

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DA CENTRAL SOLAR
FOTOVOLTAICA “VALE SOBREIRINHO” LOCALIZADA NO
MUNICÍPIO DE ÁGUEDA, DISTRITO DE AVEIRO (PORTUGAL)

CONTROLO DA ALTERAÇÃO

| VERSÃO | DATA | MOTIVO DA ALTERAÇÃO | ELABORADO | REVISTO |
|---------------|-------------|---|------------------|----------------|
| V1 | 13/02/2024 | Relatório inicial | LGP | EDP |
| V2 | 27/06/2024 | Modificação com base nas indicações do requerente | LGP | EDP |
| V3 | 29/11/2024 | Modificação com base nas indicações do requerente | LGP | |

ÍNDICE

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO E OBJETIVO DO ESTUDO | 1 |
| 1.1. | INTRODUÇÃO E OBJETIVO..... | 1 |
| 1.2. | METODOLOGIA..... | 1 |
| 2. | QUADRO JURÍDICO | 2 |
| 3. | LOCALIZAÇÃO..... | 5 |
| 4. | DADOS PLUVIOMÉTRICOS | 7 |
| 5. | TOPOGRÁFICO | 10 |
| 6. | ENQUADRAMENTO HIDROGRÁFICO | 12 |
| 7. | ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO..... | 16 |
| 7.1. | ESTUDO HIDROLÓGICO | 18 |
| 7.1.1. | CAUDAIS MÁXIMOS MEDIANTE A APLICAÇÃO DO MÉTODO RACIONAL | 19 |
| 7.1.2. | RESULTADOS DOS CAUDAIS MÁXIMOS..... | 29 |
| 7.1.3. | HIDROGRAMAS PARA CÁLCULOS HIDRÁULICOS EM ESTADO NÃO PERMANENTE..... | 29 |
| 7.2. | ESTUDO HIDRÁULICO..... | 36 |
| 7.2.1. | MODELO HIDRÁULICO..... | 36 |
| 7.2.2. | TOPOGRAFIA..... | 37 |
| 7.2.3. | O MODELO IBER | 38 |
| 7.2.4. | MODELAÇÃO HIDRÁULICA COM IBER | 39 |
| 7.2.5. | ATRIBUIÇÃO DE RUGOSIDADE (NÚMERO DE MANNING) | 40 |
| 7.2.6. | GERAÇÃO DA GRELHA DE CÁLCULO | 41 |
| 7.2.7. | DADOS DE CÁLCULO..... | 42 |
| 7.2.4. | RESULTADOS..... | 44 |
| 7.3. | DOMÍNIO PÚBLICO FLUVIAL E MARGENS..... | 49 |
| 7.4. | ZONAS ADJACENTES..... | 51 |
| 7.5. | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 54 |
| 8. | ELEMENTOS DO PROJECTO | 55 |

| | | |
|--------|---|----|
| 8.1. | TRAVESSIAS DE LEITOS DE ÁGUA PÚBLICOS POR MEIO DE VAUS DE CHEIA | 55 |
| 8.2. | ELEMENTOS DE DRENAGEM LONGITUDINAL | 56 |
| 8.3. | CRUZAMENTOS DE CABOS..... | 57 |
| 8.4. | VEDAÇÃO DO PERÍMETRO..... | 58 |
| 9. | REDE DE DRENAGEM E ANÁLISE DO ESCOAMENTO DO CAMINHO DOS CURSOS DE ÁGUA..... | 58 |
| 9.1. | CÁLCULO DOS CAUDAIS DO CAMINHO DOS CURSOS DE ÁGUA..... | 59 |
| 9.2. | ESTUDO HIDRÁULICO DA REDE DE DRENAGEM INTERNA | 66 |
| 9.2.1. | ESTUDO HIDRÁULICO | 66 |
| 10. | ANÁLISE DE RISCO..... | 75 |
| 10.1. | RISCO DE INUNDAÇÃO | 75 |
| 10.2. | ANÁLISE DE DEPRESSÕES | 76 |
| 10.3. | ERODIBILIDADE POTENCIAL | 77 |
| 10.4. | ANÁLISE DE RISCO BASEADA NO “CALADO” / “PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA” E NA VELOCIDADE PARA A CHEIA DE 100 ANOS..... | 79 |
| 10.5. | MEDIDAS PARA ATENUAR OS RISCOS HIDRÁULICOS PELA MUDANÇA DE USO. | 80 |
| 11. | EQUIPA DE REDAÇÃO..... | 83 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|----------------|--|----|
| Ilustração 1. | Esquema indicativo das margens..... | 3 |
| Ilustração 1. | Esquema indicativo das margens..... | 4 |
| Ilustração 2. | Delimitação hidrográfica da região. A localização da instalação está assinalada a vermelho. | 5 |
| Ilustração 3. | Fotografia 1. Plantação de eucaliptos..... | 6 |
| Ilustração 4. | Fotografia 2. Espaços abertos cobertos de vegetação anual. Ao fundo, observa-se uma pista para motas. | 6 |
| Ilustração 5. | Fotografia 3. Corta-fogo para a linha eléctrica..... | 6 |
| Ilustração 6. | Estações e sua influência na área utilizando os polígonos de Thiessen.. | 7 |
| Ilustração 7. | Topografia utilizada para a modelação hidráulica..... | 10 |
| Ilustração 8. | Modelo digital de elevação das áreas fora da área de levantamento topográfico | 11 |
| Ilustração 9. | Delimitação hidrográfica da região. A localização da instalação está assinalada a vermelho | 12 |
| Ilustração 10. | Bacia do Rio Vouga - Directiva Quadro da Água..... | 13 |
| Ilustração 11. | Rede de drenagem do Rio Vouga (Rui Appelbreg, 2015)..... | 13 |
| Ilustração 12. | Área de referência sobre as sub-bacias do Rio Vouga..... | 14 |
| Ilustração 13. | Área de referência sobre a Rede hidrográfica do Visualizador do SNIAmb | 14 |
| Ilustração 14. | Área de referência sobre Mapa topográfico da Direcção Geral do Território | 15 |
| Ilustração 15. | Área de referência sobre Carta Militar a escala 1:25.000. | 15 |
| Ilustração 16. | Rede hidrográfica do visualizador SNIAmb | 17 |
| Ilustração 17. | Mapa topográfico da Direcção-Geral do Território..... | 17 |
| Ilustração 18. | Carta Militar a escala 1:25.000..... | 18 |
| Ilustração 19. | Delimitação das bacias associadas aos cursos de água públicos.. | 19 |
| Ilustração 20. | Regiões de variação das constantes..... | 21 |

| | | |
|----------------|--|----|
| Ilustração 21. | Usos do solo | 23 |
| Ilustração 22. | Tabela de grupos hidrológicos..... | 24 |
| Ilustração 23. | Mapa geológico extraído do estudo do meio físico do município de Águeda. | 25 |
| Ilustração 24. | Grupo hidrológico..... | 26 |
| Ilustração 25. | Declives | 26 |
| Ilustração 26. | Mapa de limiares de escoamento, mm..... | 28 |
| Ilustração 27. | Visor SNIAmb, inundações (Directiva 2007/60CE). Portugal Continental e R.A. – 2º ciclo. | 36 |
| Ilustração 28. | Topografia utilizada para a modelação hidráulica..... | 37 |
| Ilustração 29. | Mapa topográfico SRTM..... | 38 |
| Ilustração 30. | Entradas e saídas do modelo..... | 40 |
| Ilustração 31. | Mapa de rugosidades..... | 41 |
| Ilustração 32. | Tamanho de elemento da malha de 1 m para todo o modelo..... | 42 |
| Ilustração 33. | Mapa de “calados” / “profundidade do fluxo ou nível da água” TR 10 anos. | 45 |
| Ilustração 34. | Mapa de velocidades TR 10 ANOS..... | 46 |
| Ilustração 35. | Mapa de “calados” / “profundidade do fluxo ou nível da água” 100 anos. | 47 |
| Ilustração 36. | Mapa de velocidades 100 anos..... | 48 |
| Ilustração 37. | Inundação correspondente à cheia de 10 anos. | 49 |
| Ilustração 38. | Delimitação do domínio público do primeiro troço do rio Veade | 49 |
| Ilustração 39. | Delimitação do domínio público do segundo troço do rio Veade e afluente1. Dada a falta de precisão da topografia no exterior da zona, a delimitação foi efectuada com base na vegetação ribeirinha. | 50 |
| Ilustração 40. | Delimitação do domínio público dos afluentes 2 e 3. Para a delimitação do afluente 3, como a topografia não era coerente, principalmente devido à vegetação alta, a largura da cheia foi avaliada a montante e continuada a jusante..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Ilustração 41. Delimitação do domínio público do leito da Ribeira do Ameal. Todo o troço está incluído na topografia realizada para o projecto, pelo que se seleccionou a cheia correspondente para a sua delimitação..... | 51 |
| Ilustração 42. Delimitação de zonas adjacentes..... | 54 |
| Ilustração 43. Secções do tipo vau inundadas..... | 55 |
| Ilustração 44. Secção normalizada, vala triangular..... | 56 |
| Ilustração 45. Secção transversal típica de cablagem no domínio público..... | 57 |
| Ilustração 46. Secção típica de vedação. | 58 |
| Ilustração 47. Rede de drenagem. A rede secundária está representada em azul turquesa. Não existem cursos de água públicos nos limites da instalação.. | 59 |
| Ilustração 48. Delimitação das bacias hidrográficas da rede interna..... | 61 |
| Ilustração 49. Delimitação das bacias hidrográficas da rede interna..... | 61 |
| Ilustração 50. Delimitação das bacias hidrográficas da rede interna..... | 62 |
| Ilustração 51. Tamanho dos elementos..... | 66 |
| Ilustração 52. Localização das fontes..... | 67 |
| Ilustração 53. Mapa de rugosidades..... | 69 |
| Ilustração 54. "Calado" / "profundidade do fluxo ou nível da água" TR35 anos..... | 71 |
| Ilustração 55. Mapa de velocidade TR 35..... | 72 |
| Ilustração 56. "Calado" / "profundidade do fluxo ou nível da água" TR100 anos..... | 73 |
| Ilustração 57. Mapa de velocidade TR 100..... | 74 |
| Ilustração 58. Análise dos riscos de inundação | 75 |
| Ilustração 59. Zonas endorreicas..... | 76 |
| Ilustração 60. Erodibilidade potencial | 78 |
| Ilustração 61. Zonas de inundação com danos graves | 80 |
| Ilustração 62. Arados em instalações fotovoltaicas. | 81 |
| - Construção de trincheiras de infiltração. As trincheiras têm um efeito positivo na estabilização do solo e também através do armazenamento temporário do escoamento superficial. | 81 |

| | |
|--|----|
| Ilustração 63. Esquema de funcionamento de trincheiras de infiltração..... | 81 |
| - Evitar a impermeabilização do solo. Não utilizar sapatas espalhadas nas fundações dos painéis. 81 | |
| - Construção de diques de retenção nos cursos de água para aumentar o tempo de retenção, sobretudo antes do desenvolvimento da vegetação proposta..... | 81 |
| Ilustração 64. Geometria proposta para os diques de retenção..... | 82 |
| Ilustração 59. Arados em instalações fotovoltaicas. | 79 |
| Ilustração 60. Esquema de funcionamento de trincheiras de infiltração..... | 80 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Séries cronológicas de precipitação máxima de 24 horas . Oliveira do Bairro (10G/01UG) | 8 |
| Tabela 2. Características das bacias associadas aos cursos de água. | 18 |
| Tabela 3. Tempo de concentração..... | 20 |
| Tabela 4. Tabela de caudais máximos de acordo com o método racional..... | 29 |
| Tabela 5. Parâmetros de tiempo para las avenidas. | 43 |
| Tabela 6. Opções gerais de cálculo seleccionadas..... | 43 |
| Tabela 7. Tempo de concentração..... | 63 |

ANEXOS

I. CAUDAIS DE LEITOS DE ÁGUA PÚBLICOS. MÉTODO RACIONAL.

II. ANEXO DOS PLANOS:

1. MAPA RASTER DA LOCALIZAÇÃO
2. LOCALIZAÇÃO EM ORTOFOTO
3. MODELO TOPOGRÁFICO
4. MAPA DAS BACIAS DOS CURSOS DE ÁGUA PÚBLICOS
5. LIMIAR DE ESCOAMENTO
6. DELIMITAÇÃO DA LINHA DO LEITO DE ÁGUA, DAS MARGENS E DAS ZONAS ADJACENTES.
7. REDE DE DRENAGEM INTERNA.
8. INUNDAÇÕES INTERNAS TR 35 ANOS. "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA".
9. INUNDAÇÃO INTERNA TR 35 ANOS. VELOCIDADE.
10. INUNDAÇÃO INTERNA TR 100 ANOS. "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA".
11. INUNDAÇÃO INTERNA TR 100 ANOS. VELOCIDADE.
12. RISCO DE INUNDAÇÃO. "CALADOS" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA".
13. ANÁLISE DE DEPRESSÕES.
14. POTENCIAL DE ERODIBILIDADE.
15. PERIGO DE ACORDO COM O RD9 /2008

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO DO ESTUDO

1.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O presente estudo foi elaborado com o objectivo de caracterizar a hidrologia da área do projecto da instalação da central fotovoltaica "Vale Sobreirinho", localizado no concelho de Águeda no distrito de Aveiro.

O objetivo é a delimitação das zonas de protecção estabelecidas na Lei da Água.

Foi efetuada uma avaliação preliminar dos riscos de inundação. Esta avaliação servirá também de base para a engenharia de pormenor do sistema de drenagem e de outras obras civis do sistema de drenagem da instalação.

1.2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em várias partes distintas:

- a. Estudo e caracterização da área de estudo. Visita de campo.
- b. Análise pluviométrica e climática.
- c. Estudo hidrológico para a determinação dos caudais relativos aos cursos de água públicos.
- d. Estudo hidráulico dos cursos de água públicos.
- e. Definição das zonas de protecção estabelecidas no Regulamento do Domínio Público Hídrico:
 - Domínio público hídrico.
 - Zona de servidão.
 - Zona da Polícia.
 - Zona de fluxo preferencial.
 - Zona de inundação para a cheia extraordinária de 500 anos.
- f. Análise de riscos

2. QUADRO JURÍDICO

Para a elaboração do presente estudo, foi utilizado o seguinte quadro normativo:

- Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro. "Lei da Água"
- Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro "Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações"
- Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro. "Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos"

Em relação à normativa acima mencionada, são definidos os seguintes conceitos:

Os seguintes conceitos são definidos em relação aos regulamentos acima mencionados:

Domínio Público Hídrico (DPH)

O artigo 5.º da Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro, enumera os bens que integram o Domínio Público Hídrico. O domínio público lacustre e fluvial inclui:

- a) Os cursos de água navegáveis ou fluviáveis, com os respectivos cursos de água, bem como as margens pertencentes a entidades públicas, nos termos do artigo seguinte;*
- b) Os lagos e lagoas navegáveis ou flutuantes, com os respectivos leitos, bem como as margens dos corpos públicos, nos termos do artigo seguinte;*
- c) Os cursos de água não navegáveis ou fluviáveis, com os respectivos cursos de água e ribeiras, desde que se situem em terrenos públicos, ou os que sejam reconhecidos por lei como utilizáveis para fins de utilidade pública, tais como produção de energia eléctrica, rega ou canalização de água para consumo público;*
- d) Canais e valas navegáveis, flutuantes ou abertos por entidades públicas e respectivas águas;*
- e) Reservatórios criados para fins de utilidade pública, ou seja, produção de electricidade ou irrigação, com os respectivos leitos;*
- f) Os lagos e lagoas não navegáveis ou flutuantes, com os respectivos leitos e margens, formados pela natureza em terrenos públicos;*

g) Lagos e balsas rodeados por diferentes edifícios privados ou existentes no interior de um edifício privado, sempre que esses lagos e balsas sejam alimentados por corrente pública;

h) Os cursos de água não navegáveis ou flutuantes que têm origem em edifícios privados, quando as suas águas tenham saído dos limites do terreno ou dos edifícios onde têm origem ou para onde foram conduzidas pelo seu proprietário, se forem finalmente descarregadas no mar ou noutras águas públicas.

De acordo com o artigo 6, ponto 1: *O domínio público dos lagos e fluvial pertence ao Estado ou, no caso das comunidades autónomas, à respectiva região.*

O leito é definido no **Art. 10**:

1 - Entende-se por leito o terreno coberto pelas águas quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades. No leito compreendem-se os mouchões, lodeiros nele formados por deposição aluvial.

2 - O leito das águas oceânicas, bem como das demais águas sujeitas à influência das marés, é limitado pela linha da máxima praia-mar de águas vivas equinociais (marés altas ocasionais). Essa linha é definida, para cada local, em função do espraiamento em condições médias de "agitação" do mar, no primeiro caso, e em condições de médias/altas, no segundo.

3- O leito restante do curso de água é limitado pela linha correspondente ao limite do terreno coberto pela água em condições de inundação média, sem transbordamento do solo natural, normalmente seco. Esta linha é definida, consoante os casos, pelo bordo superior ou crista do talude marginal ou pelo alinhamento do bordo ou crista do talude molhado de taludes, diques, valas, aterros ou muros marginais.

As margens e a sua largura:

De acordo com o artigo 11 da Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro de 2005, ponto 4:

4- A margem das águas não navegáveis/flutuáveis, indefinidas, barrancos, ravinas e córregos de água de caudal descontínuo, tem 10 m de largura.

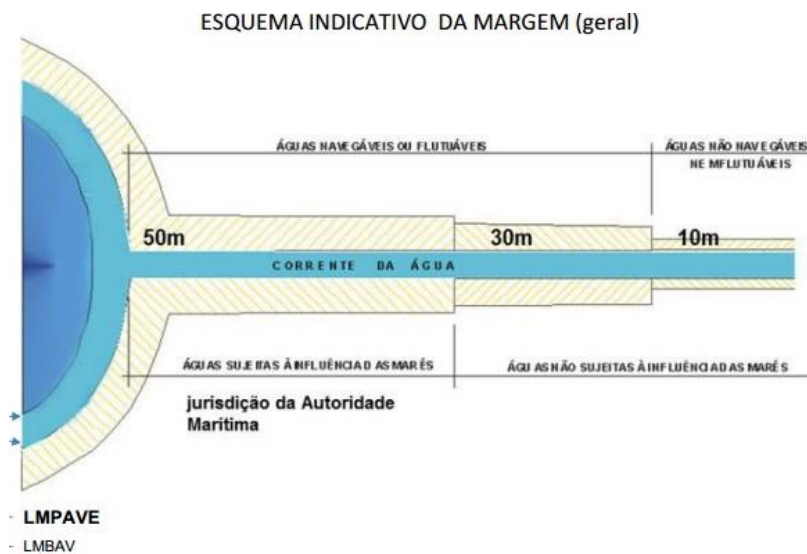


Ilustração 1. Esquema indicativo das margens

Áreas adjacentes

Art. 24 da Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro de 2005. Áreas adjacentes

1 - Entende-se por área adjacente a águas públicas qualquer área adjacente à margem que seja classificada como tal por estar ameaçada pelo mar ou por inundações.

2 - As áreas adjacentes estendem-se desde o limite da margem até uma linha convencional definida para cada caso no diploma de classificação, que corresponde à linha atingida pela Maior cheia, com um período de retorno de 100 anos, ou pela Maior cheia conhecida, no caso de não existirem dados que identifiquem a anterior.

3 - As áreas adjacentes continuam a ser propriedade privada, mesmo que estejam sujeitas a restrições de utilidade pública.

4 - O ónus real resultante da classificação de uma área como zona adjacente está sujeito a registo, nos termos e para os efeitos do Código do Registo Predial..

5 - Nas comunidades autónomas, se a linha de limite do leito atingir uma estrada municipal ou municipal, a área adjacente estende-se desde o limite do leito até à linha convencional definida no decreto de classificação.

Artigo 25 da Lei nº 54/2005. Restrições de serviços públicos em áreas adjacentes.

1 - Nas zonas adjacentes, o diploma de ordenamento pode definir zonas de ocupação edificatória proibida e/ou zonas de ocupação edificatória condicionada, definindo, neste último caso, as regras a observar para a ocupação edificatória.

2 - Nas áreas definidas como zona de ocupação de edifícios proibida, é proibido:

- a) *Destruição do coberto vegetal ou alteração do relevo natural, com excepção da prática de culturas tradicionalmente integradas nas explorações agrícolas;*
- b) *Instalar lixeiras, aterros, parques de sucata ou quaisquer outros depósitos de materiais;*
- c) *Realizar construções, construir edifícios, ou efectuar obras que possam constituir um obstáculo à livre passagem das águas;*
- d) *Dividir a propriedade em áreas inferiores à unidade mínima de cultivo.*

3. LOCALIZAÇÃO

O estudo refere-se à área de implementação da Central Fotovoltaica de Vale Sobreirinho que se situa no concelho de Águeda, distrito de Aveiro (Portugal), considerando as bacias hidrográficas que contribuem para a área de referência.

A Região Hidrográfica a que pertence a área de estudo é a REGIÃO HIDROGRÁFICA DE VOUGA, MONDEGO E LIS (RH4).

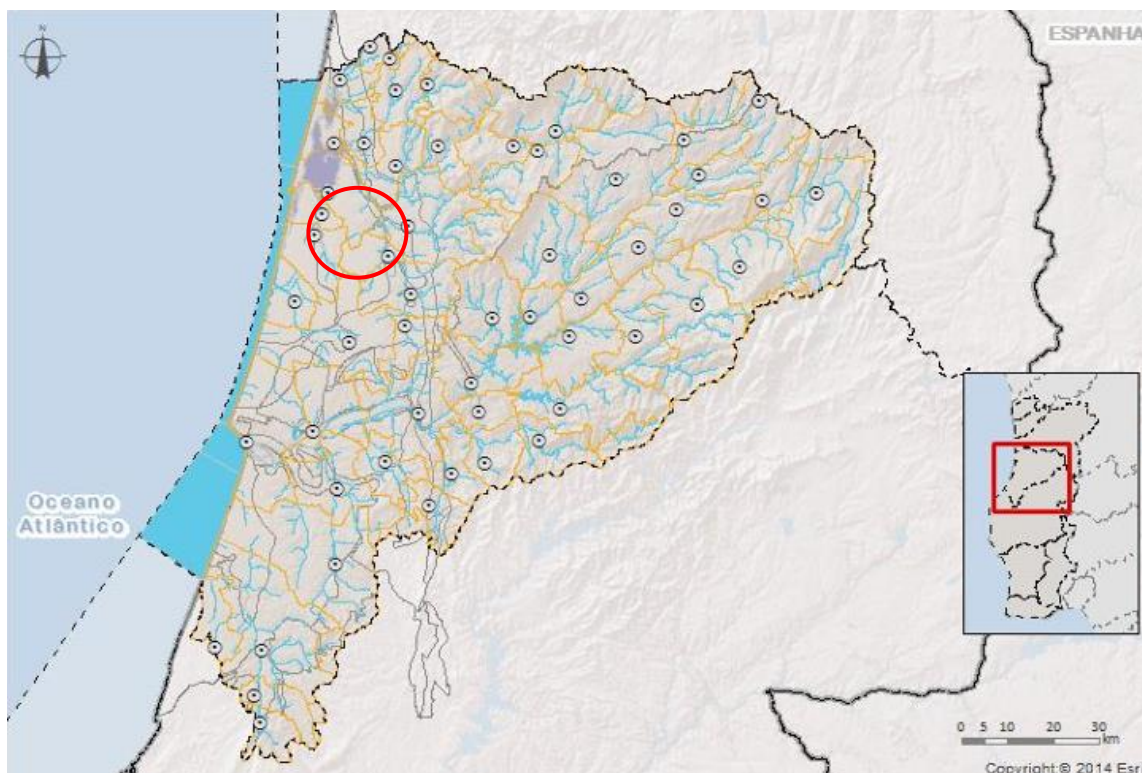


Ilustração 2. Delimitação hidrográfica da região. A localização da instalação está assinalada a vermelho.

