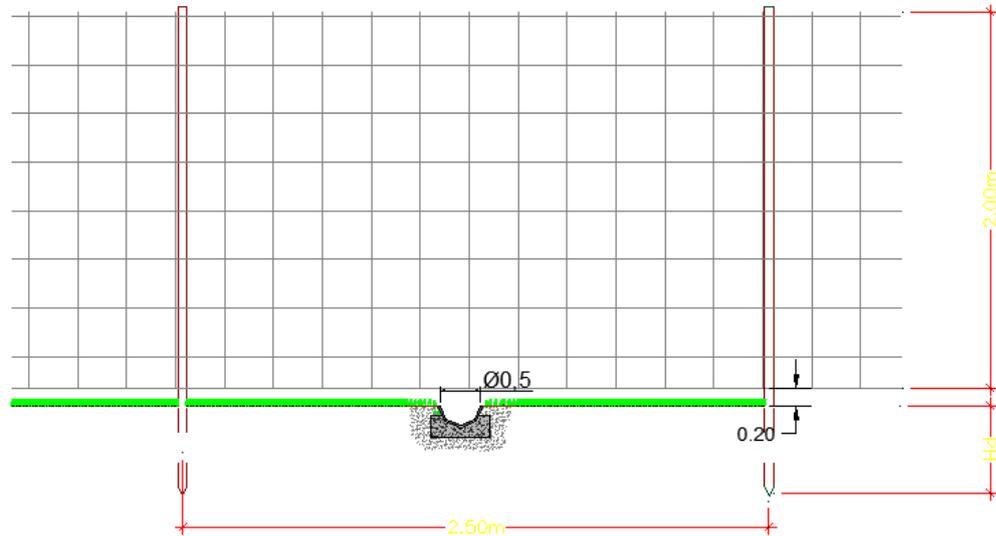
O cálculo hidráulico das passagens pela vedação encontra-se no estudo hidrológico complementar a este projeto.

Abaixo estão desenhos esquemáticos representativos:





SMARTENERGY



PASSAGEM HIDRAULICA  
SECÇÃO TRIÂNGULAR EM MEIA CANA  
ESCALA 1:50 (A1)  
ESCALA 1:40 (A3)

## 5 DRENAGEM DA SUBESTAÇÃO

### 5.1 Cálculo Hidráulico

No cálculo dos órgãos de drenagem das águas pluviais não contaminadas da subestação considerou-se a área totalmente impermeável de 1800m<sup>2</sup> a drenar para a periferia da mesma.

Para o cálculo dos caudais afluentes foi adotada a fórmula racional:

$$Q = (C \times I \times A) / 360$$

Em que:

Q = caudal, em m<sup>3</sup>/s;

C = coeficiente de escoamento;

I = intensidade média de precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia, em mm/h;

A = área a drenar, em ha.

Os valores dos coeficientes de escoamento variam em função do tipo e do revestimento das superfícies drenantes, considerando-se C = 1.

$$Q(t) = (114 \times 1 \times 1800/10000) / 360 = 0,0006 \text{ (m}^3\text{/s)}$$



Considerou-se uma drenagem em meia cana na periferia da subestação sendo a capacidade de vazão da meia cana com 0.5% de inclinação de secção semi-circular, com diâmetro 0,30 m é de 0,035 m<sup>3</sup>/s.

Caudal (m <sup>3</sup> /s): Q= <input type="text" value="0.03"/>	Altura uniforme (m): hu= <input type="text" value="0.141"/>
Inclinação (%): i= <input type="text" value="0.5"/>	Velocidade (m/s): V= <input type="text" value="0.918"/>
Rugosidade (m <sup>1/3</sup> /s): Ks= <input type="text" value="75"/>	Tensão (N/m <sup>2</sup> ): $\tau$ = <input type="text" value="3.531"/>
Diâmetro (m): D= <input type="text" value="0.3"/>	Altura crítica (m): hc= <input type="text" value="0.133"/>
	Regime do escoamento: <input type="text" value="Lento"/>

## 5.2 Águas Contaminadas

As águas contaminadas, provenientes dos equipamentos, serão recolhidas em bacias próprias de retenção e posteriormente encaminhadas para estações de tratamento adequadas. A recolha e encaminhamento será realizada por empresa certificada para o efeito.

Estas águas não serão libertadas para as linhas freáticas naturais em nenhuma circunstância.

## 6 PROJETO DE ESTALEIRO

Na fase de construção a água de abastecimento ao estaleiro de obra será proveniente da rede pública, transportada por camião-cisterna dos bombeiros locais e armazenada num depósito em betão armado colocado numa cota 10m acima da cota de soleira.

A lavagem das autobetoneiras será realizada para uma bacia de retenção consistindo num buraco no solo revestido a geotêxtil. Desta forma as águas limpas infiltram-se no solo ficando retidos os detritos do betão.