FOTOGRAFIAS DA ZONA



Ilustração 3. Fotografia 1. Plantação de eucaliptos.



Ilustração 4. Fotografia 2. Espaços abertos cobertos de vegetação anual. Ao fundo, observa-se uma pista para motas.



Ilustração 5. Fotografia 3. Corta-fogo para a linha eléctrica.

4. DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Estes dados foram obtidos a partir das estações pluviométricas mais próximas inventariadas na base de dados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (www.snirh.apambiente.pt). Os resultados obtidos serão utilizados para obter a precipitação máxima de 24 horas sobre a bacia de estudo para cada período de retorno.

Para o efeito, foram inventariados os pluviómetros existentes nas proximidades. Foram avaliados os seguintes:

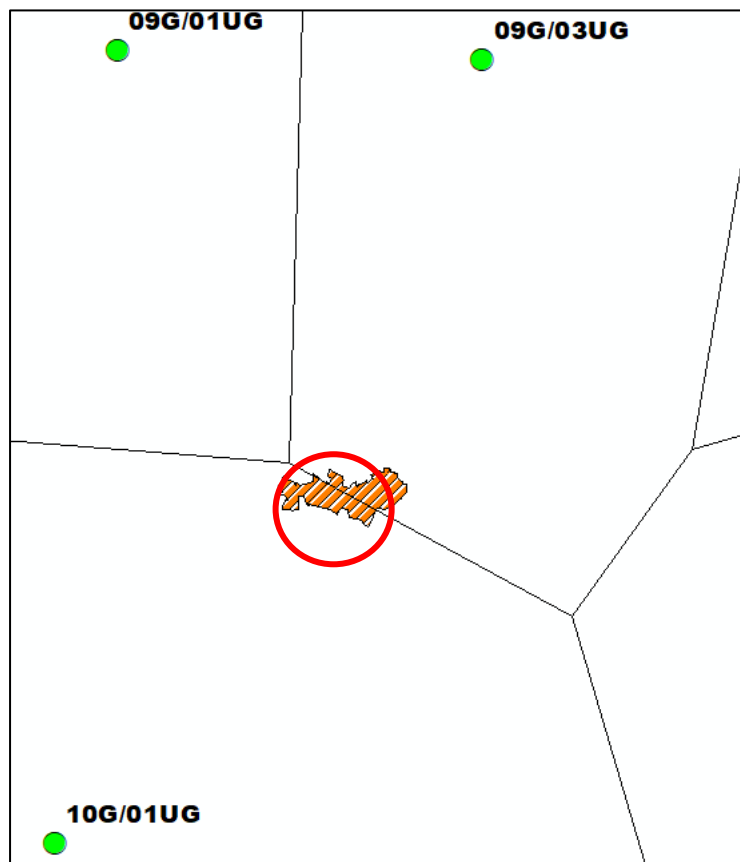


Ilustração 6. Estações e sua influência na área utilizando os polígonos de Thiessen.

As estações de OLIVEIRA DO BAIRO (10G/01UG) e BOUÇÃ (PESSEGUEIRO DO VOUGA) (09G/03UG) correspondem às bacias em estudo, como se pode verificar pelos polígonos de Thiessen.

De referir ainda que a estação BOUÇÃ (PESSEGUEIRO DO VOUGA) (09G/03UG) não dispõe de dados pluviométricos suficientes para o estudo estatístico, pelo que a estação de OLIVEIRA DO BAIRO (10G/01UG) foi selecionada para o presente estudo.

Seleccionando a precipitação máxima de 24 horas para cada ano, obtemos a seguinte tabela:

Tabela 1. Séries cronológicas de precipitação máxima de 24 horas . Oliveira do Bairro (10G/01UG)

| SÉRIE CRONOLÓGICA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DE 24 HORAS (mm) | | | |
|--|------|------|------|
| 1931 | 50.4 | 1968 | 74.3 |
| 1932 | 31.6 | 1969 | 58.5 |
| 1933 | 31.6 | 1970 | 65.3 |
| 1934 | 49.8 | 1971 | 30.5 |
| 1936 | 68.2 | 1972 | 41.2 |
| 1937 | 53.2 | 1973 | 50.6 |
| 1937 | 42.4 | 1974 | 46.2 |
| 1939 | 75.4 | 1975 | 40.2 |
| 1940 | 48.8 | 1976 | 44.3 |
| 1941 | 55.8 | 1977 | 63.4 |
| 1941 | 50.2 | 1977 | 63.5 |
| 1942 | 60.3 | 1978 | 82 |
| 1943 | 70.4 | 1979 | 66.8 |
| 1944 | 45.6 | 1980 | 56.4 |
| 1945 | 71 | 1982 | 46 |
| 1947 | 49.4 | 1983 | 52 |
| 1948 | 52.4 | 1983 | 97 |
| 1948 | 84.4 | 1984 | 58.5 |
| 1950 | 50.6 | 1986 | 42.3 |
| 1950 | 42.6 | 1987 | 38.3 |
| 1951 | 59.8 | 1988 | 39.5 |
| 1952 | 49 | 1988 | 36.4 |
| 1953 | 86.8 | 1989 | 42.3 |
| 1955 | 49.4 | 1991 | 61.1 |
| 1955 | 91.2 | 1992 | 42.8 |
| 1957 | 56.3 | 1993 | 75.6 |
| 1957 | 62.4 | 1993 | 80.3 |
| 1958 | 64.4 | 1994 | 63.3 |
| 1959 | 56.8 | 1995 | 58.4 |
| 1960 | 59.2 | 2005 | 40.2 |
| 1961 | 51.6 | 2006 | 32.8 |
| 1963 | 57 | 2007 | 47.1 |
| 1963 | 89 | 2017 | 50.7 |
| 1965 | 56.6 | 2019 | 64.9 |
| 1966 | 79.5 | - | - |
| 1966 | 94.5 | - | - |

| VALORES ESTATÍSTICOS DA SÉRIE | |
|--------------------------------------|----------|
| Média | 56.83 mm |
| Mediana | 55.80 mm |
| Desvio padrão | 15.92 mm |

Para o cálculo da precipitação máxima diária, para cada um dos períodos de retorno, foram calculados a partir dos valores do pluviómetro considerado, ajustados através das funções de Gumbel, Log-Pearson tipo III e SQRT-ETmax.

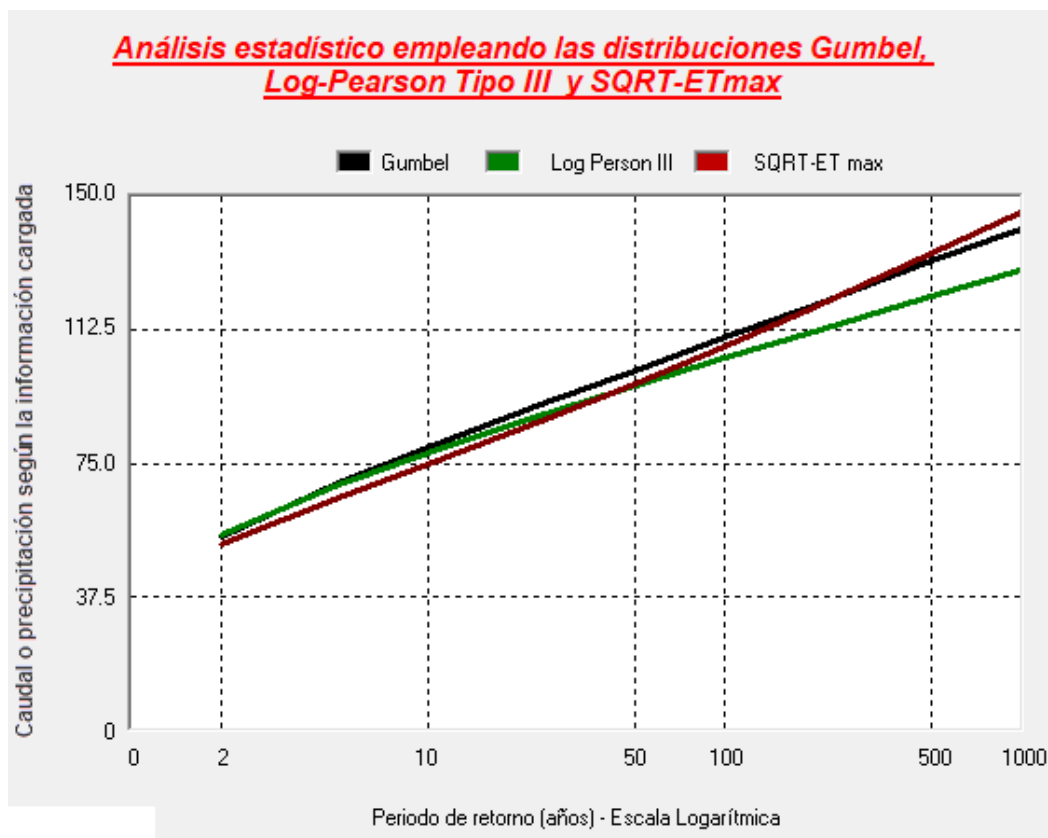
Por razões de segurança, será considerada a precipitação mais elevada.

Os ajustes foram efectuados utilizando a aplicação Retorno 2.0, desenvolvida pela Flumen River Dynamics e pela engenharia hidrológica da Universidade Politécnica da Catalunha.

Número de Datos = 71
Media = 56.828
Desviación Estándar = 15.919
Coef. Skew LP III = 0.015
Coef. de Variación = 0.278



| TR | GUMBEL | LP III | SQRT | MEDIA |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 2 | 54.28 | 54.68 | 51.95 | 53.64 |
| 5 | 69.33 | 69.10 | 65.10 | 67.84 |
| 10 | 79.28 | 78.11 | 74.55 | 77.31 |
| 25 | 91.87 | 89.05 | 87.31 | 89.41 |
| 50 | 101.20 | 96.94 | 97.38 | 98.51 |
| 100 | 110.47 | 104.63 | 107.86 | 107.65 |
| 200 | 119.70 | 112.23 | 118.81 | 116.92 |
| 500 | 131.88 | 122.18 | 134.00 | 129.35 |
| 1000 | 141.09 | 129.71 | 146.01 | 138.94 |



Para reduzir o peso de cada um dos ajustes estatísticos, tomamos o valor médio obtido:

| Resultados da análise estatística | | | | |
|-----------------------------------|---------------|-----------------------------|--------------|--------------------|
| Período de retorno | Ajuste Gumbel | Ajuste Log-Pearson Tipo III | Ajuste SQRTE | Valor Médio |
| 10 | 79.28 | 78.11 | 74.55 | 77.31 |
| 35 | - | - | - | 93.57 ¹ |
| 100 | 110.47 | 104.63 | 107.86 | 107.65 |

5. TOPOGRÁFICO

A topografia utilizada para o estudo pormenorizado é fornecida pelo proponente. Realizado pela empresa Geolayer em Abril de 2023. Trata-se de um levantamento topográfico à escala 1/1000 no sistema de coordenadas ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG: 3763). Este sistema de coordenadas será utilizado no estudo.

A topografia SRTM Worldwide Elevation foi seleccionada para a delimitação das bacias de drenagem.

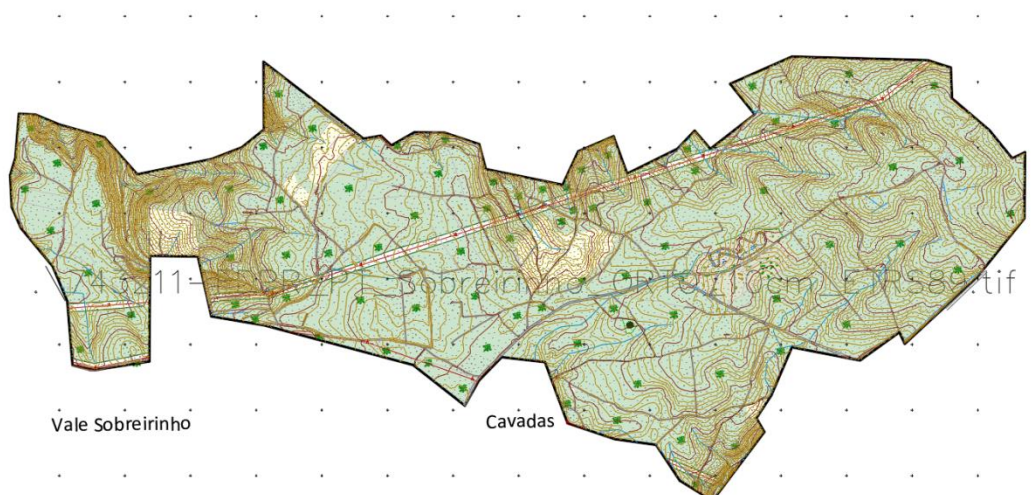


Ilustração 7. Topografia utilizada para a modelação hidráulica.

¹Obtida mediante a curva de regressão $y=13.538*\ln(TR)+45.44$.

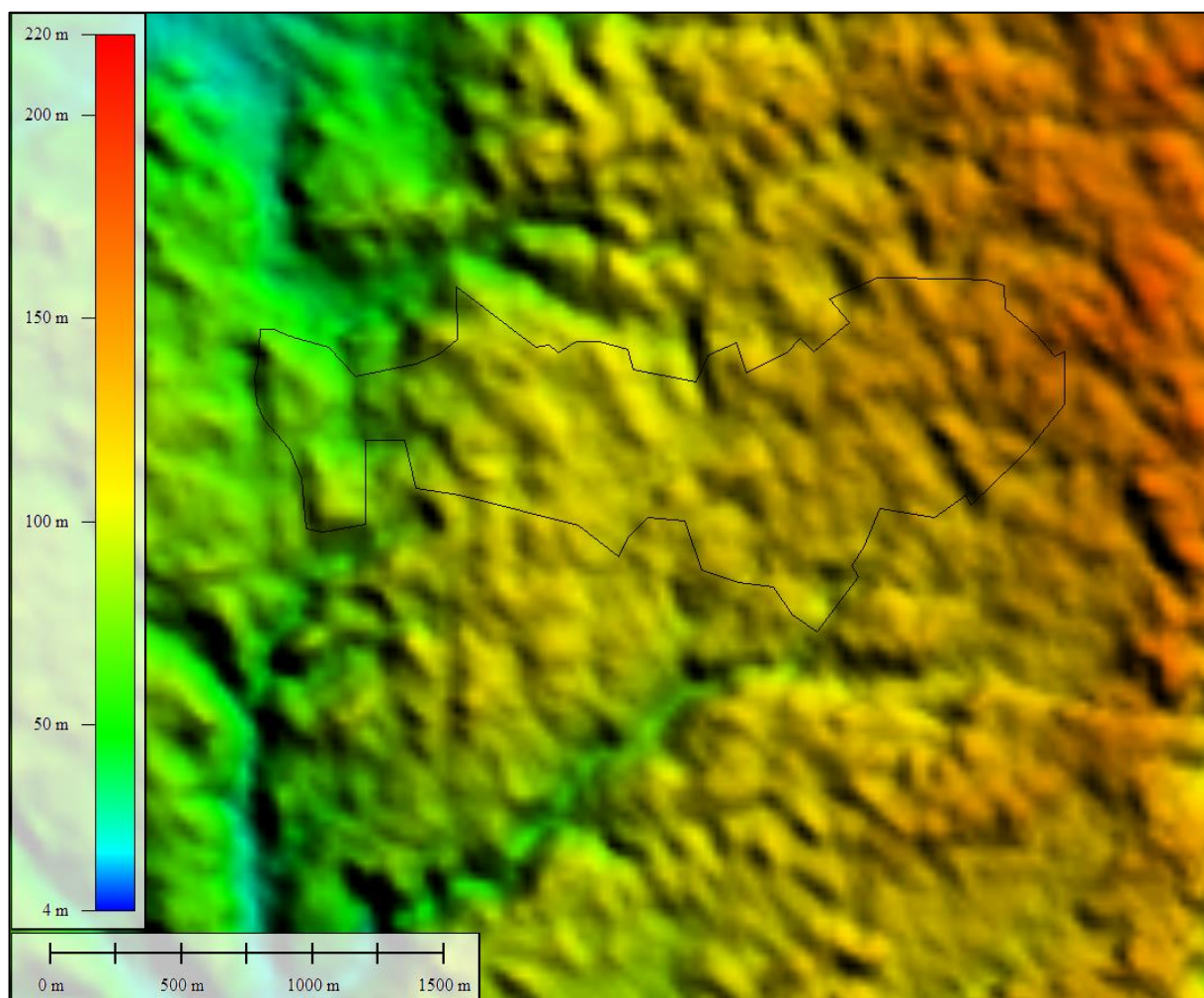


Ilustração 8. Modelo digital de elevação das áreas fora da área de levantamento topográfico

6. ENQUADRAMENTO HIDROGRÁFICO

A zona de estudo pertence à Região Hidrográfica de Vouga, Mondego e Lis (RH4)

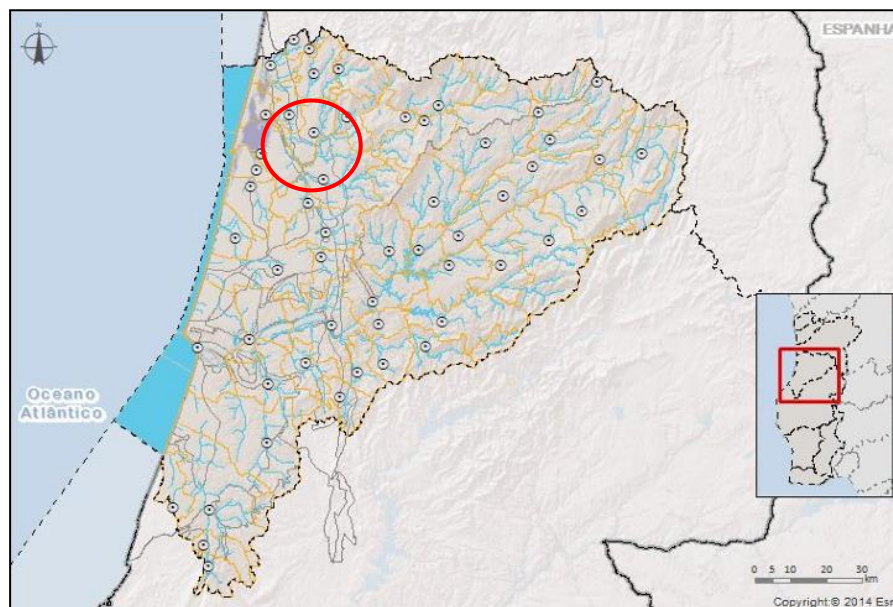
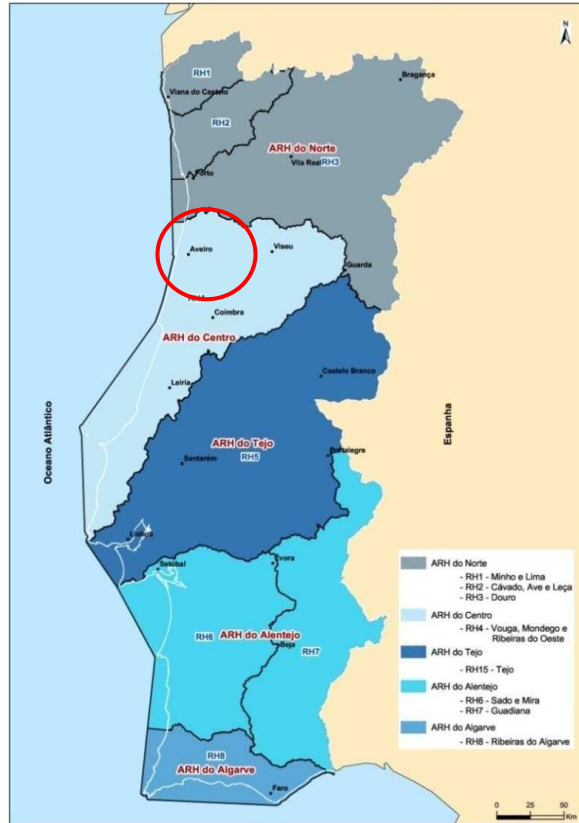


Ilustração 9. Delimitação hidrográfica da região. A localização da instalação está assinalada a vermelho

Dentro desta região, a bacia hidrográfica onde se enquadra a instalação da central fotovoltaica é a do Rio Vouga, com uma área total de 3 685 km²:

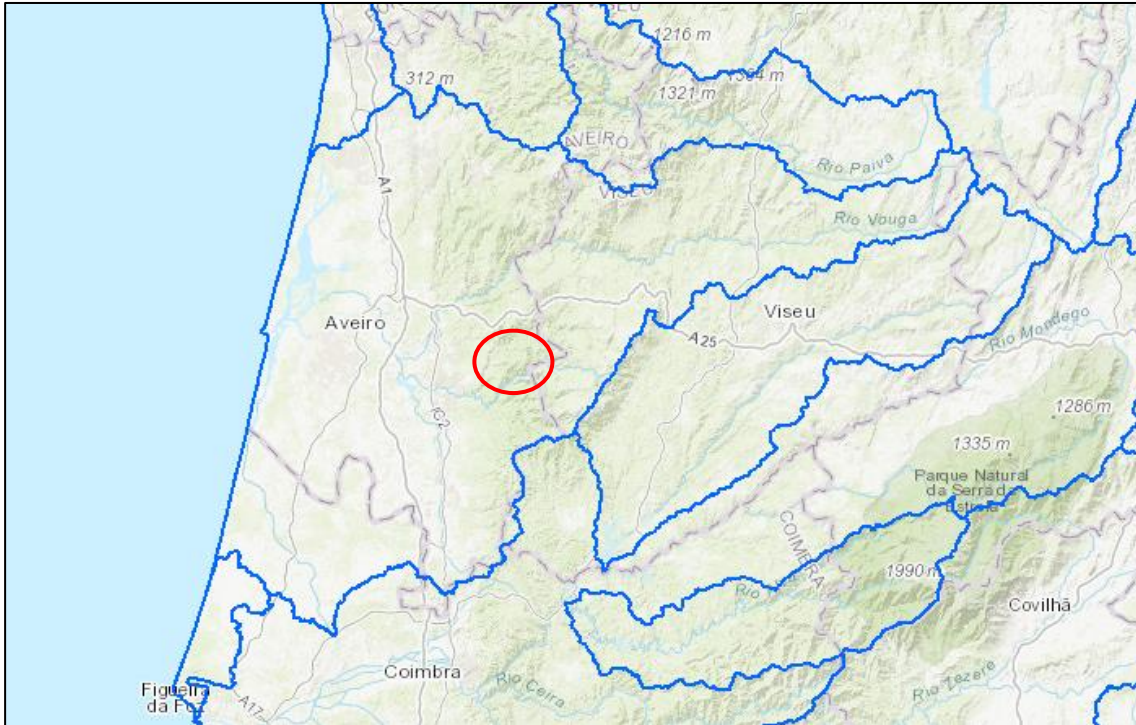


Ilustração 10. *Bacia do Rio Vouga - Directiva Quadro da Água*



Ilustração 11. *Rede de drenagem do Rio Vouga (Rui Appelbreg, 2015)*

A zona estudada localiza-se perto do Rio Águeda, tributário do Rio Vouga, sendo que parte da superfície drena para sul, Rio Águeda, e parte para norte, Rio Vouga.

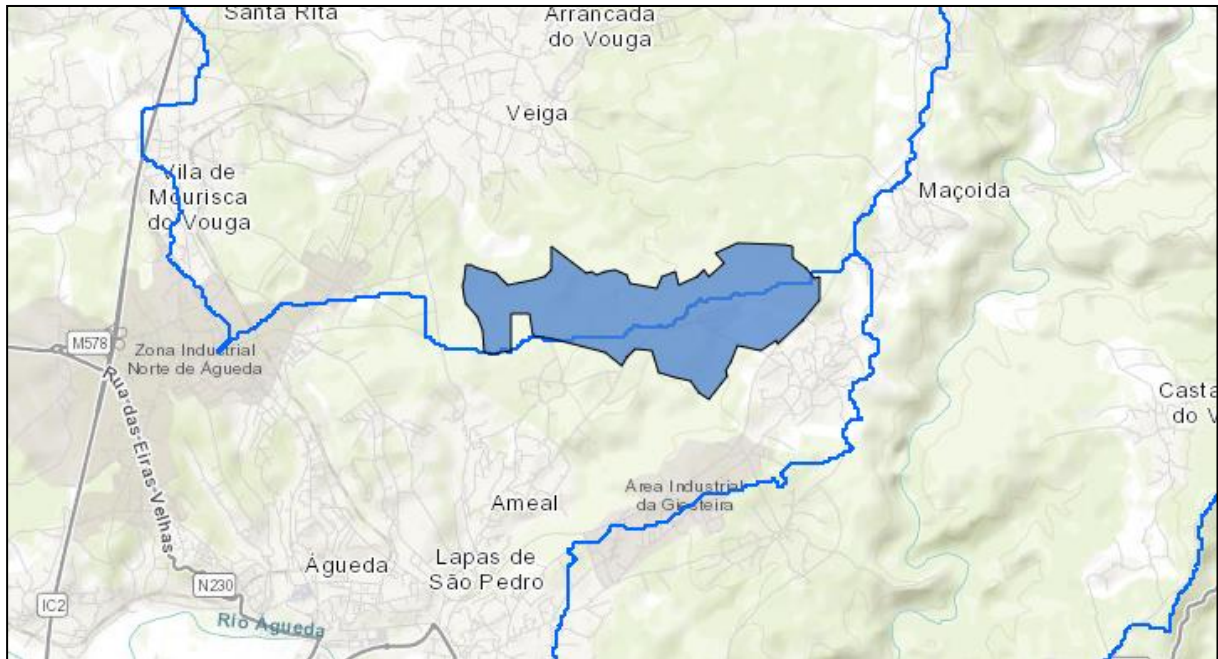


Ilustração 12. Área de referência sobre as sub-bacias do Rio Vouga

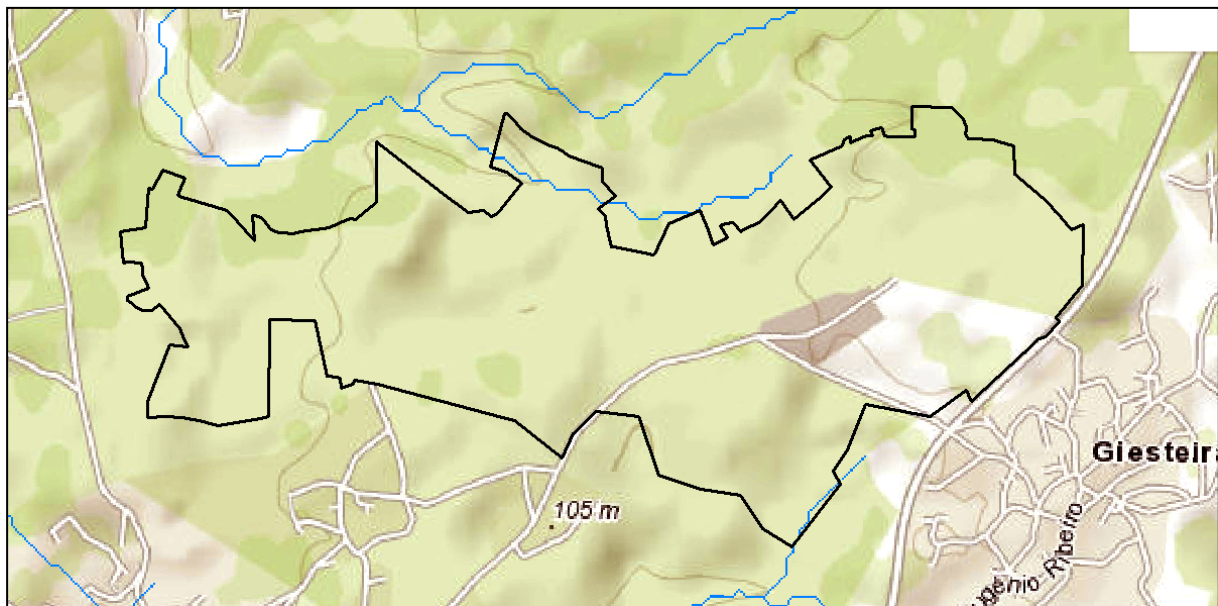


Ilustração 13. Área de referência sobre a Rede hidrográfica do Visualizador do SNIAmb

Dado a área de referência se situar na parte alta das bacias, não há grandes caudais que afetem a instalação. No mapa topográfico da Direção Geral do Território, assim como na Carta Militar, verifica-se a existência apenas de ribeiras de cabeceira, com origem na própria parcela.

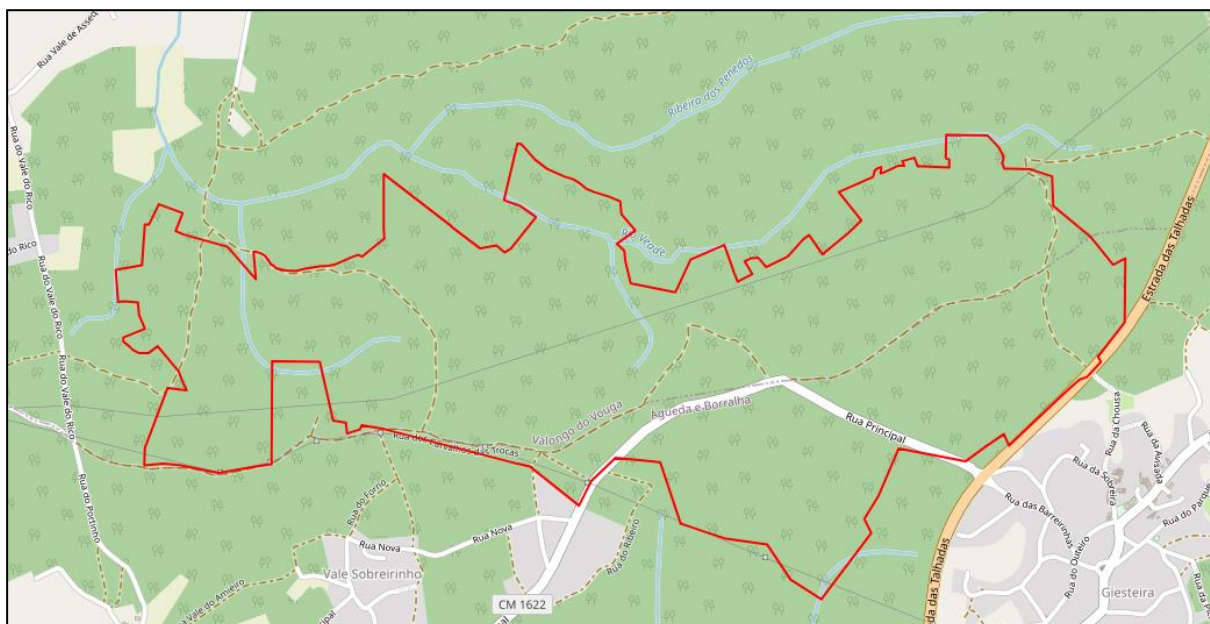


Ilustração 14. Área de referência sobre Mapa topográfico da Direção Geral do Território

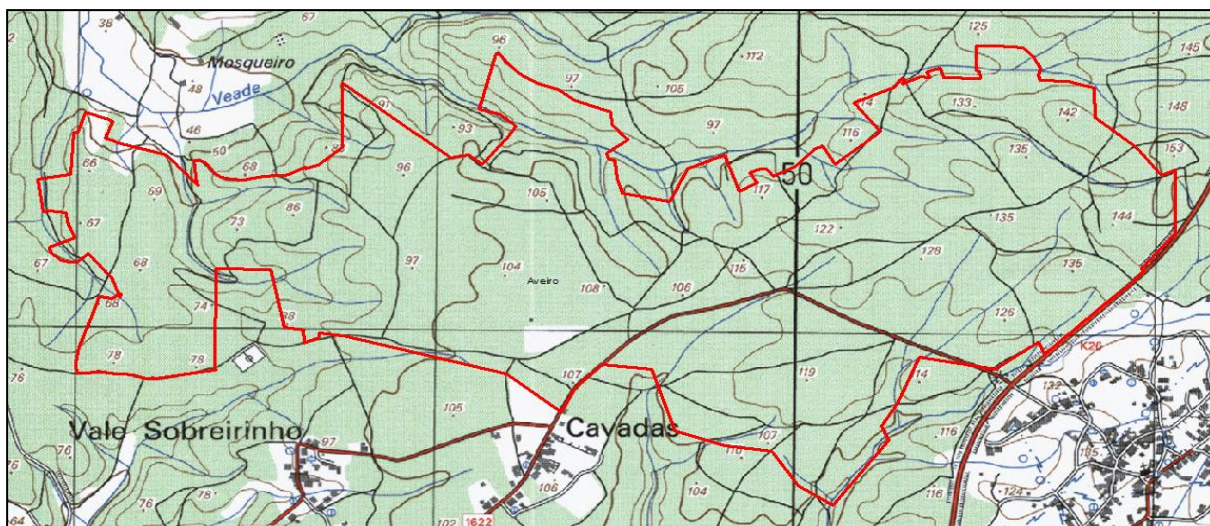


Ilustração 15. Área de referência sobre Carta Militar a escala 1:25.000.

Serão estes caudais os que se analisam nos pontos seguintes, de onde se derivará a delimitação das zonas de proteção estabelecidas segundo a Lei nº 54, de 15 de novembro.

7. ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Nesta secção são analisados os cursos de água que podem afectar a instalação. Desta análise resultará a delimitação das zonas de protecção estabelecidas na Lei nº 54 de 15 de Novembro:

- Domínio público fluvial.
- Margens, 10 metros desde o domínio público.
- Zonas adjacentes, linha atingida pela cheia a 100 anos.

Os cursos de água considerados, após consulta da camada da rede hidrográfica do SNIAmb Viewer da Agência Portuguesa do Ambiente e da carta topográfica da Direcção Geral do Território, são os seguintes:

- Rio Veade.
- Afluente 1 do Rio Veade.
- Afluente 2 do Rio Veade.
- Afluente 3 do Rio Veade.
- Ribeira do Ameal.

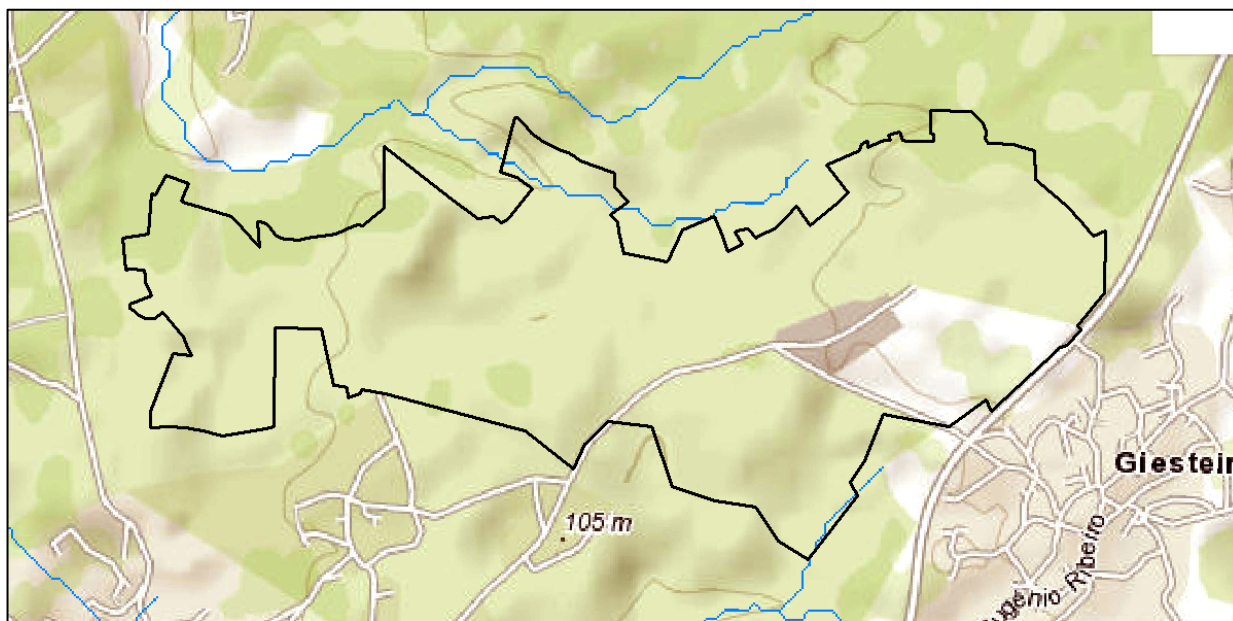


Ilustração 16. Rede hidrográfica do visualizador SNIAmb

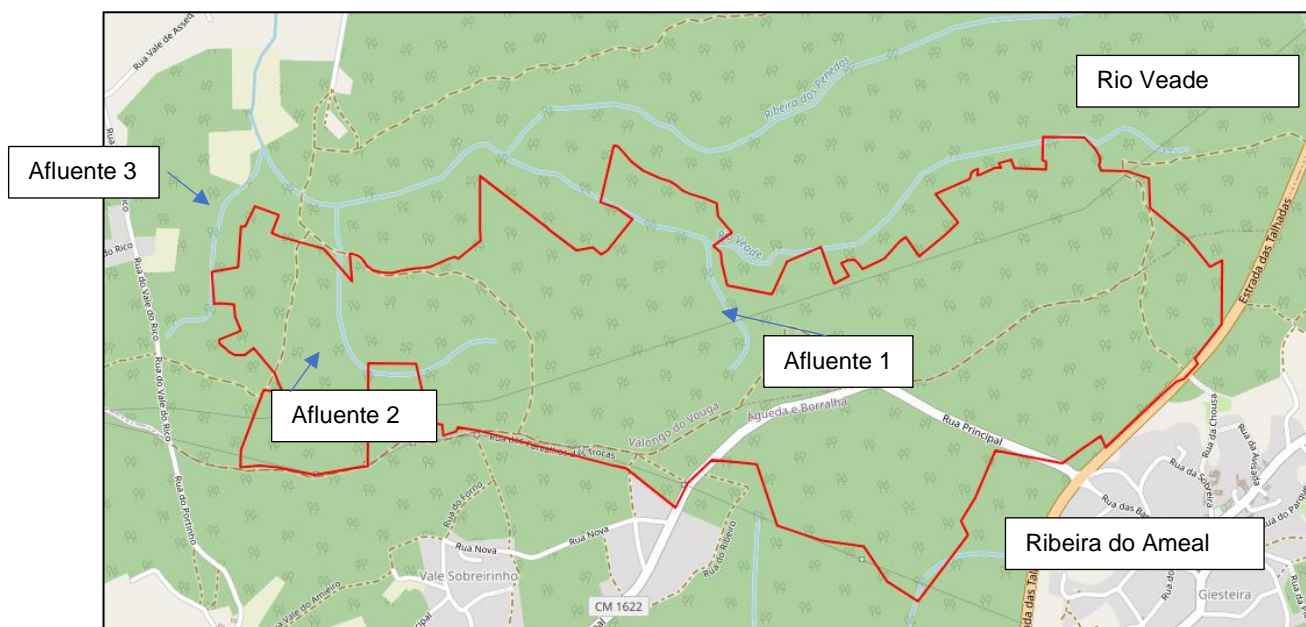


Ilustração 17. Mapa topográfico da Direcção-Geral do Território.

LINHAS DE ÁGUA PRESENTES NA CARTA MILITAR:

No que diz respeito às linhas de água apresentadas na carta militar, excluindo as acima referidas, devido à reduzida dimensão da bacia hidrográfica, não foram consideradas como linhas de água com as zonas de protecção estabelecidas na Lei n.º 54 de 15 de novembro.

Este escoamento foi analisado nas secções 8 e 9 do estudo. Nestas secções, são calculados os caudais de cada um deles e avaliados os riscos de inundação, erosão e perigosidade.

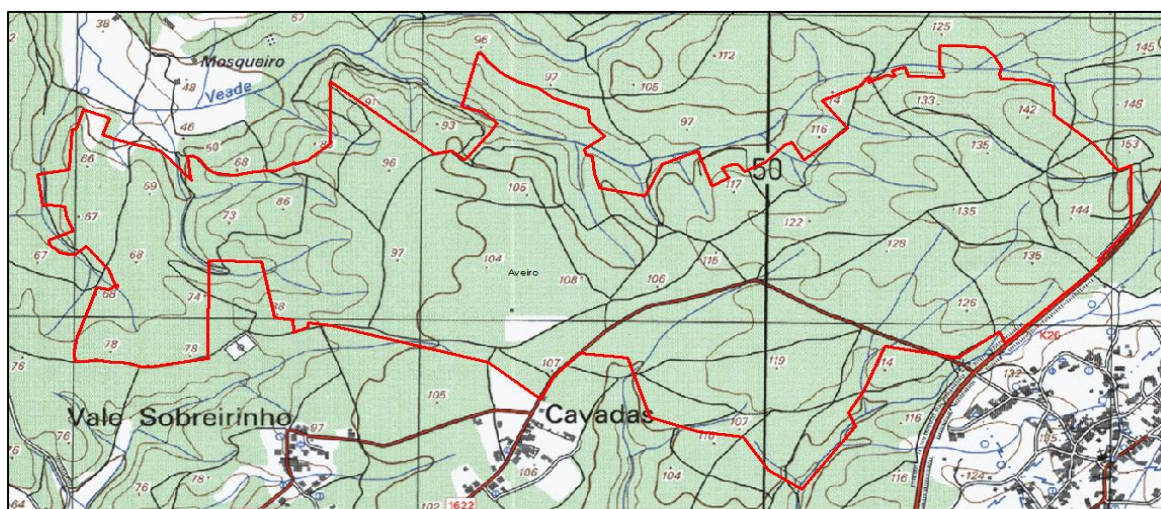


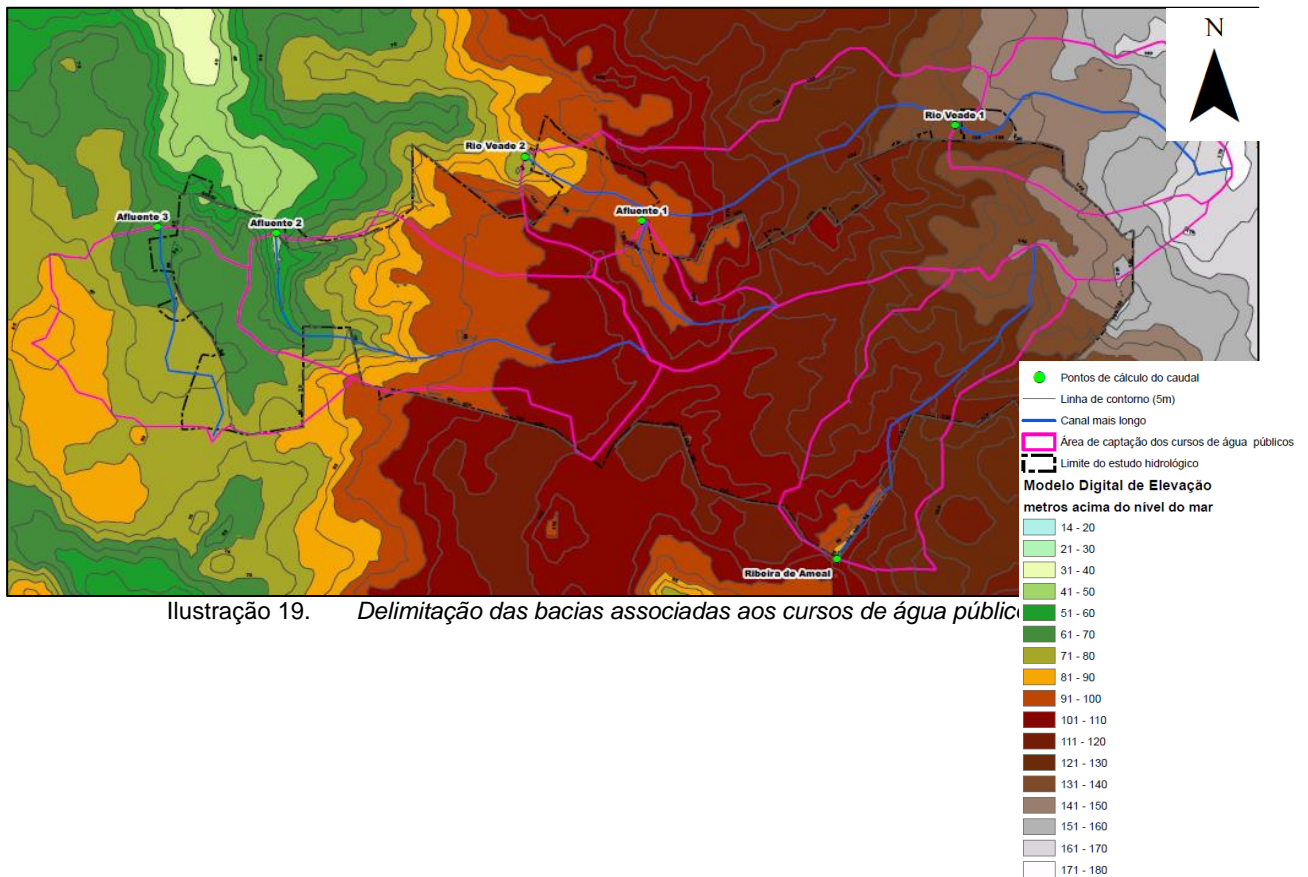
Ilustração 18. Carta Militar a escala 1:25.000.

7.1. ESTUDO HIDROLÓGICO

O Modelo Digital de Elevação foi utilizado para delimitar as bacias em estudo, a partir dos pontos de saída de cada um dos cursos de água. A superfície da bacia, bem como outras características morfológicas, são apresentadas na tabela seguinte

| CURSO DE ÁGUA | CENTRÓIDE | | ÁREA (Km ²) | COMPRIMENTO DO CURSO DE ÁGUA (Km) | COTA AGUAS A MONTANTE (m) | COTA AGUAS A JUSANTE (m) | PEND. MÉDIO (m/m) |
|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| | X | Y | | | | | |
| Rio Veade 1 | -22881 | 103820 | 373533 | 1.059 | 177 | 134 | 0.041 |
| Rio Veade 2 | -24264 | 103720 | 1387773 | 2.624 | 177 | 79 | 0.037 |
| Afluente 1 do Rio Veade | -23888 | 103513 | 122883 | 681 | 115 | 96 | 0.028 |
| Afluente 2 do Rio Veade | -25064 | 103473 | 557726 | 1.529 | 108 | 47 | 0.040 |
| Afluente 3 do Rio Veade | -25445 | 103495 | 421607 | 816 | 80 | 58 | 0.027 |
| Ribeira do Ameal | -23262 | 102428 | 424642 | 1.288 | 139 | 102 | 0.029 |

Tabela 2. Características das bacias associadas aos cursos de água.



7.1.1. CAUDAIS MÁXIMOS MEDIANTE A APLICAÇÃO DO MÉTODO RACIONAL

Para o cálculo dos caudais, será utilizado o método racional, que pressupõe a geração de escoamento numa determinada bacia a partir de uma intensidade de precipitação uniforme ao longo do tempo, em toda a sua superfície.

Como não dispomos de dados de caudal obtidos com métodos empíricos e a bacia é homogénea em relação aos factores do método racional, aplicaremos o método racional.

O caudal de uma bacia "Q" (m³/seg) pode ser calculado pelo método racional de acordo com a expressão:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \times C \times A}{3,6}$$

Onde:

- QT Caudal máximo anual correspondente ao período de retorno T, no ponto de escoamento da bacia hidrográfica (m³/s)
- I (T, tc) Intensidade da precipitação correspondente ao período de retorno considerado T, para uma duração da precipitação igual ao tempo de concentração tc da bacia hidrográfica (mm/h)

- C Coeficiente de escoamento médio da bacia ou zona em causa.
A Área da bacia ou zona em causa (Km²)

Cada um dos factores da equação é então determinado de acordo com as indicações da norma.

7.1.1.1. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração, t_c , de uma bacia hidrográfica é o tempo em que toda a bacia hidrográfica contribui para o escoamento superficial. Ou, o tempo necessário para que a gota que cai no ponto hidráulicamente mais afastado da bacia hidrográfica atinja o ponto de saída.

Obtém-se calculando o maior tempo de percurso mais comprido de qualquer ponto da bacia até ao ponto de escoamento. Como depende do comprimento e do declive do leito escolhido, devem ser testados diferentes leitos ou cursos de água, incluindo sempre os de maior comprimento e menor declive, e escolhendo aquele que dá o maior tempo de concentração.

Segundo Témez, para as bacias principais, obtém-se pela seguinte fórmula:

$$T_c = 0,3 \times L_c^{0,76} \times J_c^{-0,19}$$

Onde:

- T_c (horas) Tempo de concentração.
 L_c (km) Comprimento do curso de água
 J_c (m/m) Declive médio do curso de água

Os resultados em relação aos dados da bacia e da sub-bacia acima definidos são apresentados de seguida:

| BACIA | COMPRIMENTO DO CURSO DE ÁGUA (km) | PEND. MÉDIO (m/m) | TEMPO DE CONCENTRAÇÃO, T_c (hr) |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Rio Veade 1 | 1,06 | 0.041 | 0.58 |
| Rio Veade 2 | 2,62 | 0.037 | 1.17 |
| Afluente 1 do Rio Veade | 0,68 | 0.028 | 0.44 |
| Afluente 2 do Rio Veade | 1,53 | 0.040 | 0.76 |
| Afluente 3 do Rio Veade | 0,82 | 0.027 | 0.51 |
| Ribeira do Ameal | 1,29 | 0.029 | 0.71 |

Tabela 3. Tempo de concentração

São considerados correctos por se situarem entre 0,25h, o que implicaria um novo cálculo devido ao fluxo difuso, e 6 h, fora do campo de aplicação do método racional.

7.1.1.2. INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO

Martos e Silva (1986) obtiveram curvas IDF a partir do tratamento estatístico de séries de dados, valores máximos de intensidade de precipitação para diferentes durações e para uma mesma frequência.

Estas curvas foram obtidas através do ajuste, utilizando o método dos mínimos quadrados, das intensidades de precipitação correspondentes a diferentes durações, para um determinado período de retorno.

Obteve-se a seguinte fórmula:

$$I = a \cdot t_p^b$$

Onde:

- I Intensidade da precipitação (mm/h)
- t_p Duração da chuva (min)
- a, b Constantes em função da localização. **Região de Lisboa.**

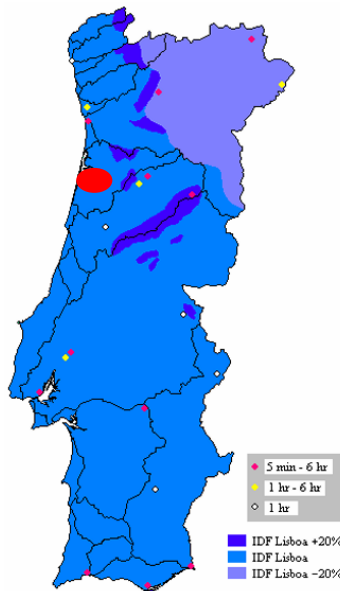


Ilustração 20. Regiões de variação das constantes.

| Período de Retorno | | | |
|--------------------|--------|----------|--------|
| 10 anos | | 100 anos | |
| a | b | a | b |
| 290.68 | -0.549 | 365.62 | -0.508 |

A tempestade de projecto do método racional é rectangular, pelo que a intensidade de precipitação a considerar no cálculo do caudal máximo anual para o período de retorno T, no ponto de saída da bacia hidrográfica QT, deve ser a correspondente a uma duração de precipitação igual ao tempo de concentração ($t_p = t_c$) da bacia hidrográfica.

| BACIA | TEMPO DE CONCENTRAÇÃO, T_c | | Coeficientes | | Intensidade TR10 anos, mm/h | Coeficientes | | Intensidade TR100 anos, mm/h |
|--------------------------|------------------------------|------|--------------|--------|-----------------------------|--------------|--------|------------------------------|
| | hr | min | TR 10 anos | | | TR 100 anos | | |
| Rio Veade 1 | 0.58 | 34.8 | a | 290.68 | 41.41 | a | 365.62 | 60.24 |
| | | | b | -0.549 | | b | -0.508 | |
| Rio Veade 2 | 1.17 | 70.2 | a | 290.68 | 28.17 | a | 365.62 | 42.18 |
| | | | b | -0.549 | | b | -0.508 | |
| Afluente 1 del Rio Veade | 0.44 | 26.4 | a | 290.68 | 48.19 | a | 365.62 | 69.32 |
| | | | b | -0.549 | | b | -0.508 | |
| Afluente 2 del Rio Veade | 0.76 | 45.6 | a | 290.68 | 35.70 | a | 365.62 | 52.51 |
| | | | b | -0.549 | | b | -0.508 | |
| Afluente 3 del Rio Veade | 0.51 | 30.6 | a | 290.68 | 44.44 | a | 365.62 | 64.31 |
| | | | b | -0.549 | | b | -0.508 | |
| Ribeira do Ameal | 0.71 | 42.6 | a | 290.68 | 37.06 | a | 365.62 | 54.36 |
| | | | b | -0.549 | | b | -0.508 | |

7.1.1.3. PRECIPITAÇÕES

A precipitação é apresentada na secção 4. DADOS PLUVIOMÉTRICOS.

| Período de retorno, anos | Precipitação, mm |
|--------------------------|------------------|
| 10 | 77.31 |
| 100 | 107.65 |

7.1.1.4. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

O coeficiente de escoamento C é definido como a parte da precipitação de intensidade I (T, t_c) que gera o caudal de cheia no ponto de escoamento da bacia hidrográfica.

Na bacia de estudo, a precipitação de cálculo corrigida para o período de retorno considerado é muito superior ao limiar de escoamento obtido acima, pelo que o coeficiente de escoamento C é obtido através da seguinte fórmula:

$$Si P_d > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d}{P_0} - 1\right) * \left(\frac{P_d}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d}{P_0} + 11\right)^2}$$

Onde:

C Coeficiente de escoamento (sem dimensões)

- P_d Precipitação diária para o período de retorno T considerado (mm)
 P_0 Limiar de escoamento (mm)

7.1.1.5. LIMIAR DE ESCOAMENTO

O limiar de escoamento, P_0 , representa a precipitação mínima que deve cair na bacia hidrográfica para que se inicie a produção de escoamento.

O valor inicial do limiar de escoamento deve ser determinado a partir de tabelas que permitam obter o dito valor a partir da utilização do terreno, do declive e do grupo hidrológico do solo.

Para isso, teremos de combinar as informações disponíveis:

- A. Usos do solo.
- B. Geologia / Grupo hidrológico.
- C. Declives.

A. USOS DO SOLO

A delimitação dos usos do solo foi efectuada no ortofoto de 2018 por este consultor. Em seguida, foi ligada aos usos do solo presentes na tabela de referência.

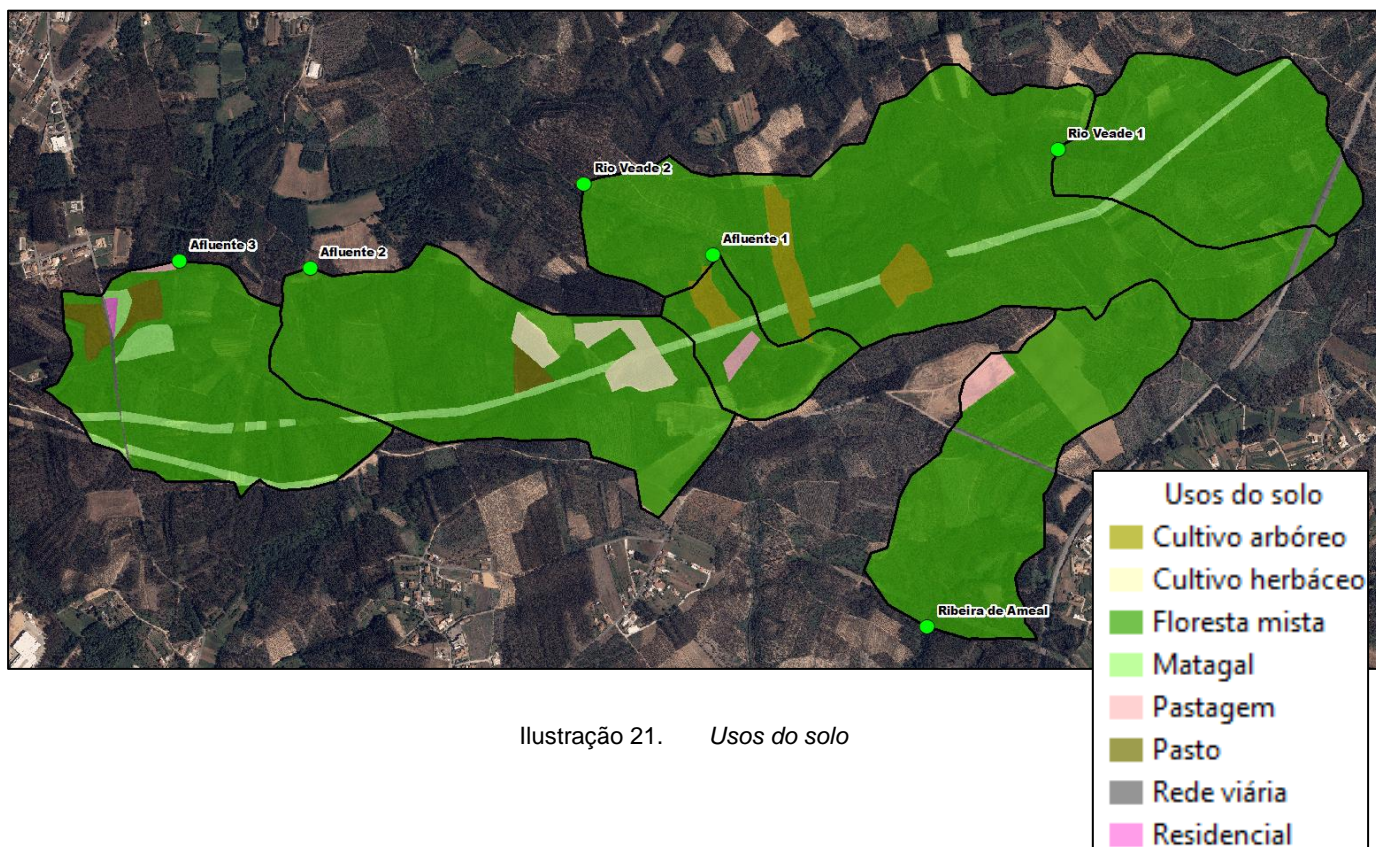


Ilustração 21. Usos do solo

B. GRUPO HIDROLÓGICO

O grupo hidrológico de solos foi obtido a partir da carta geológica do concelho de Águeda..

| Grupo | Infiltração (quando muito úmidos) | Potência | Textura | Drenagem |
|-------|--------------------------------------|---|--|-------------------------|
| A | Rápida | Grande | Arenosa, Areno-limosa | Perfeita |
| B | Moderada | Média a grande | Franco-arenosa, Franco, Franco-argilo-arenosa, Franco-limosa | Boa a moderada |
| C | Lenta | Média a pequena | Franco-argilosa, Franco- argilo-limosa, Argilo- arenosa | Imperfeita |
| D | Muito lenta | Pequena (litossolo) ou horizontes de argila | Argilosa | Pobre ou muito pobre |

Ilustração 22. Tabela de grupos hidrológicos.

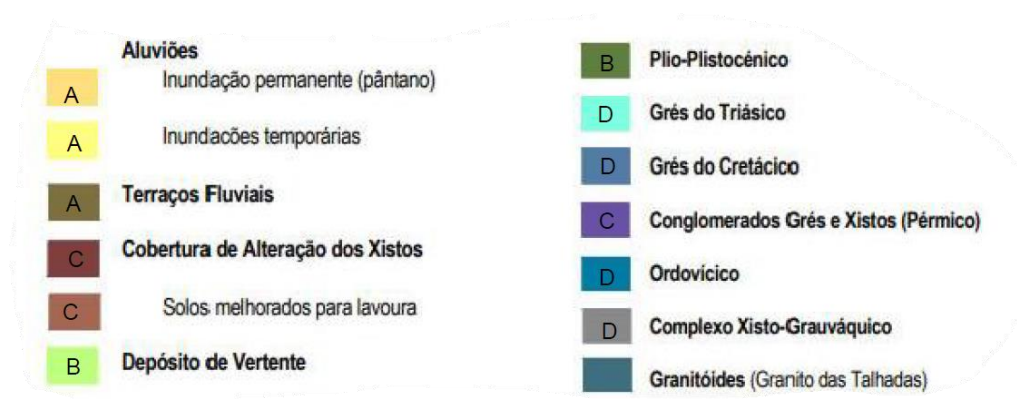
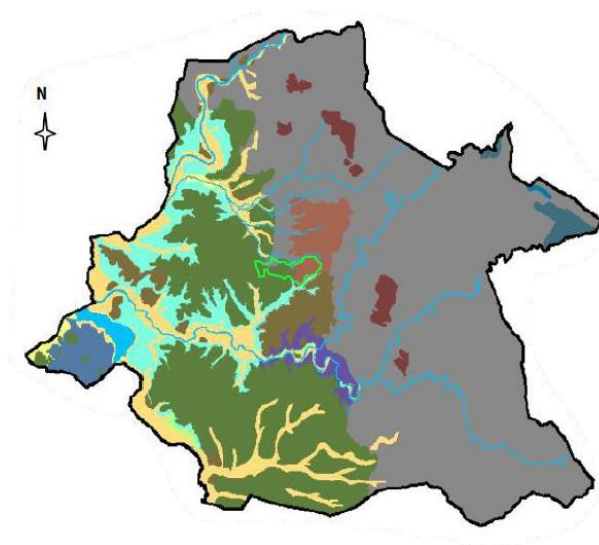


Ilustração 23. Mapa geológico extraído do estudo do meio físico do município de Águeda.

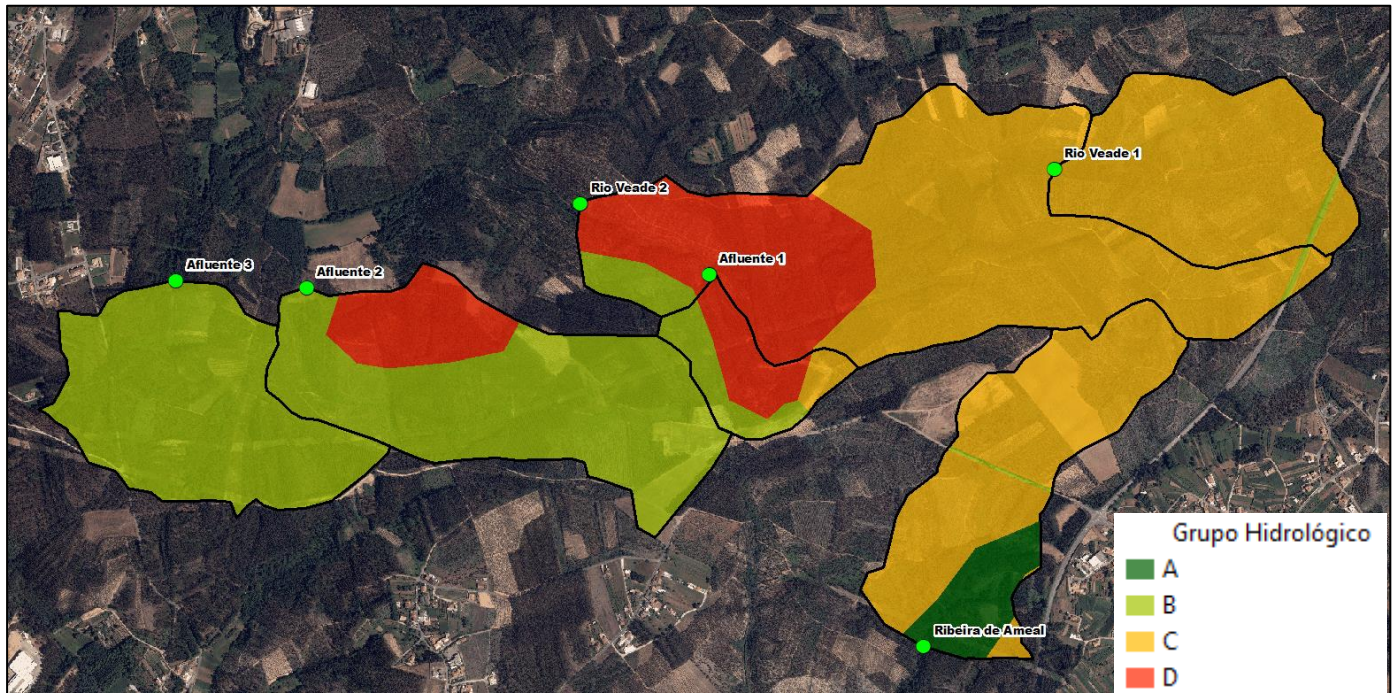


Ilustração 24. Grupo hidrológico.

C. DECLIVES

Nesta secção sobre os declives, será feita uma distinção entre os declives superiores e inferiores a 3%.

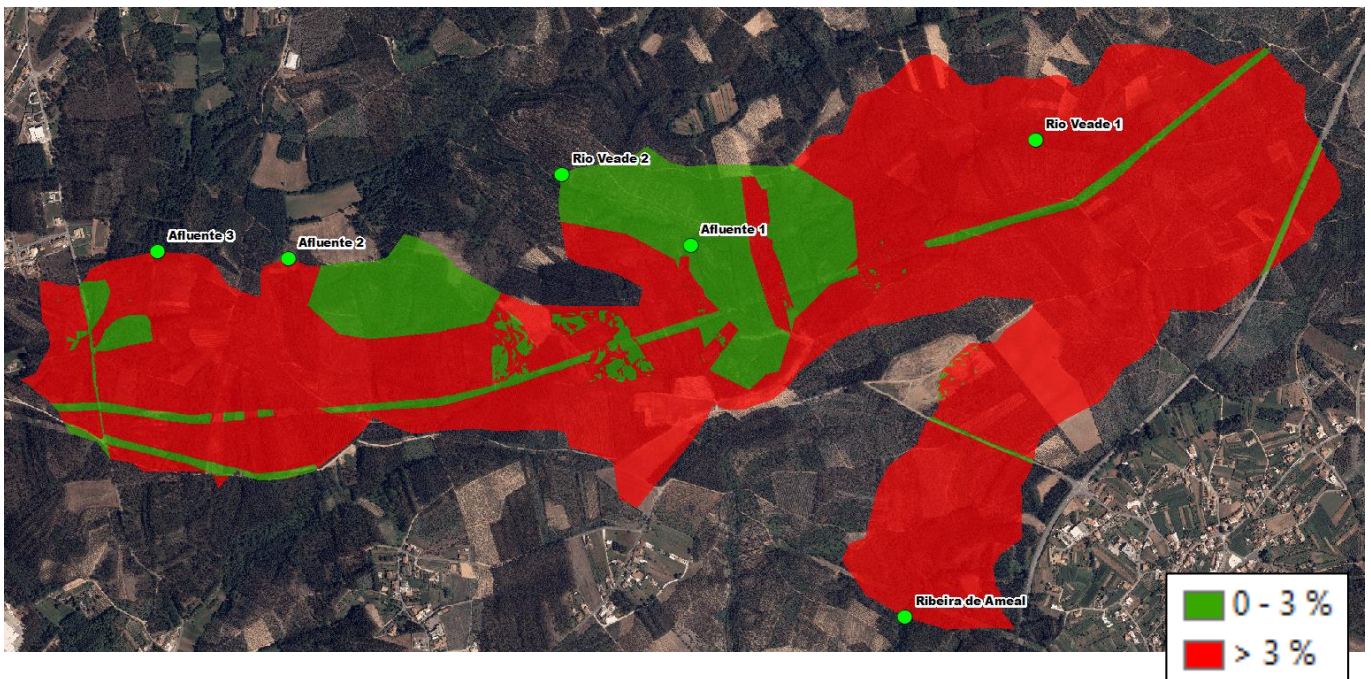


Ilustração 25. Declives

Introduzimos na tabela os parâmetros de uso do solo, declive e grupo hidrológico. Os resultados do limiar de escoamento inicial P0 obtidos para cada um dos critérios de uso do solo, grupos hidrológicos e declive e cultura são apresentados no mapa seguinte:

| USO DO SOLO | GRUPO HIDROLÓGICO | DECLIVE | P0i, mm |
|---------------------|-------------------|---------|---------|
| Bosque misto | A | - | 90 |
| | B | - | 47 |
| | C | - | 31 |
| | D | - | 23 |
| Culturas de árvores | B | < 3% | 42 |
| | | >3% | 34 |
| | C | < 3% | 22 |
| | | >3% | 19 |
| | D | < 3% | 15 |
| | | >3% | 13 |
| Cultura herbácea | B | < 3% | 25 |
| | | >3% | 20 |
| | D | < 3% | 13 |
| | | >3% | 9 |
| Terras cercadas | B | < 3% | 35 |
| | | >3% | 23 |
| Matagal B | B | - | 24 |
| | C | - | 14 |
| | D | - | 10 |
| Prado B Menor 3% | B | < 3% | 35 |
| Prado D Menor 3% | | >3% | 23 |
| Prado C Menor 3% | C | < 3% | 17 |
| Prado B Maior 3% | | >3% | 14 |
| Prado D Maior 3% | D | < 3% | 10 |
| Prado C Maior 3% | | >3% | 9 |
| Rede rodoviária | - | - | 1 |
| Residencial | B | - | 14 |

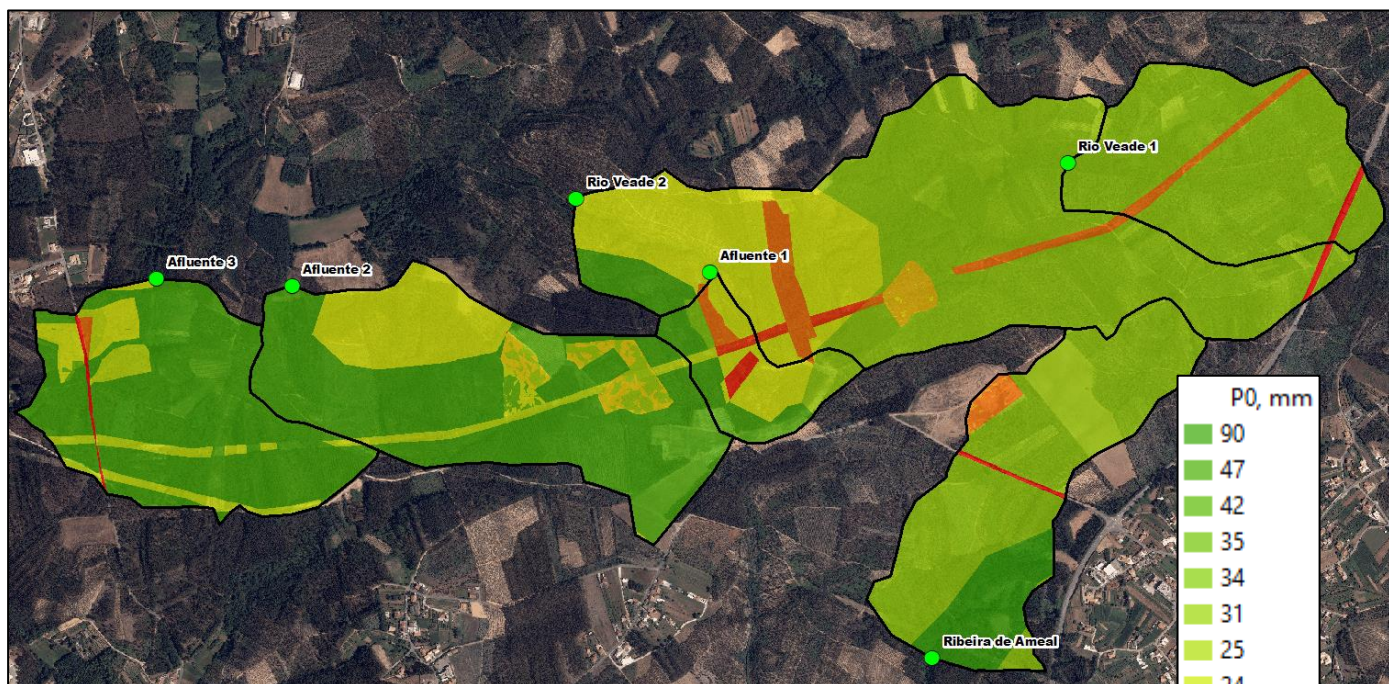


Ilustração 26. Mapa de limiares de escoamento, mm.

| BACIA | LIMIAR DE ESCOAMENTO, mm |
|-------------------------|--------------------------|
| Rio Veade 1 | 29.95 |
| Rio Veade 2 | 28.96 |
| Afluente 1 do Rio Veade | 31.08 |
| Afluente 2 do Rio Veade | 39.35 |
| Afluente 3 do Rio Veade | 42.13 |
| Ribeira do Ameal | 41.36 |

7.1.2.RESULTADOS DOS CAUDAIS MÁXIMOS

Os caudais resultantes da aplicação da fórmula do método racional para períodos de retorno de 10 e 100 anos são os seguintes:

| Bacia | Área (Km ²) | TC, horas | P0, mm | TR anos | Prec, mm | Intensidade média máxima, mm/h | Coeficiente de escoamento | Caudal m ³ /seg |
|--------------------------------|-------------------------|-----------|--------|---------|----------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Rio Veade 1 | 0.37 | 0.58 | 29.95 | 10 | 77.31 | 41.41 | 0.22 | 0.93 |
| | | | | 100 | 107.65 | 60.24 | 0.32 | 2.01 |
| Rio Veade 2 | 1.38 | 1.17 | 28.96 | 10 | 77.31 | 28.17 | 0.23 | 2.48 |
| | | | | 100 | 107.65 | 42.18 | 0.34 | 5.42 |
| Afluente 1 do Rio Veade | 0.12 | 0.44 | 31.08 | 10 | 77.31 | 48.19 | 0.21 | 0.33 |
| | | | | 100 | 107.65 | 69.32 | 0.31 | 0.72 |
| Afluente 2 do Rio Veade | 0.56 | 0.76 | 39.35 | 10 | 77.31 | 35.70 | 0.14 | 0.79 |
| | | | | 100 | 107.65 | 52.51 | 0.24 | 1.92 |
| Afluente 3 do Rio Veade | 0.42 | 0.51 | 42.13 | 10 | 77.31 | 44.44 | 0.13 | 0.65 |
| | | | | 100 | 107.65 | 64.31 | 0.22 | 1.62 |
| Ribeira do Ameal | 0.42 | 0.71 | 41.36 | 10 | 77.31 | 37.06 | 0.13 | 0.56 |
| | | | | 100 | 107.65 | 54.36 | 0.22 | 1.41 |

Tabela 4. Tabela de caudais máximos de acordo com o método racional.

7.1.3.HIDROGRAMAS PARA CÁLCULOS HIDRÁULICOS EM ESTADO NÃO PERMANENTE

Para cada um dos caudais máximos, e tendo em vista a simulação hidráulica, obtiveram-se os hidrogramas para o cálculo do regime não estacionário dos caudais obtidos para os cursos de água públicos. Foi aplicado o método do hidrograma sem dimensões. Os parâmetros de aplicação são os seguintes:

$$\text{Tempo de pico} = 0.6 \cdot \text{Tempo de concentração.}$$

$$\text{Tempo de Base} = 2.67 \cdot \text{Tempo de ponta.}$$

Os hidrogramas obtidos desta forma para os períodos de retorno de 10 e 100 anos são os seguintes:

| RIO VEADE 1 | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 10 ANOS | | 100 ANOS | |
| TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg | TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 124 | 0.01 | 124 | 0.03 |
| 249 | 0.07 | 249 | 0.15 |
| 373 | 0.15 | 373 | 0.32 |
| 498 | 0.26 | 498 | 0.56 |
| 622 | 0.40 | 622 | 0.86 |
| 746 | 0.56 | 746 | 1.21 |
| 871 | 0.72 | 871 | 1.55 |
| 995 | 0.83 | 995 | 1.79 |
| 1120 | 0.90 | 1120 | 1.95 |
| 1244 | 0.93 | 1244 | 2.01 |
| 1369 | 0.91 | 1369 | 1.97 |
| 1493 | 0.86 | 1493 | 1.85 |
| 1617 | 0.78 | 1617 | 1.69 |
| 1742 | 0.70 | 1742 | 1.51 |
| 1866 | 0.60 | 1866 | 1.31 |
| 1991 | 0.53 | 1991 | 1.15 |
| 2239 | 0.40 | 2239 | 0.86 |
| 2488 | 0.30 | 2488 | 0.64 |
| 2737 | 0.22 | 2737 | 0.48 |
| 2986 | 0.17 | 2986 | 0.36 |
| 3235 | 0.12 | 3235 | 0.26 |
| 3484 | 0.09 | 3484 | 0.20 |
| 3732 | 0.07 | 3732 | 0.15 |
| 4354 | 0.03 | 4354 | 0.07 |
| 4977 | 0.02 | 4977 | 0.04 |
| 5599 | 0.01 | 5599 | 0.02 |
| 6221 | 0.00 | 6221 | 0.01 |

| RIO VEADE 2 | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 10 ANOS | | 100 ANOS | |
| TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg | TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 252 | 0.04 | 252 | 0.08 |
| 504 | 0.19 | 504 | 0.41 |
| 756 | 0.40 | 756 | 0.87 |
| 1008 | 0.69 | 1008 | 1.52 |
| 1260 | 1.07 | 1260 | 2.33 |
| 1512 | 1.49 | 1512 | 3.25 |
| 1763 | 1.91 | 1763 | 4.17 |
| 2015 | 2.21 | 2015 | 4.82 |
| 2267 | 2.41 | 2267 | 5.26 |
| 2519 | 2.48 | 2519 | 5.42 |
| 2771 | 2.43 | 2771 | 5.31 |
| 3023 | 2.28 | 3023 | 4.99 |
| 3275 | 2.08 | 3275 | 4.55 |
| 3527 | 1.86 | 3527 | 4.07 |
| 3779 | 1.61 | 3779 | 3.52 |
| 4031 | 1.41 | 4031 | 3.09 |
| 4535 | 1.07 | 4535 | 2.33 |
| 5038 | 0.79 | 5038 | 1.73 |
| 5542 | 0.60 | 5542 | 1.30 |
| 6046 | 0.45 | 6046 | 0.98 |
| 6550 | 0.32 | 6550 | 0.70 |
| 7054 | 0.24 | 7054 | 0.53 |
| 7558 | 0.19 | 7558 | 0.41 |
| 8817 | 0.09 | 8817 | 0.20 |
| 10077 | 0.04 | 10077 | 0.10 |
| 11336 | 0.02 | 11336 | 0.05 |
| 12596 | 0.01 | 12596 | 0.02 |

| AFLUENTE 1 RIO VEADE | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 10 ANOS | | 100 ANOS | |
| TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg | TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 96 | 0.00 | 96 | 0.01 |
| 191 | 0.02 | 191 | 0.05 |
| 287 | 0.05 | 287 | 0.12 |
| 382 | 0.09 | 382 | 0.20 |
| 478 | 0.14 | 478 | 0.31 |
| 573 | 0.20 | 573 | 0.43 |
| 669 | 0.25 | 669 | 0.55 |
| 764 | 0.29 | 764 | 0.64 |
| 860 | 0.32 | 860 | 0.70 |
| 955 | 0.33 | 955 | 0.72 |
| 1051 | 0.32 | 1051 | 0.71 |
| 1146 | 0.30 | 1146 | 0.66 |
| 1242 | 0.28 | 1242 | 0.60 |
| 1337 | 0.25 | 1337 | 0.54 |
| 1433 | 0.21 | 1433 | 0.47 |
| 1528 | 0.19 | 1528 | 0.41 |
| 1719 | 0.14 | 1719 | 0.31 |
| 1910 | 0.11 | 1910 | 0.23 |
| 2101 | 0.08 | 2101 | 0.17 |
| 2293 | 0.06 | 2293 | 0.13 |
| 2484 | 0.04 | 2484 | 0.09 |
| 2675 | 0.03 | 2675 | 0.07 |
| 2866 | 0.02 | 2866 | 0.05 |
| 3343 | 0.01 | 3343 | 0.03 |
| 3821 | 0.01 | 3821 | 0.01 |
| 4298 | 0.00 | 4298 | 0.01 |
| 4776 | 0.00 | 4776 | 0.00 |

| AFLUENTE 2 RIO VEADE | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 10 ANOS | | 100 ANOS | |
| TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg | TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 165 | 0.01 | 165 | 0.03 |
| 330 | 0.06 | 330 | 0.14 |
| 495 | 0.13 | 495 | 0.31 |
| 660 | 0.22 | 660 | 0.54 |
| 825 | 0.34 | 825 | 0.83 |
| 990 | 0.47 | 990 | 1.15 |
| 1155 | 0.61 | 1155 | 1.48 |
| 1320 | 0.70 | 1320 | 1.71 |
| 1485 | 0.77 | 1485 | 1.86 |
| 1650 | 0.79 | 1650 | 1.92 |
| 1815 | 0.77 | 1815 | 1.88 |
| 1980 | 0.73 | 1980 | 1.77 |
| 2145 | 0.66 | 2145 | 1.61 |
| 2310 | 0.59 | 2310 | 1.44 |
| 2475 | 0.51 | 2475 | 1.25 |
| 2640 | 0.45 | 2640 | 1.09 |
| 2970 | 0.34 | 2970 | 0.83 |
| 3300 | 0.25 | 3300 | 0.61 |
| 3631 | 0.19 | 3631 | 0.46 |
| 3961 | 0.14 | 3961 | 0.35 |
| 4291 | 0.10 | 4291 | 0.25 |
| 4621 | 0.08 | 4621 | 0.19 |
| 4951 | 0.06 | 4951 | 0.14 |
| 5776 | 0.03 | 5776 | 0.07 |
| 6601 | 0.01 | 6601 | 0.03 |
| 7426 | 0.01 | 7426 | 0.02 |
| 8251 | 0.00 | 8251 | 0.01 |

| AFLUENTE 3 RIO VEADE | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 10 ANOS | | 100 ANOS | |
| TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg | TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 110 | 0.01 | 110 | 0.02 |
| 221 | 0.05 | 221 | 0.12 |
| 331 | 0.10 | 331 | 0.26 |
| 441 | 0.18 | 441 | 0.45 |
| 552 | 0.28 | 552 | 0.70 |
| 662 | 0.39 | 662 | 0.97 |
| 772 | 0.50 | 772 | 1.25 |
| 882 | 0.58 | 882 | 1.44 |
| 993 | 0.63 | 993 | 1.57 |
| 1103 | 0.65 | 1103 | 1.62 |
| 1213 | 0.64 | 1213 | 1.59 |
| 1324 | 0.60 | 1324 | 1.49 |
| 1434 | 0.55 | 1434 | 1.36 |
| 1544 | 0.49 | 1544 | 1.22 |
| 1655 | 0.42 | 1655 | 1.05 |
| 1765 | 0.37 | 1765 | 0.92 |
| 1986 | 0.28 | 1986 | 0.70 |
| 2206 | 0.21 | 2206 | 0.52 |
| 2427 | 0.16 | 2427 | 0.39 |
| 2647 | 0.12 | 2647 | 0.29 |
| 2868 | 0.08 | 2868 | 0.21 |
| 3089 | 0.06 | 3089 | 0.16 |
| 3309 | 0.05 | 3309 | 0.12 |
| 3861 | 0.02 | 3861 | 0.06 |
| 4412 | 0.01 | 4412 | 0.03 |
| 4964 | 0.01 | 4964 | 0.01 |
| 5516 | 0.00 | 5516 | 0.01 |

| RIBEIRA DO AMEAL | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 10 ANOS | | 100 ANOS | |
| TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg | TEMPO, seg | CAUDAL, m3/seg |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 154 | 0.01 | 154 | 0.02 |
| 308 | 0.04 | 308 | 0.11 |
| 463 | 0.09 | 463 | 0.23 |
| 617 | 0.16 | 617 | 0.39 |
| 771 | 0.24 | 771 | 0.61 |
| 925 | 0.34 | 925 | 0.85 |
| 1079 | 0.43 | 1079 | 1.09 |
| 1233 | 0.50 | 1233 | 1.25 |
| 1388 | 0.54 | 1388 | 1.37 |
| 1542 | 0.56 | 1542 | 1.41 |
| 1696 | 0.55 | 1696 | 1.38 |
| 1850 | 0.52 | 1850 | 1.30 |
| 2004 | 0.47 | 2004 | 1.18 |
| 2159 | 0.42 | 2159 | 1.06 |
| 2313 | 0.36 | 2313 | 0.92 |
| 2467 | 0.32 | 2467 | 0.80 |
| 2775 | 0.24 | 2775 | 0.61 |
| 3084 | 0.18 | 3084 | 0.45 |
| 3392 | 0.13 | 3392 | 0.34 |
| 3700 | 0.10 | 3700 | 0.25 |
| 4009 | 0.07 | 4009 | 0.18 |
| 4317 | 0.05 | 4317 | 0.14 |
| 4625 | 0.04 | 4625 | 0.11 |
| 5396 | 0.02 | 5396 | 0.05 |
| 6167 | 0.01 | 6167 | 0.03 |
| 6938 | 0.01 | 6938 | 0.01 |
| 7709 | 0.00 | 7709 | 0.01 |

7.2. ESTUDO HIDRÁULICO

Verificou-se que nenhum dos cursos de água do troço de interesse está incluído no Sistema Nacional de Informação Ambiental, dentro da cartografia de zonas inundáveis do 2º ciclo, que são as publicadas, não estando disponíveis no visualizador as referentes ao 3º ciclo.

De qualquer modo, dada a reduzida dimensão dos cursos de água em análise, não é expectável que estes estejam incluídos na cartografia oficial de zonas inundáveis. Por esta razão, o leito do rio foi modelado para obter as diferentes zonas de proteção, relevantes para o projeto, definidas na legislação.

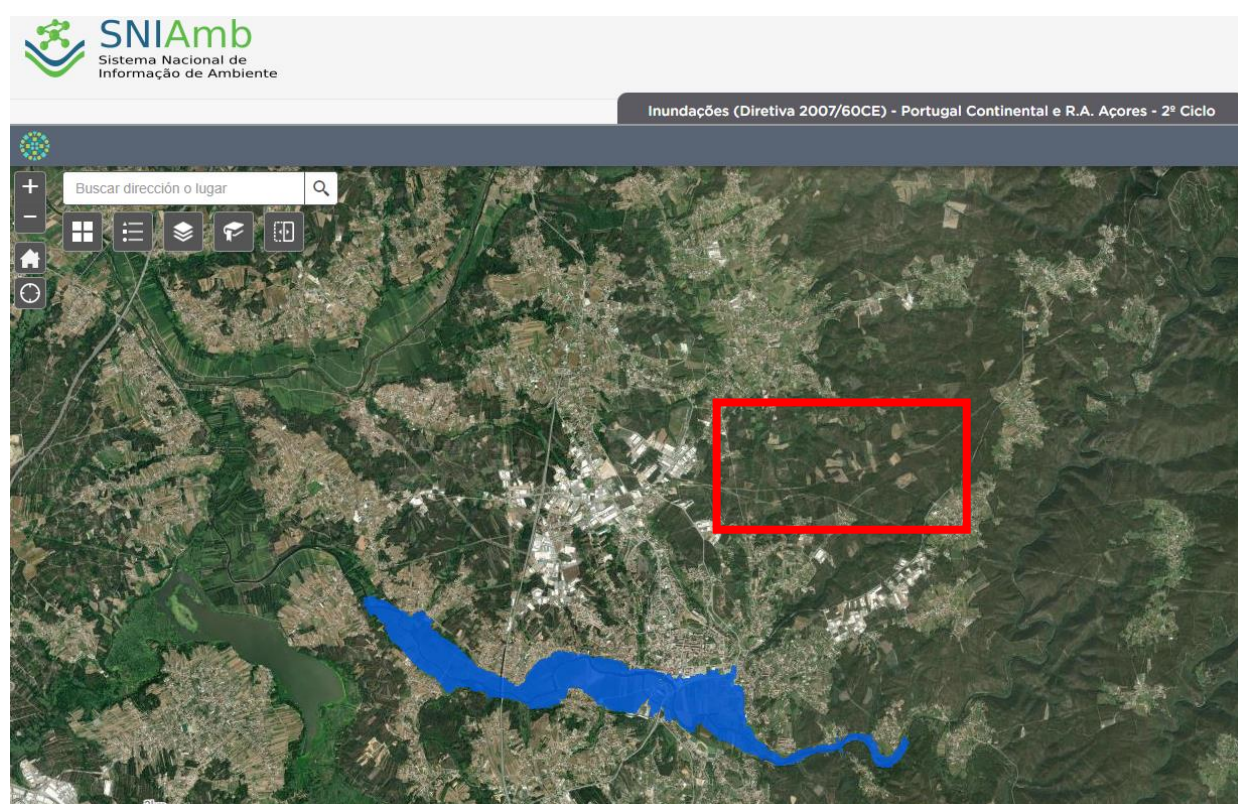


Ilustração 27. Visor SNI Amb, inundações (Directiva 2007/60CE). Portugal Continental e R.A. – 2º ciclo.

7.2.1. MODELO HIDRÁULICO

Foi seleccionado um modelo bidimensional para o estudo. O software de simulação hidráulica seleccionado é o IBER versão 3.1.

7.2.2. TOPOGRAFIA

A topografia utilizada para o estudo pormenorizado é fornecida pelo proponente. Realizado pela empresa Geolayer em Abril de 2023. Trata-se de um levantamento topográfico à escala 1/1000 no sistema de coordenadas ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG: 3763). Este sistema de coordenadas será utilizado no estudo

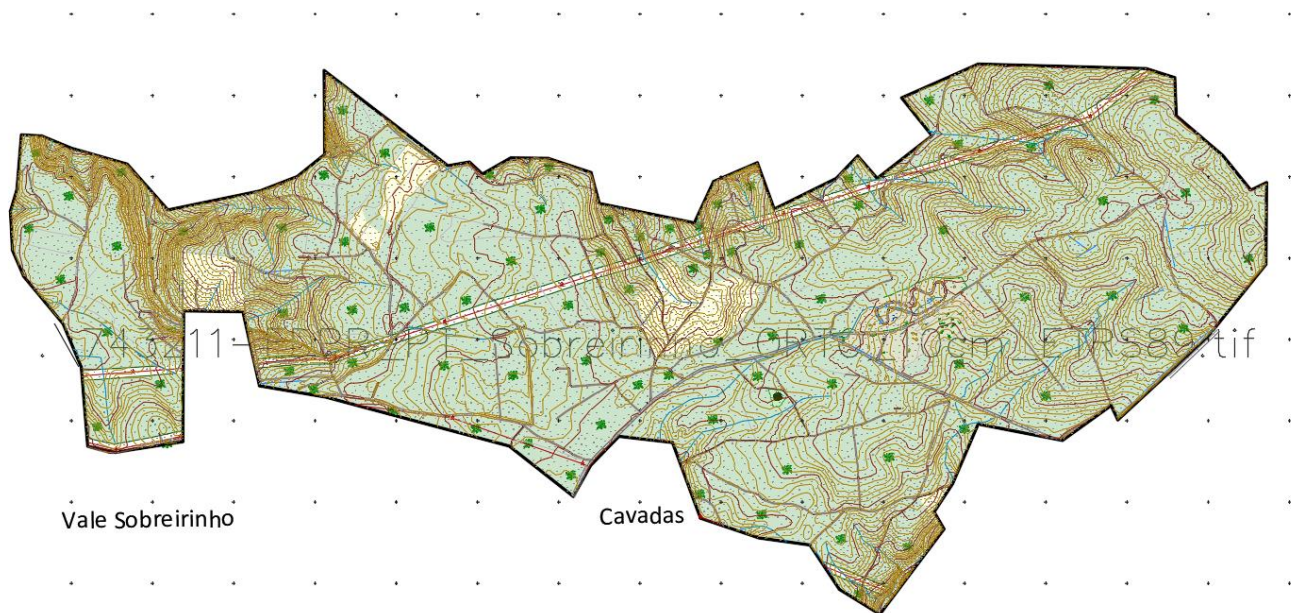


Ilustração 28. Topografia utilizada para a modelação hidráulica.

Para completar as áreas não cobertas por esta topografia, foi seleccionada a topografia SRTM Worldwide Elevation. Esta topografia é pouco detalhada, consistindo numa malha de 30 m.

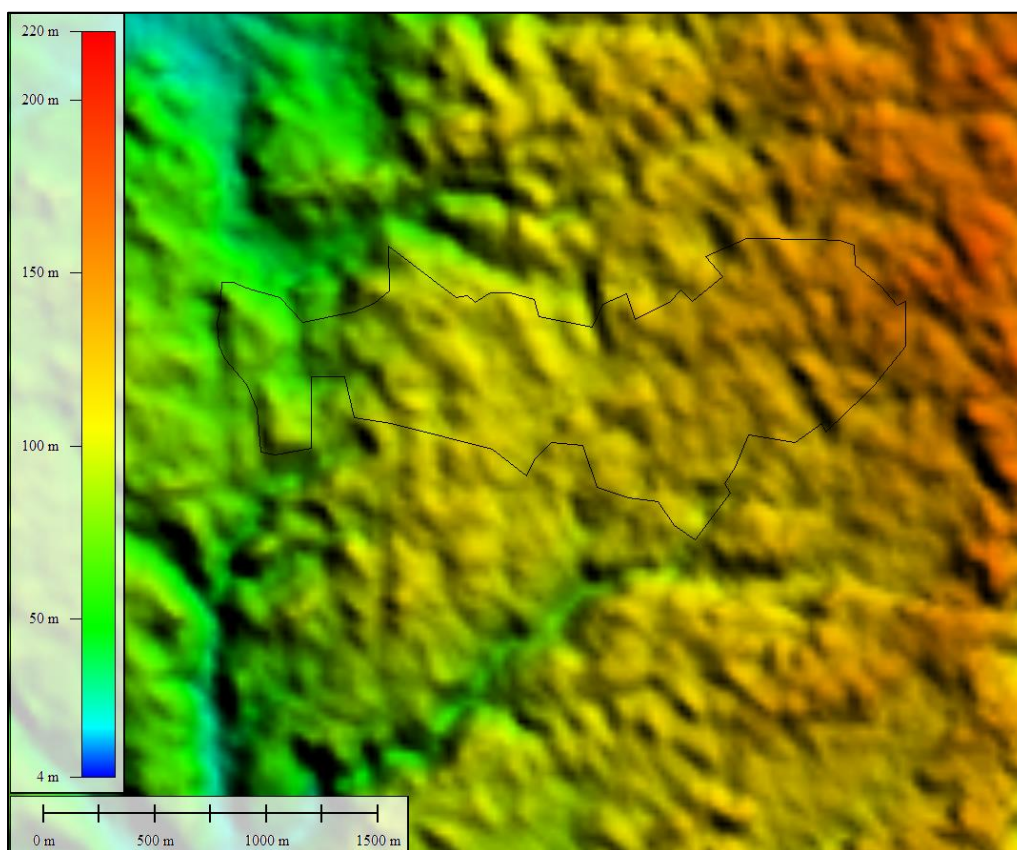


Ilustração 29. Mapa topográfico SRTM.

7.2.3.O MODELO IBER

O modelo IBER permite a modelação bidimensional de escoamentos livres em águas pouco profundas. O IBER é constituído por um módulo hidrodinâmico que permite a simulação bidimensional de cursos de água (e, portanto, permite a definição de zonas de inundação, a delimitação de vias de drenagem intensa ou, em geral, o zonamento do Domínio Público Hidráulico), um módulo de turbulência e um módulo de transporte de sólidos por arrastamento de fundo e em suspensão para a quantificação dos processos de erosão e sedimentação.

O módulo hidrodinâmico resolve as equações de águas pouco profundas com média de profundidade, também conhecidas como equações de águas pouco profundas 2D (2D-SWE) ou equações de Saint Venant bidimensionais.

Actualmente, os modelos numéricos baseados nas equações bidimensionais de águas pouco profundas são os mais utilizados em estudos de dinâmica fluvial e costeira, avaliação de zonas inundáveis e cálculos de transporte de sedimentos e poluentes.

Foram modelados os seguintes cenários:

- a. Caudal para a delimitação do leito fluvial.
- b. Caudal de 100 anos.

7.2.4. MODELAÇÃO HIDRÁULICA COM IBER

As etapas necessárias para o cálculo são as seguintes:

1. Criação ou importação de geometria.
2. Atribuição de condições de fronteira e iniciais.
3. Atribuir os parâmetros de entrada.
4. Opções gerais de cálculo.
5. Construção da grelha de cálculo.
6. Introdução das obras de passagem.
7. Calcular.

As etapas listadas acima estão incluídas no chamado pré-processo.

7.2.4.1. *GERAÇÃO DE GEOMETRIA*

A primeira coisa que foi feita correspondeu à definição de uma área de estudo. Isto é feito tendo em conta a morfologia do terreno, para que o escoamento nunca atinja o limite da geometria (antes de atingir o limite da simulação), e dando distâncias de entrada e saída suficientemente grandes para que, quando a inundação atinge a área de interesse, as condições de fronteira não tenham uma influência relevante sobre a mesma.

7.2.4.2. *ATRIBUIÇÃO DE CONDIÇÕES DE FRONTEIRA, CONDIÇÕES INICIAIS E TRABALHOS DE DRENAGEM TRANSVERSAL*

Condições de fronteira de entrada: Os hidrogramas de entrada calculados na secção de hidrologia foram introduzidos como condição de fronteira:

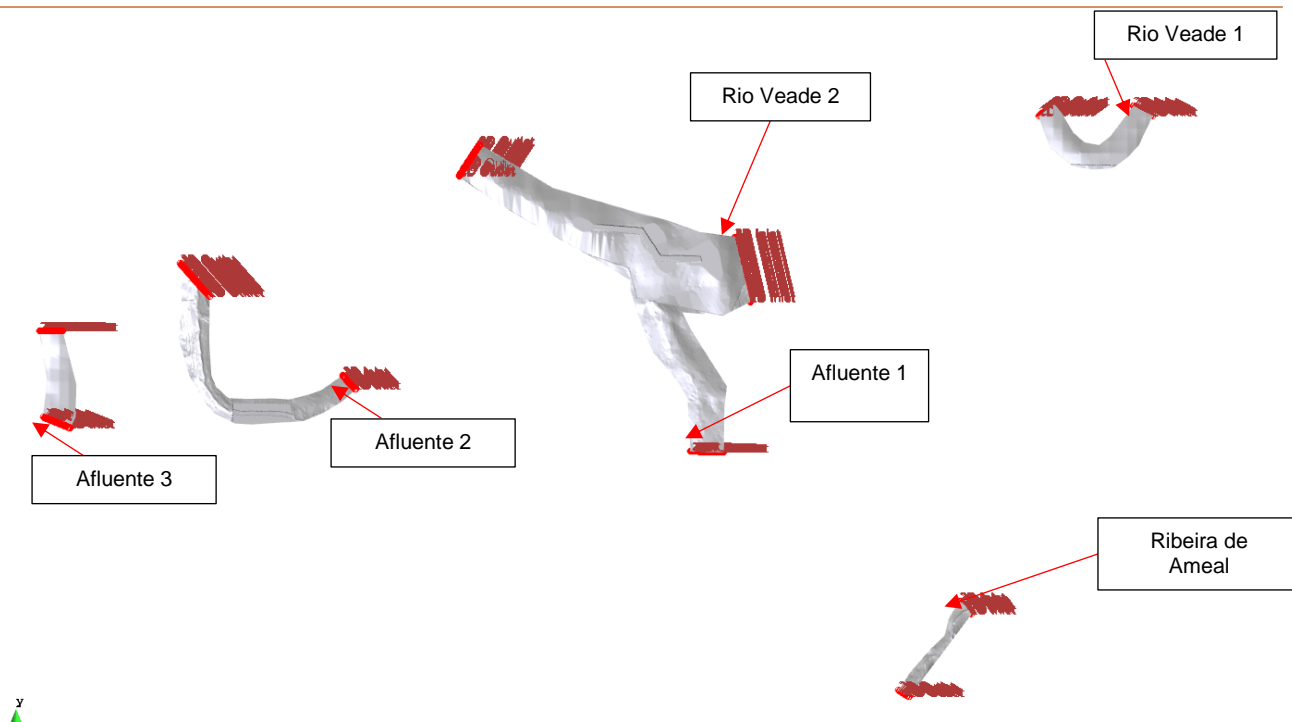


Ilustração 30. Entradas e saídas do modelo.

Condições de fronteira de saída: Condição de fluxo supercrítico/crítico. No limite de menor cota da área de estudo.

Condições iniciais: Devem ser atribuídas a todo o domínio. No nosso caso, foi atribuído um calado nulo a toda a geometria, o que corresponde ao estado seco inicial.

Obras de drenagem transversal: Não foram inventariadas obras de drenagem transversal nos troços estudados.

7.2.5. ATRIBUIÇÃO DE RUGOSIDADE (NÚMERO DE MANNING)

Os usos do solo foram delineados no ortofoto IGN "Máxima Actualidade".

Os valores de rugosidade de Manning foram extraídos do Anexo V "Valores do coeficiente de rugosidade de Manning atribuídos aos usos do solo SIOSE e CLC2000" do documento "**Guia metodológico para o desenvolvimento do sistema nacional de cartografia das zonas inundáveis**" publicado pelo Ministério do Ambiente e do Meio Rural e Marinho.

Foram definidas as seguintes utilizações:

| | Uso do solo | Número de Manning |
|--|--------------------|-------------------|
| | Bosque | 0.070 |
| | Cultivo de árvores | 0.060 |
| | Matagal | 0.055 |
| | Pastos | 0.035 |

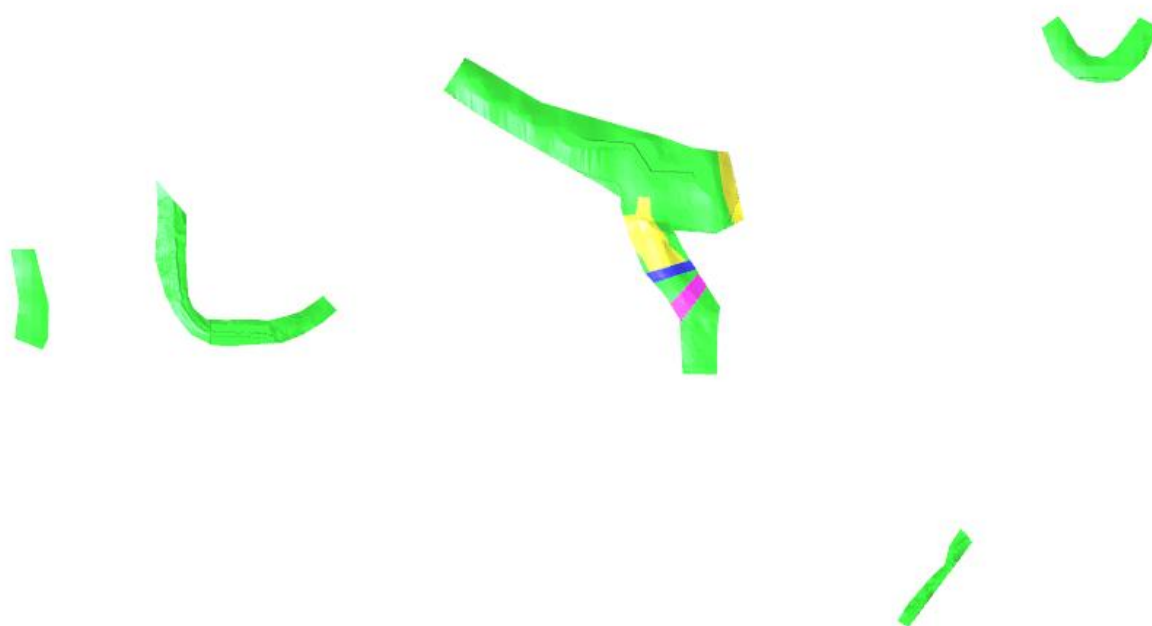


Ilustração 31. Mapa de rugosidades

7.2.6. GERAÇÃO DA GRELHA DE CÁLCULO

Os módulos IBER trabalham sobre uma malha de volumes finitos formada por elementos triangulares e/ou quadriláteros. A malha computacional é um elemento fundamental para obter bons resultados. O IBER oferece uma infinidade de formas de obter uma boa malha computacional e, dependendo das características do problema, um tipo de malha será melhor que outro.

O IBER pode trabalhar com elementos triangulares e quadriláteros, ou com malhas mistas de triângulos e quadriláteros, e pode ser regular ou irregular, bem como estruturado ou não estruturado.

Neste modelo, foi atribuído um tamanho de 1 m ao lado de cada triângulo que compõe o modelo. No total, o modelo é constituído por 560.578 elementos de cálculo.

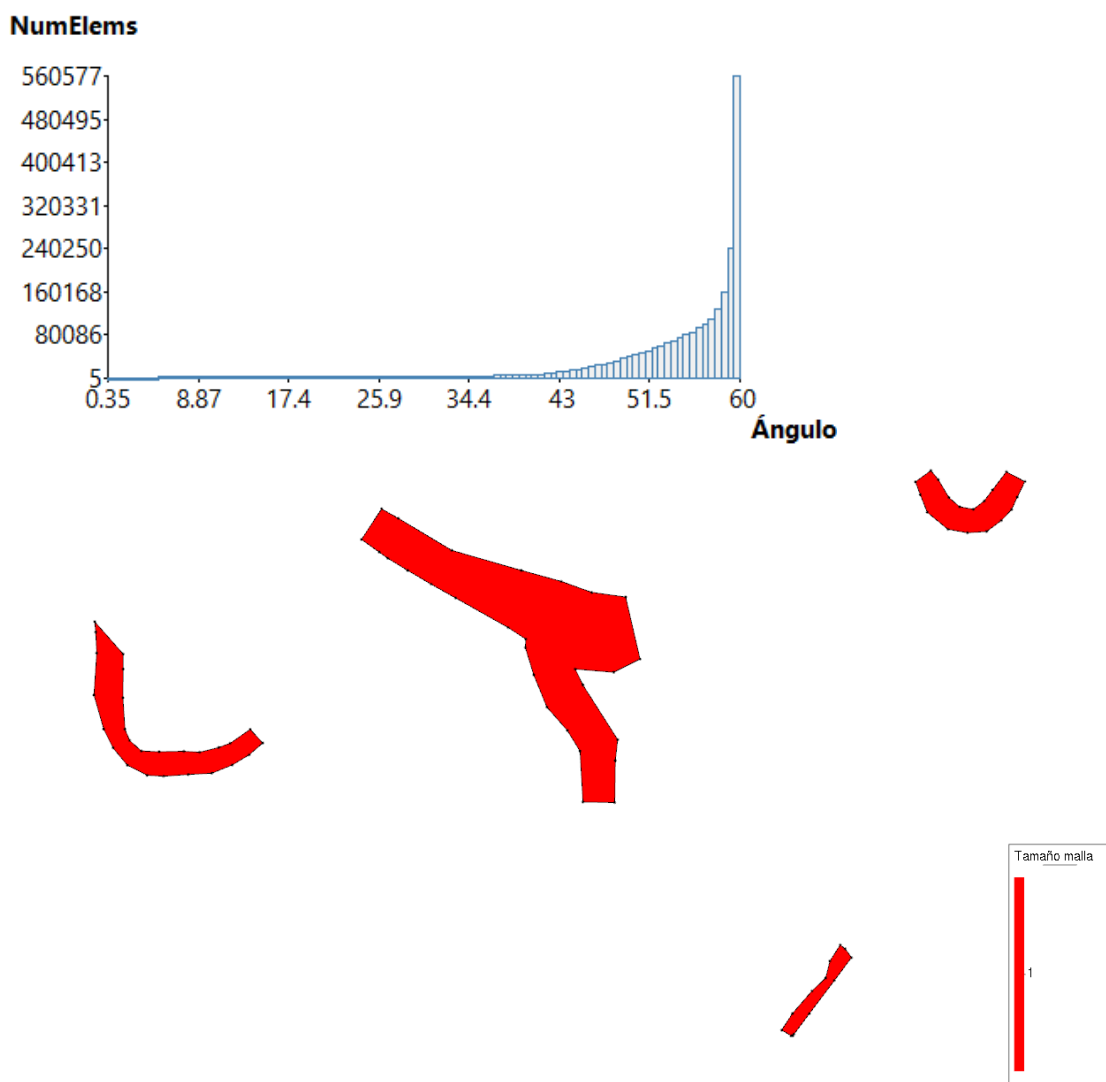


Ilustração 32. Tamanho de elemento da malha de 1 m para todo o modelo..

7.2.7. DADOS DE CÁLCULO

Os parâmetros que monitorizamos são os seguintes:

- Parâmetros de tempo:
 - Incremento de tempo máximo: Incremento de cálculo para satisfazer a condição de Courant.
 - Instante inicial: Valor do instante de tempo inicial do cálculo.
 - Tempo máximo de simulação: Valor do instante de tempo final do cálculo. Foi atribuído para termos a certeza de que o caudal máximo percorre todo o modelo.
 - Intervalo de resultados: Define o incremento de tempo entre os instantes de escrita de resultados.

| | |
|-------------------------------|-------|
| Momento inicial [s] | 0 |
| Tempo máximo de simulação [s] | 12000 |
| Intervalo de resultados [s] | 25 |

Tabela 5. *Parâmetros de tempo para as avenidas.*

- Geral:
 - Número de processadores.
 - Esquema numérico: Pode escolher entre esquemas numéricos de ordem 1 ou 2 para efectuar a discretização espacial.
 - CFL: Implica que o valor máximo da passagem de tempo utilizado para a integração temporal das equações é limitado pela seguinte relação:

$$\Delta t_{CFL} = CFL \frac{\Delta x}{U + \sqrt{g \cdot h}} \text{ con } CFL \leq 1$$

Em que Δx é a dimensão da malha de cálculo, U é a velocidade da água, g é a aceleração da gravidade, h é o calado e CFL é um parâmetro que deve ser menor ou igual a 1.

- Limite seco - húmido: define o limiar de calado acima do qual um elemento é considerado seco.
- Método de secagem: refere-se ao algoritmo utilizado quando um elemento deixa de ter um valor de calado superior ao limite seco-molhado para um valor inferior.
- Condição de Courant estrita: Regula a forma de definir o tamanho de um elemento incremental de x utilizando a equação CFL. É recomendada para malhas com elementos muito irregulares, por exemplo, quando se utiliza um TIN.
- Atrito das paredes: Controlamos a forma como é considerado o atrito que os contornos fechados do modelo (paredes) exercem sobre a água. Este atrito será tanto maior quanto mais rugoso for o contorno e quanto maior for a velocidade da água nas proximidades do contorno.

| Parâmetro | Valor |
|---|------------------------|
| Esquema Numérico | 1ª Ordem [Rápido] |
| CFL | 0,45 |
| Incremento de tempo máximo [s] | 1 |
| Limite Seco-Molhado [m] | 0,001 |
| Opções gerais | Mostrar |
| Viscosidade molecular [m ² /s] | 0,000001 |
| Condição de Courant Estrita | Desativada |
| Atrito nas paredes | Coeficiente de Manning |
| Manning parede | 0,015 |

Tabela 6. *Opções gerais de cálculo seleccionadas.*

- Turbulência: Não foi considerada turbulência no modelo.

- Trajecto de drenagem intensa: Apenas no período de retorno de 100 anos para o cálculo da Zona de Fluxo Preferencial.

7.2.4.RESULTADOS

Uma vez concluídos os cálculos, acede-se ao pós-processamento para visualizar os resultados. Os resultados, para cada um dos períodos de retorno, que consideramos serem os mais relevantes para o objectivo do estudo, são os seguintes:

- "Calado" / "profundidade do fluxo ou nível da água".
- Velocidade.

PERIODO DE RETORNO 10 ANOS

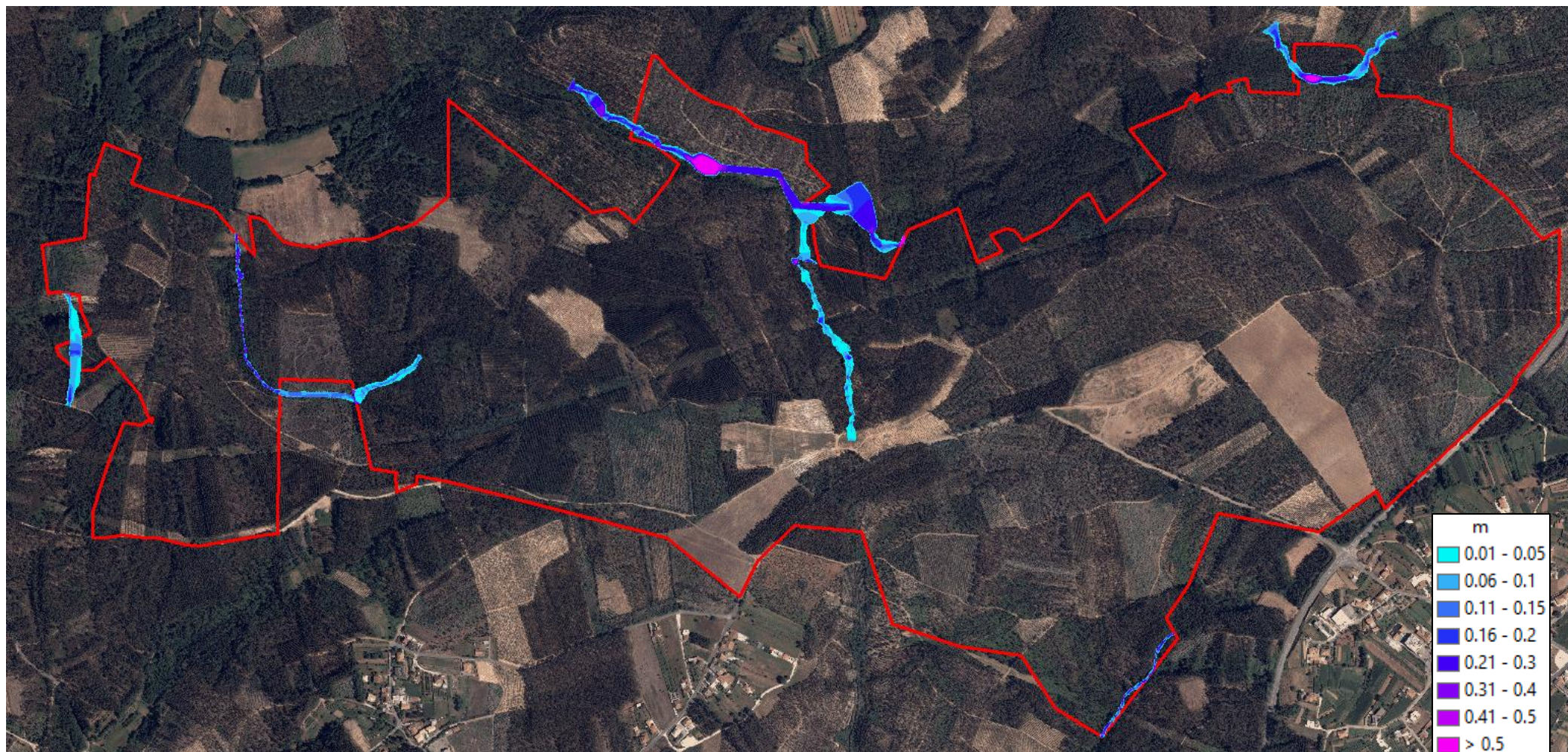
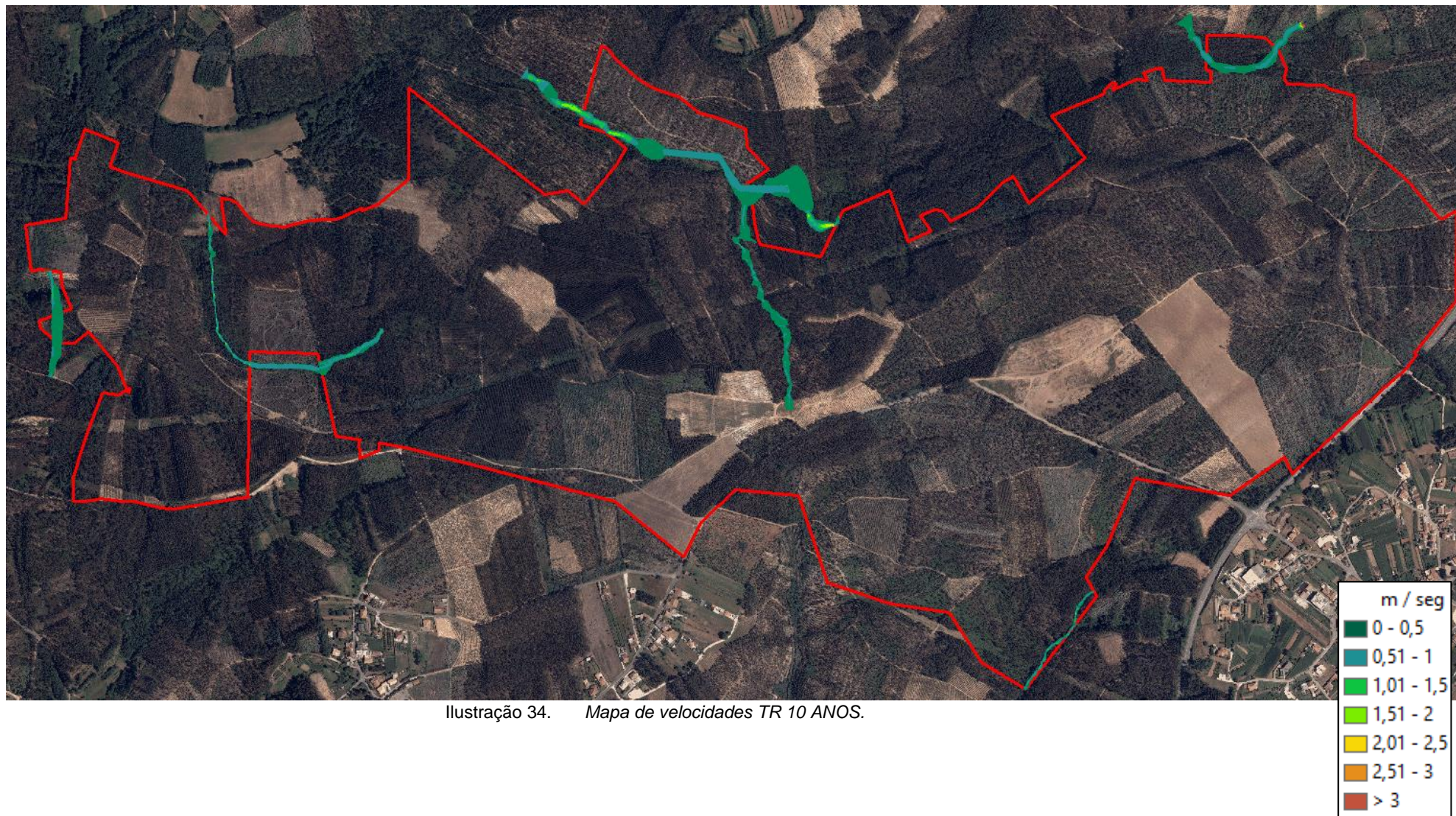


Ilustração 33. Mapa de "calados" / "profundidade do fluxo ou nível da água" TR 10 anos.



PERIODO DE RETORNO 100 ANOS

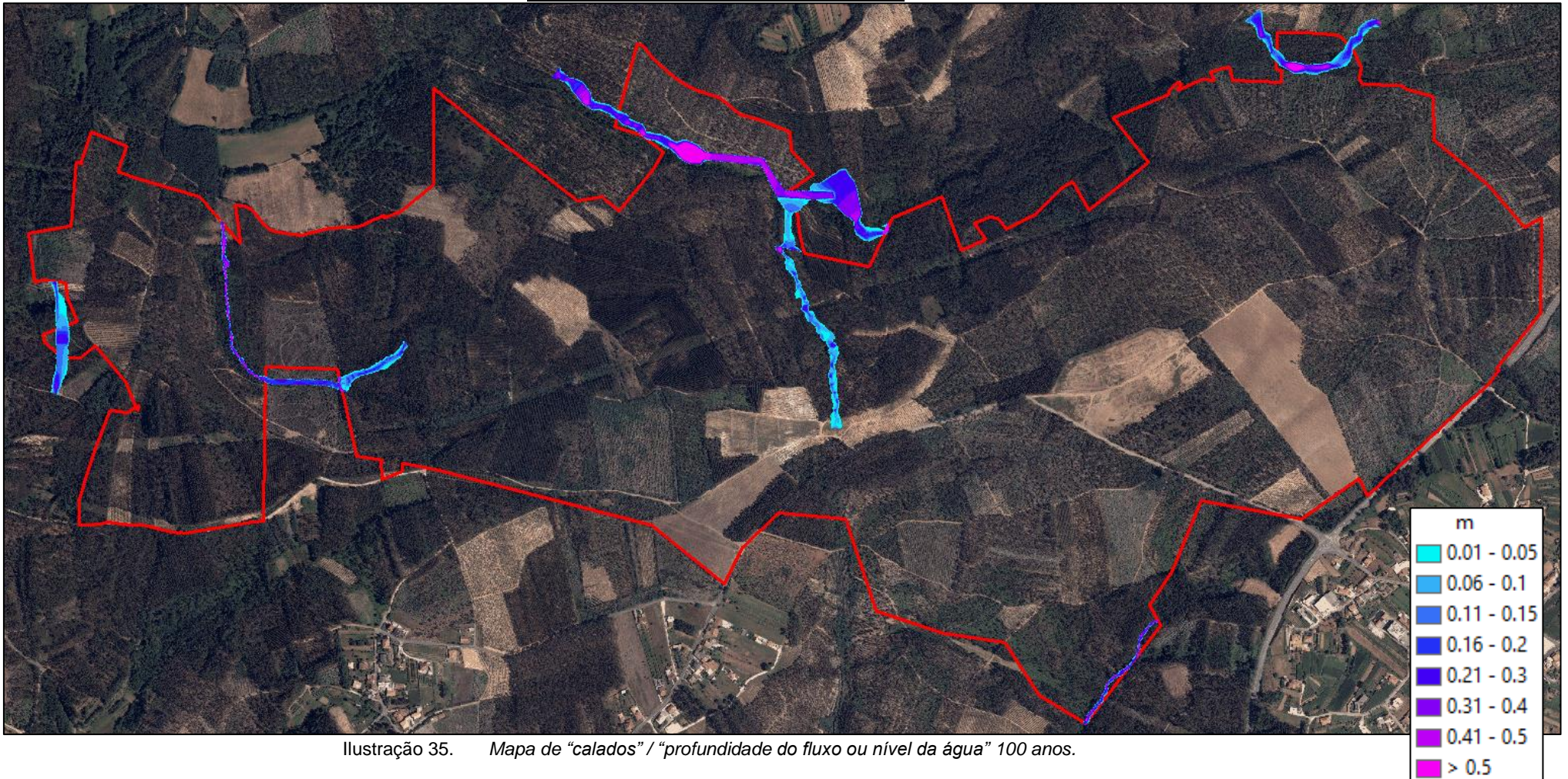


Ilustração 35. Mapa de "calados" / "profundidade do fluxo ou nível da água" 100 anos.

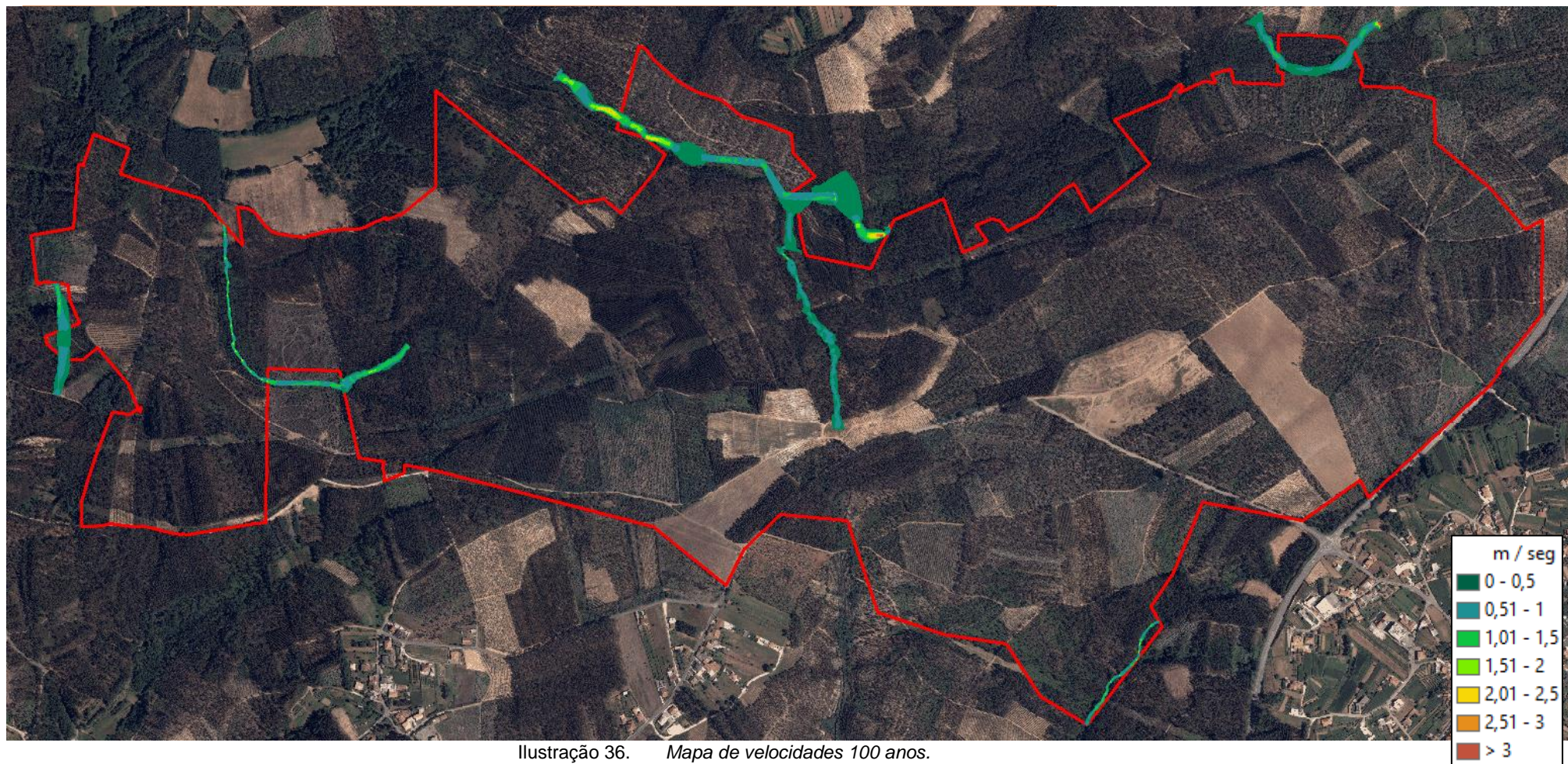


Ilustração 36. Mapa de velocidades 100 anos.

7.3. DOMÍNIO PÚBLICO FLUVIAL E MARGENS

Uma vez concluído o modelo, é feita a proposta para o domínio público fluvial. Nesta proposta são tidos em consideração outros factores como a vegetação ribeirinha, as formas geo-morfológicas e as modificações antropogénicas.

De referir ainda que a delimitação é apenas para o projecto fotovoltaico, pelo que, embora tenha sido feita segundo uma metodologia técnica, não se pretende que sirva de limite ao leito.

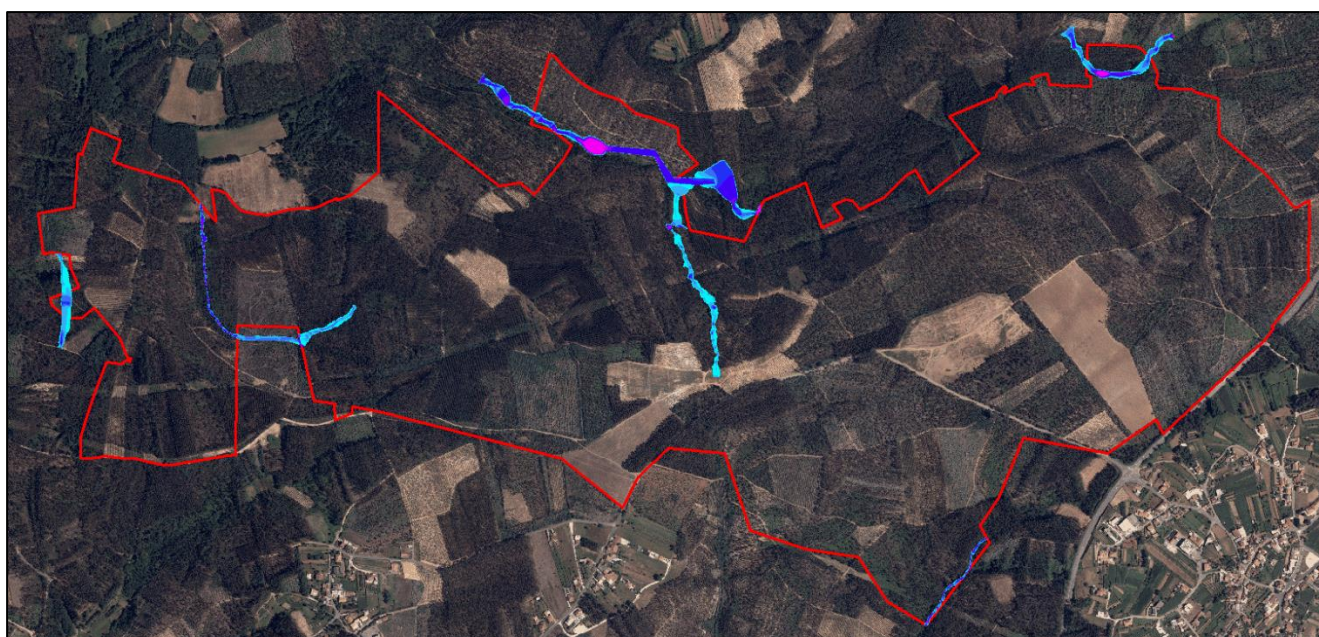


Ilustração 37. Inundação correspondente à cheia de 10 anos.

DELIMITAÇÃO DO DOMÍNIO PÚBLICO FLUVIAL.

RIO VEADE 1

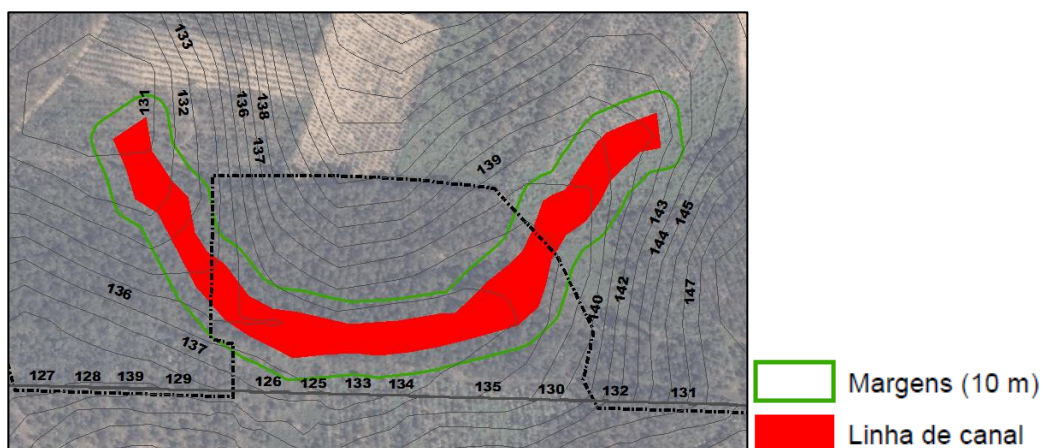


Ilustração 38. Delimitação do domínio público do primeiro troço do rio Veade

RIO VEADE 2 E AFLUENTE

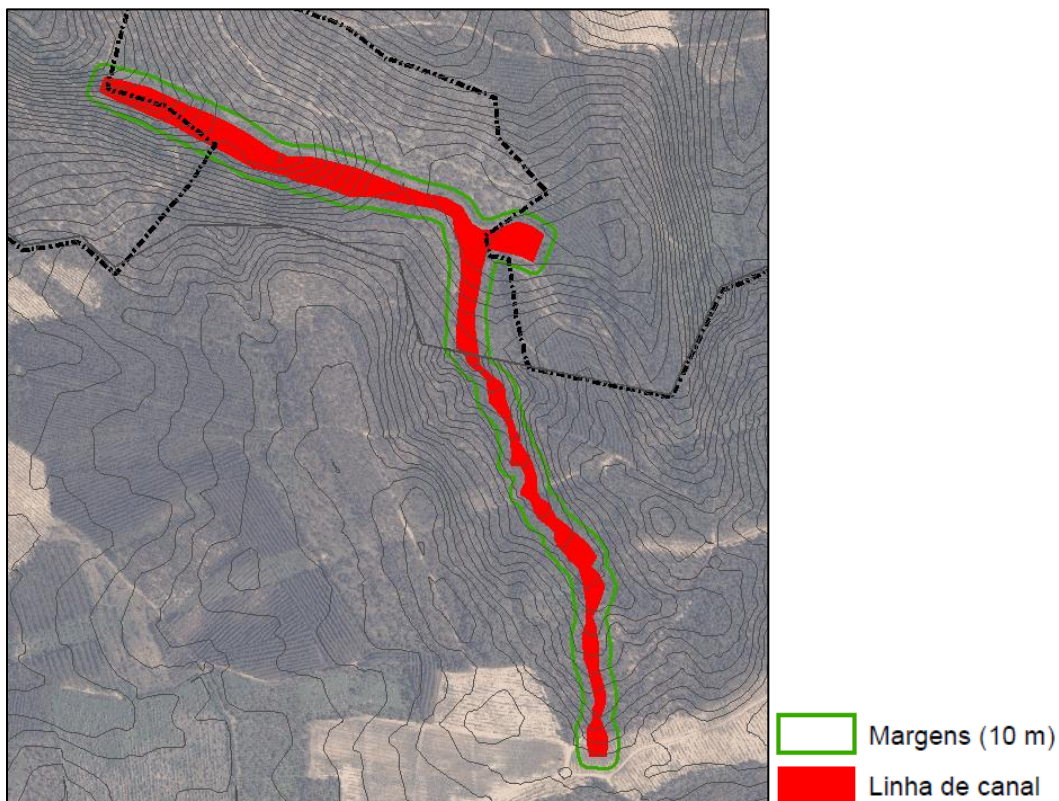


Ilustração 39. *Delimitação do domínio público do segundo troço do rio Veade e afluente 1. Dada a falta de precisão da topografia no exterior da zona, a delimitação foi efectuada com base na vegetação ribeirinha.*

AFLUENTES 2 E 3 DO RIO VEADE

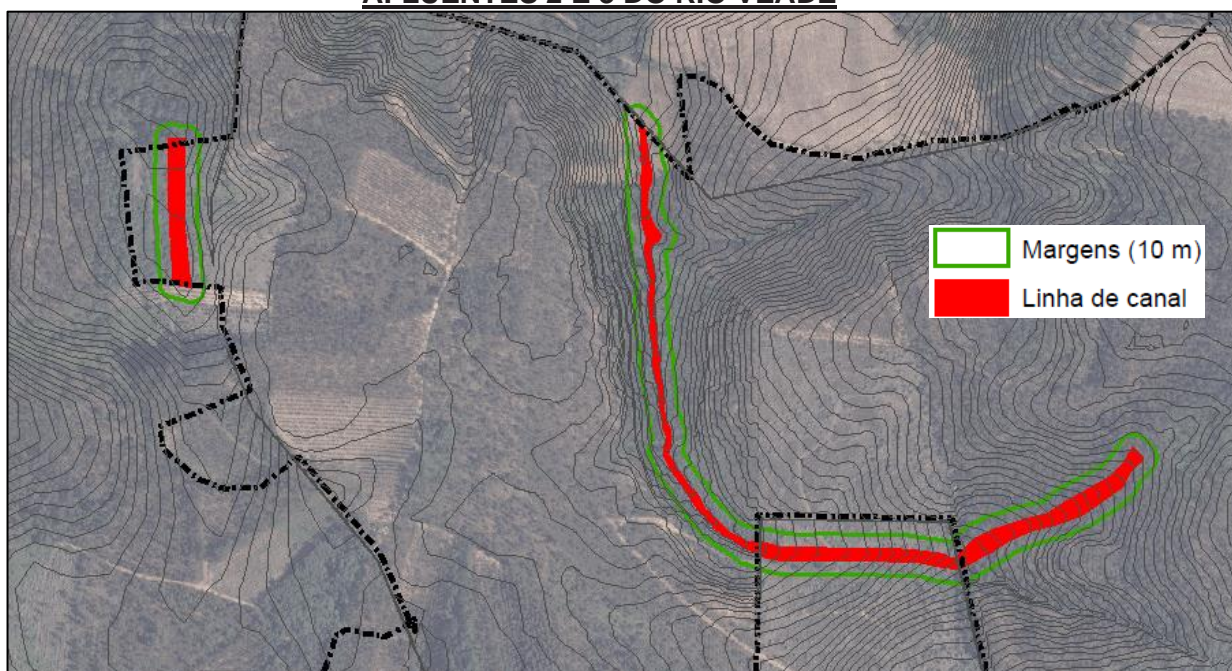


Ilustração 40. *Delimitação do domínio público dos afluentes 2 e 3. Para a delimitação do afluente 3, como a topografia não era coerente, principalmente devido à vegetação alta, a largura da cheia foi avaliada a montante e continuada a jusante.*

RIBEIRA DO AMEAL

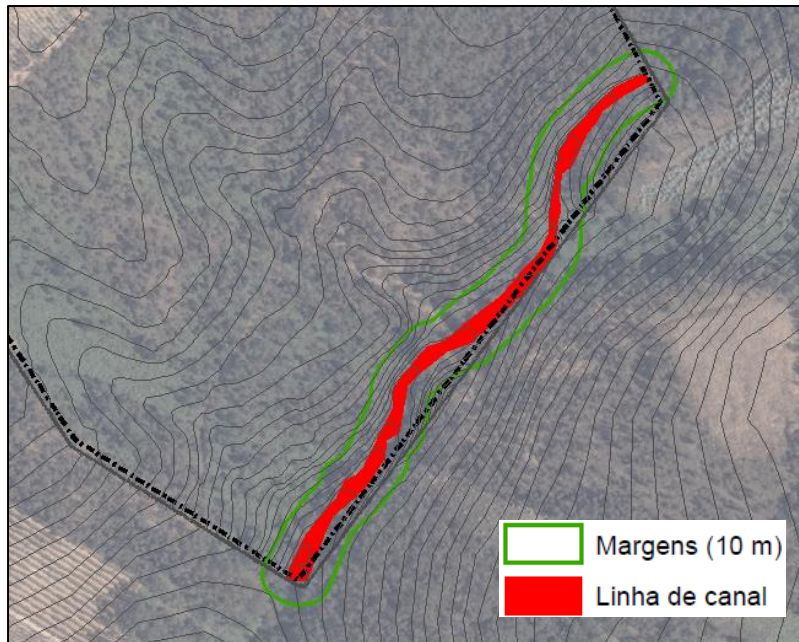


Ilustração 41. *Delimitação do domínio público do leito da Ribeira do Ameal. Todo o troço está incluído na topografia realizada para o projecto, pelo que se seleccionou a cheia correspondente para a sua delimitação.*

7.4. ZONAS ADJACENTES

De acordo com o ponto a), Seção III do Decreto-Lei nº 166/2008, de 22 de Agosto, onde se regulam as áreas adjacentes dentro do marco da Reserva Ecológica Nacional (REN), passamos a delimitá-las.

Artigo 4.º

Áreas integradas na REN

1 - Os objetivos referidos no n.º 3 do artigo 2.º são prosseguidos mediante a integração na REN de áreas de proteção do litoral, de áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre e de áreas de prevenção de riscos naturais, a delimitar nos termos do capítulo II do presente decreto-lei.

2 - As áreas de proteção do litoral são integradas de acordo com as seguintes tipologias:

a) *Faixa marítima de proteção costeira;*

b) *Praias;*

c) *Barreiras detríticas;*

d) *Tômbolos;*

e) *Sapais;*

f) *Ilhéus e rochedos emersos no mar;*

g) *Dunas costeiras e dunas fósseis;*

h) *Arribas e respetivas faixas de proteção;*

i) *Faixa terrestre de proteção costeira;*

j) *Águas de transição e respetivos leitos, margens e faixas de proteção;*

l) *(Revogada.)*

3 - *As áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre são integradas de acordo com as seguintes tipologias:*

a) *Cursos de água e respetivos leitos e margens;*

b) *Lagoas e lagos e respetivos leitos, margens e faixas de proteção;*

c) *Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção;*

d) *Áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos.*

4 - *As áreas de prevenção de riscos naturais são integradas de acordo com as seguintes tipologias:*

a) Zonas adjacentes;

b) *Zonas ameaçadas pelo mar;*

c) *Zonas ameaçadas pelas cheias;*

d) *Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo;*

e) *Áreas de instabilidade de vertentes.*

Estas zonas adjacentes são definidas no Artigo 24 da Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro.

Zonas Adjacentes

De acordo com o Artigo 24 da Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro:

1 - Entende-se por zona adjacente às águas públicas toda a área contígua à margem que como tal seja classificada por se encontrar ameaçada pelo mar ou pelas cheias.

2 - As zonas adjacentes estendem-se desde o limite da margem até uma linha convencional definida para cada caso no diploma de classificação, que corresponde à linha alcançada pela maior cheia, com período de retorno de 100 anos, ou à maior cheia conhecida, no caso de não existirem dados que permitam identificar a anterior.

3 - As zonas adjacentes mantêm-se sobre propriedade privada ainda que sujeitas à restrições de utilidade pública.

4 – A carga real resultante da classificação de uma área como zona adjacente está sujeita a registo, nos termos e para efeitos do Código do Registo da Propriedade.

5 – Nas comunidades autónomas, se a linha limite do leito coincide com uma estrada regional ou municipal, a zona adjacente estende-se desde o limite do leito até à linha convencional definida no decreto de classificação.

Seguindo as pautas da delimitação, não possuindo dados sobre a maior cheia conhecida, neste ponto se realiza a delimitação para a avenida de 100 años.

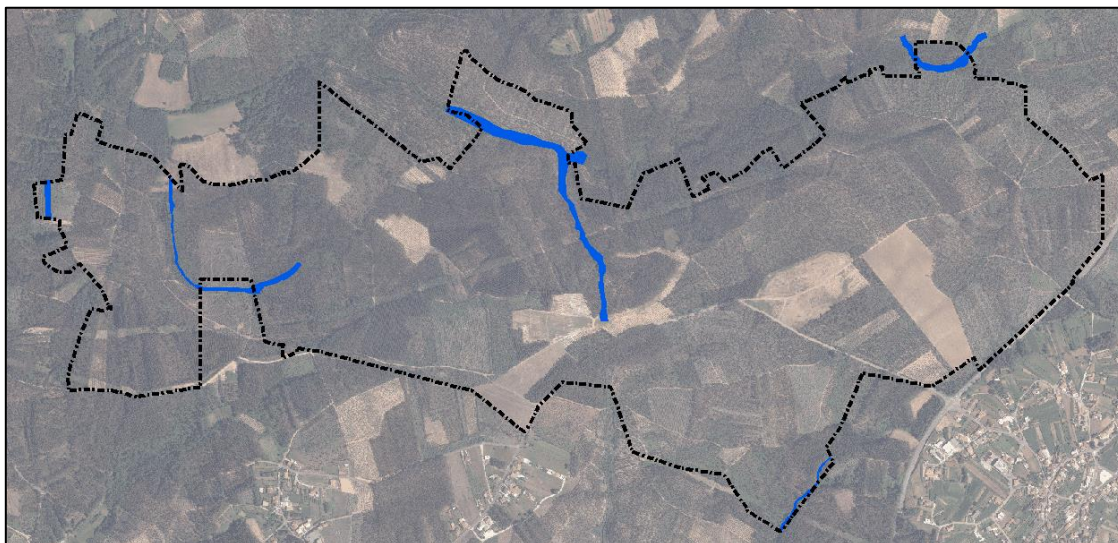


Ilustração 42. *Delimitação de zonas adjacentes.*

7.5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Aplicando as limitações aplicáveis no âmbito da legislação relativa à água, são tiradas as seguintes conclusões:

- O Domínio Público Fluvial só pode ser ocupado por elementos de atravessamento, cablagem ou redes viárias.
- As instalações e as vedações devem estar sempre localizadas fora das zonas adjacentes.
- Nas zonas adjacentes é proibido:
 - a) *Destruição do coberto vegetal ou alteração do relevo natural, com excepção da prática de culturas tradicionalmente integradas nas explorações agrícolas.*
 - b) *Instalar lixeiras, aterros, parques de sucata ou quaisquer outras instalações de armazenamento de materiais;*
 - c) *Realizar construções, construir edifícios, ou efectuar obras que possam constituir um obstáculo à livre passagem das águas;*
 - d) *Dividir a propriedade em áreas inferiores à unidade mínima de cultura.*

8. ELEMENTOS DO PROJECTO

Como elementos genéricos prévios à concepção final da instalação, são propostos os seguintes elementos do projecto para evitar afectar o regime de correntes:

8.1. TRAVESSIAS DE LEITOS DE ÁGUA PÚBLICOS POR MEIO DE VAUS DE CHEIA

A fim de dar continuidade aos leitos e caminhos dos cursos de água que atravessam as estradas, propõe-se a realização de um aterro de inundação com um gradeamento e um enrocamento de protecção. Estes adaptam-se ao terreno e permitem a continuidade dos leitos sem modificar as suas características hidráulicas.

Propõe-se a seguinte secção de modelos:

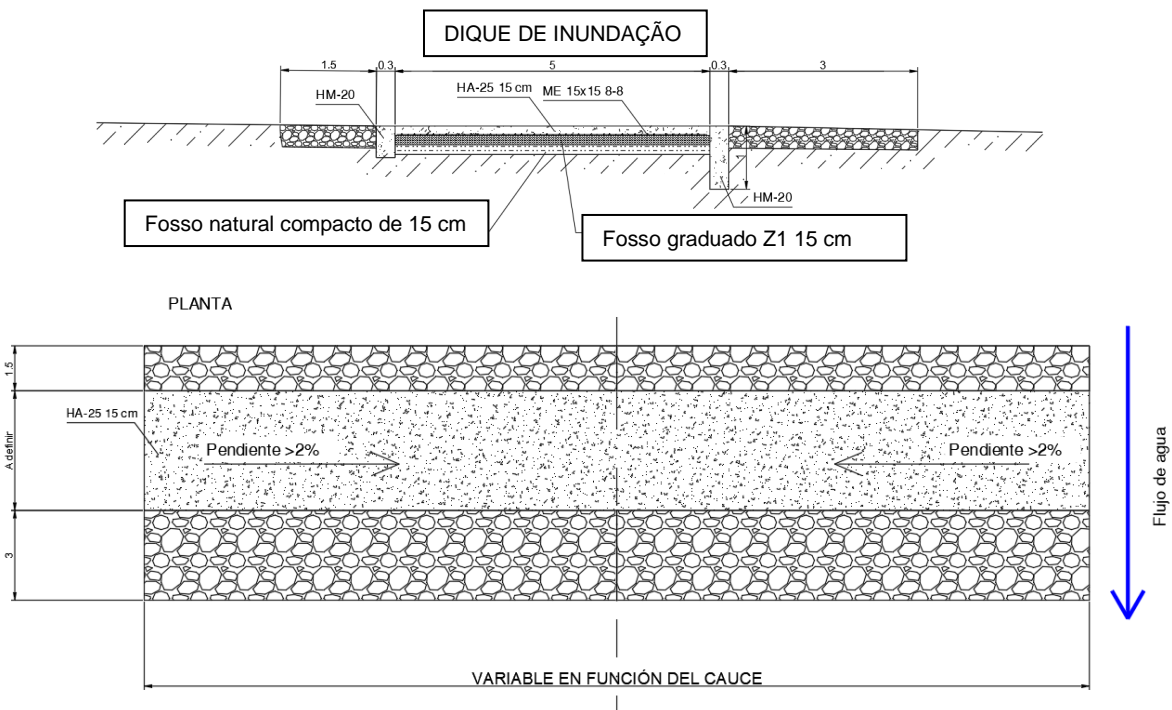


Ilustração 43. Secções do tipo vau inundadas

Devem ter as seguintes características:

- Estas serão adaptadas ao terreno e não implicarão qualquer modificação do curso do leito ou alteração do perfil do leito fluvial.
- Deve ser executado perpendicularmente ao leito.
- A espessura máxima da laje é de 20 cm.
- Devem estar equipadas com um gradeamento e um enrocamento de protecção para evitar o deslizamento da laje.
- Devem ser executadas em zonas sem vegetação de ribeira.

- O comprimento da zona inundável deve ser suficiente para drenar pelo menos a cheia correspondente à cheia máxima ordinária.

8.2. ELEMENTOS DE DRENAGEM LONGITUDINAL

São os elementos que canalizam as águas que interceptam as estradas para as obras de drenagem transversal. Estarão situados em todas as estradas e encaminharão a água para os vaus ou para o exterior da instalação.

Isto proporcionará permeabilidade ao projecto, a fim de evitar afectar o regime de correntes e acumulação.

São propostas as seguintes recomendações para o cálculo e a concepção:

- Propõe-se um período de retorno de 25 anos para o cálculo dos caudais. Se necessário, pode ser aumentado para 50 ou 100 anos.
- A secção proposta não deve exceder 80% do calado máximo para o período de retorno considerado.
- Para maior segurança e menor manutenção, recomenda-se que sejam revestidos de betão. A espessura da camada de betão deve ser de, pelo menos, 10 cm.
- A velocidade das valas de betão deve situar-se entre 0,5 e 4,5 m/s. Isto limita a sedimentação e a erosão. Se a velocidade for superior a 4,5 m/s, devem ser instalados elementos de atenuação da velocidade.
- Na entrada e na saída das valas, recomenda-se a protecção do leito com um material de drenagem espesso tipo "rip-rap".

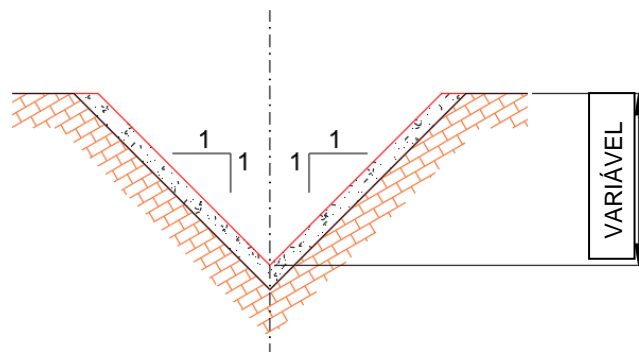


Ilustração 44. Secção normalizada, vala triangular.

8.3. CRUZAMENTOS DE CABOS

De forma a minimizar a ocupação do domínio público hídrico, recomenda-se a sobreposição de travessias de estradas e de cabos.

Os cruzamentos de cabos devem ser concebidos com as seguintes características:

- A profundidade entre a geratriz superior do tubo de Maior cota e o leito do curso de água ou da laje da zona inundável deve ser de, pelo menos, 1,50 m.
- A presença da conduta deve ser assinalada por meio de uma faixa de sinalização.
- Devem ser colocadas duas caixas de visita na zona de policia, no limite exterior da zona de servidão de cada ribeiro ou rio, com elementos de corte.
- A secção-tipo será basicamente a indicada no esquema em anexo, ou seja: colocação da conduta dentro de outra conduta de Maior secção e embebida em betão maciço, com uma espessura mínima de 50 cm, na geratriz exterior do nível de Maior cota da conduta, preenchendo o restante com material seleccionado da escavação.

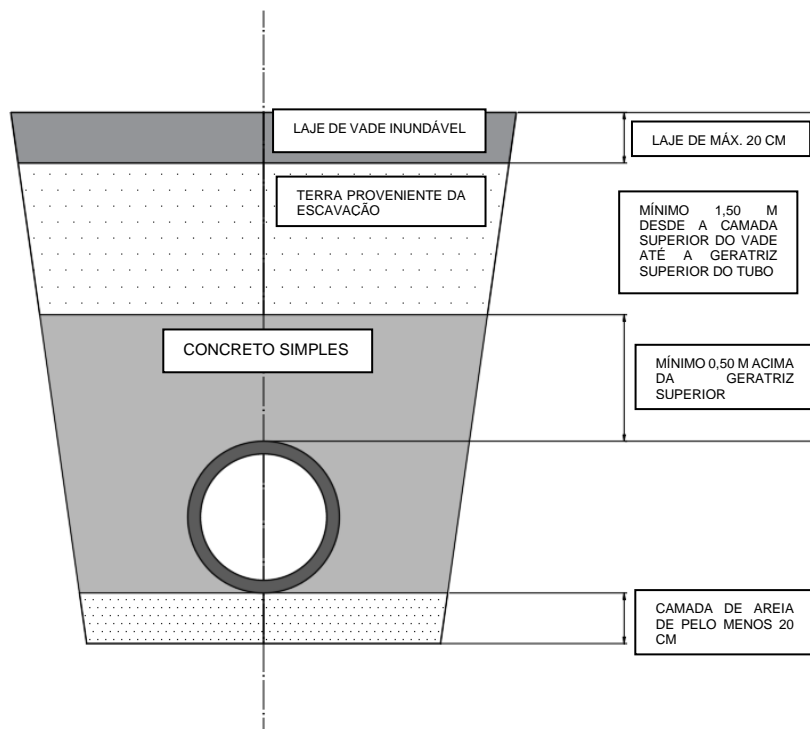


Ilustração 45. Secção transversal típica de cablagem no domínio público.

8.4. VEDAÇÃO DO PERÍMETRO

Está prevista uma vedação perimetral para cada uma das ilhas a formar. As características da vedação serão as seguintes:

- Deve respeitar a zona adjacente ao longo de todo o percurso.
- Será permeável. Executada com malha tripla torcida ancorada ao solo com postes, directamente no solo.

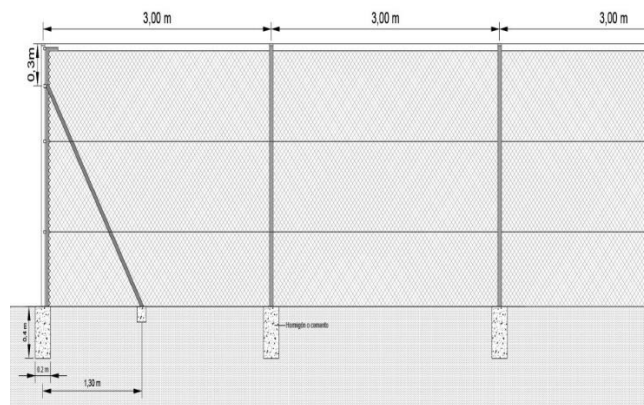


Ilustração 46. Secção típica de vedação.

9. REDE DE DRENAGEM E ANÁLISE DO ESCOAMENTO DO CAMINHO DOS CURSOS DE ÁGUA.

Neste ponto, a rede de drenagem e as bacias associadas que afectam a área do projecto serão delimitadas e caracterizadas.

O principal objectivo deste ponto é obter um plano de risco de inundação que, uma vez determinadas as zonas a excluir do projecto, permita localizar com segurança as instalações. Propõe-se o cálculo das inundações para períodos de retorno de 35 e 100 anos.

Com base na topografia fornecida, onde estão representados os cursos de água, e com os cursos de água analisados na secção anterior, definiram-se os cursos de água que drenam a precipitação na zona. Estes cursos de água coincidem com os que constam da Carta Militar.

A rede de drenagem obtida é a seguinte:

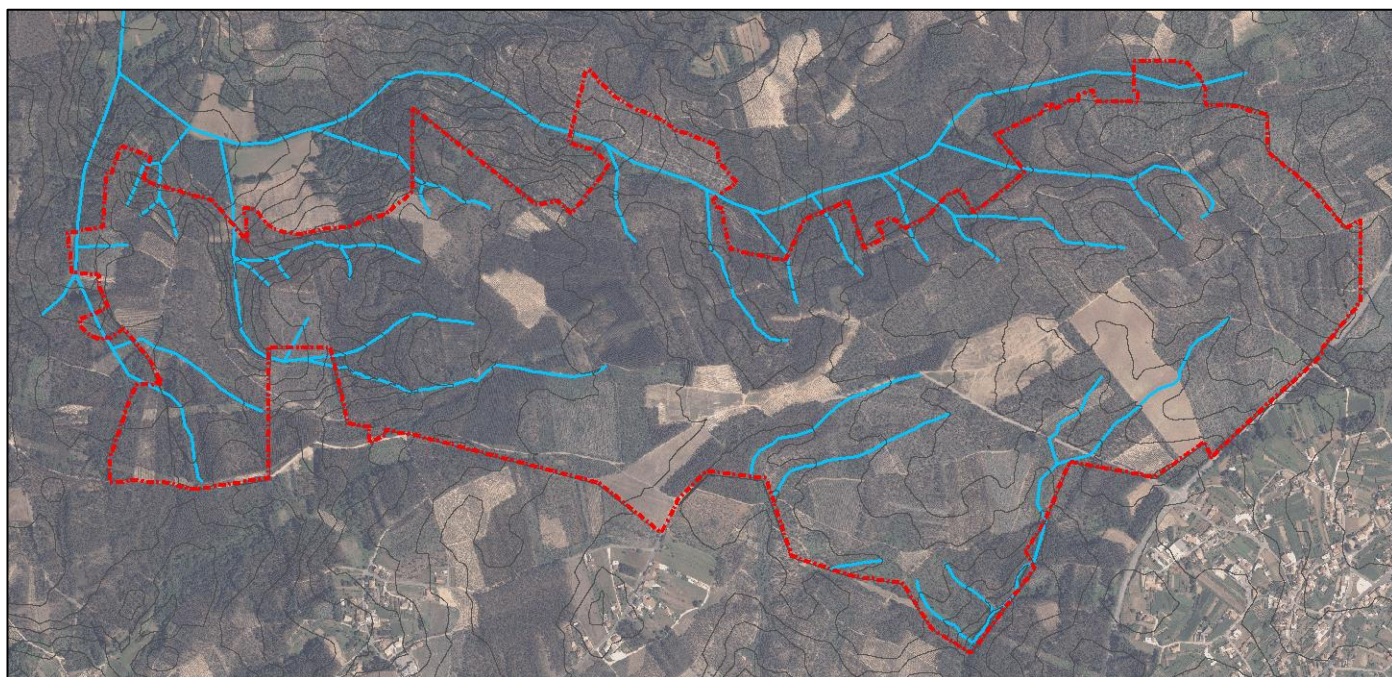


Ilustração 47. Rede de drenagem. A rede secundária está representada em azul turquesa. Não existem cursos de água públicos nos limites da instalação..

9.1. CÁLCULO DOS CAUDAIS DO CAMINHO DOS CURSOS DE ÁGUA

O método racional foi utilizado para a determinação dos caudais. Aplicável a bacias hidrográficas com uma área inferior a 50 km² e 6 horas de tempo de concentração.

Este método foi desenvolvido na secção hidrológica relativa à determinação dos cursos de água da entidade, pelo que nesta secção faremos um resumo do processo e mostraremos os resultados obtidos:

CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS VERTENTES DE CADA CURSO DE ÁGUA

| BACIA | ÁREA | COMPRIMENTO | ELEVAÇÕES | | DESNÍVEL | DECLIVE |
|-------|-------------------|-------------|-----------|----------|----------|---------|
| | (m ²) | | (m) | Máx. (m) | | |
| 01-1 | 102,190 | 714.00 | 158 | 123 | 35.00 | 0.0490 |
| 01-2 | 59,856 | 532.00 | 140 | 114 | 26.00 | 0.0489 |
| 02-1 | 59,442 | 623.00 | 140 | 107 | 33.00 | 0.0530 |
| 02-2 | 44,641 | 336.00 | 127 | 105 | 22.00 | 0.0655 |
| 03 | 13,032 | 198.00 | 118 | 107 | 11.00 | 0.0556 |
| 04 | 38,131 | 376.00 | 118 | 91 | 27.00 | 0.0718 |
| 05 | 20,254 | 228.00 | 110 | 93 | 17.00 | 0.0746 |
| 06 | 109,504 | 575.00 | 115 | 88 | 27.00 | 0.0470 |
| 07 | 10,734 | 196.00 | 105 | 94 | 11.00 | 0.0561 |
| 08-1 | 75,497 | 636.00 | 105 | 80 | 25.00 | 0.0393 |

| BACIA | ÁREA | COMPRIMENTO | ELEVAÇÕES | | DESNÍVEL | DECLIVE |
|-------|-------------------|-------------|-----------|----------|----------|---------|
| | (m ²) | (m) | Máx. (m) | Mín. (m) | (m) | (m/m) |
| 08-2 | 11,674 | 220.00 | 92 | 73 | 19.00 | 0.0864 |
| 09-1 | 79,802 | 857.00 | 99 | 47 | 52.00 | 0.0607 |
| 09-2 | 13,953 | 203.00 | 90 | 70 | 20.00 | 0.0985 |
| 09-3 | 4,860 | 130.00 | 77 | 56 | 21.00 | 0.1615 |
| 09-4 | 4,205 | 131.00 | 71 | 49 | 22.00 | 0.1679 |
| 09-5 | 447,565 | 1340.00 | 107 | 49 | 58.00 | 0.0433 |
| 09-6 | 17,400 | 212.00 | 80 | 64 | 16.00 | 0.0755 |
| 09-7 | 108,590 | 904.00 | 107 | 67 | 40.00 | 0.0442 |
| 09-8 | 242,448 | 967.00 | 108 | 67 | 41.00 | 0.0424 |
| 10-1 | 15,867 | 222.00 | 68 | 52 | 16.00 | 0.0721 |
| 10-2 | 3,907 | 126.00 | 66 | 48 | 18.00 | 0.1429 |
| 11 | 5,526 | 106.00 | 66 | 46 | 20.00 | 0.1887 |
| 12 | 15,252 | 166.00 | 66 | 57 | 9.00 | 0.0542 |
| 13 | 79,726 | 382.00 | 78 | 64 | 14.00 | 0.0366 |
| 14 | 171,066 | 1151.00 | 138 | 100 | 38.00 | 0.0330 |
| 15 | 75,958 | 657.00 | 120 | 98 | 22.00 | 0.0335 |
| 16 | 46,482 | 388.00 | 117 | 101 | 16.00 | 0.0412 |
| 17-1 | 17,636 | 266.00 | 107 | 87 | 20.00 | 0.0752 |
| 17-2 | 23,131 | 334.00 | 117 | 92 | 25.00 | 0.0749 |
| 17-3 | 391,344 | 1298.00 | 140 | 84 | 56.00 | 0.0431 |
| 17-4 | 102,195 | 526.00 | 139 | 110 | 29.00 | 0.0551 |
| 17-5 | 132,694 | 904.00 | 141 | 104 | 37.00 | 0.0409 |

DELIMITAÇÃO DAS BACIAS RELACIONADAS COM OS CAMINHOS DOS CURSOS DE
ÁGUA

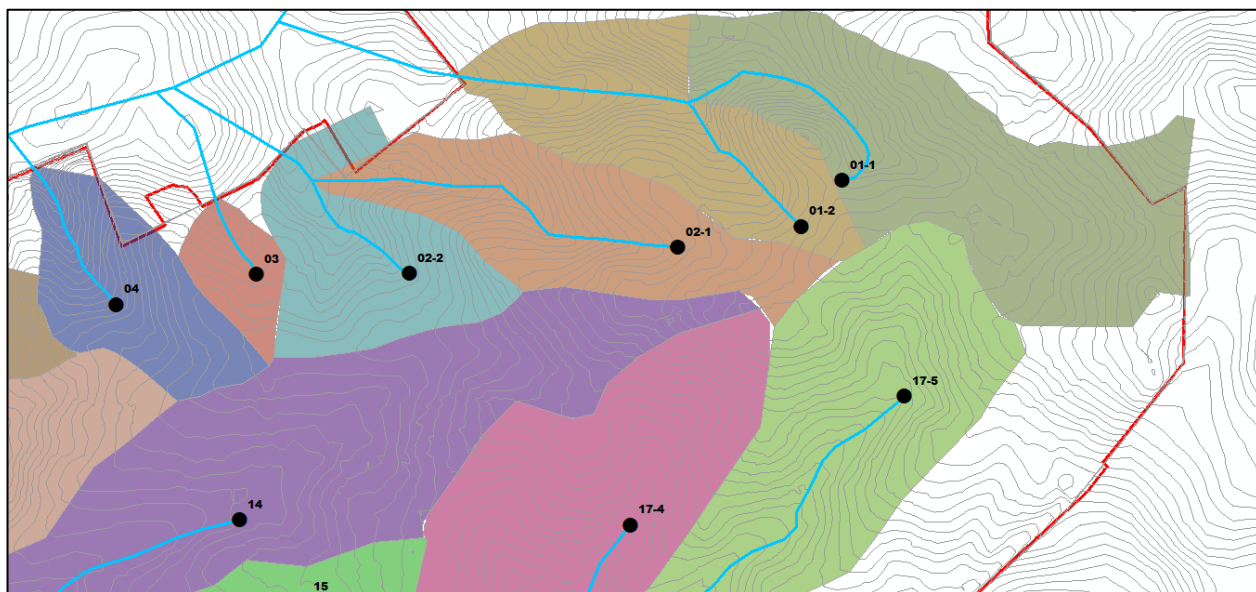


Ilustração 48. Delimitação das bacias hidrográficas da rede interna

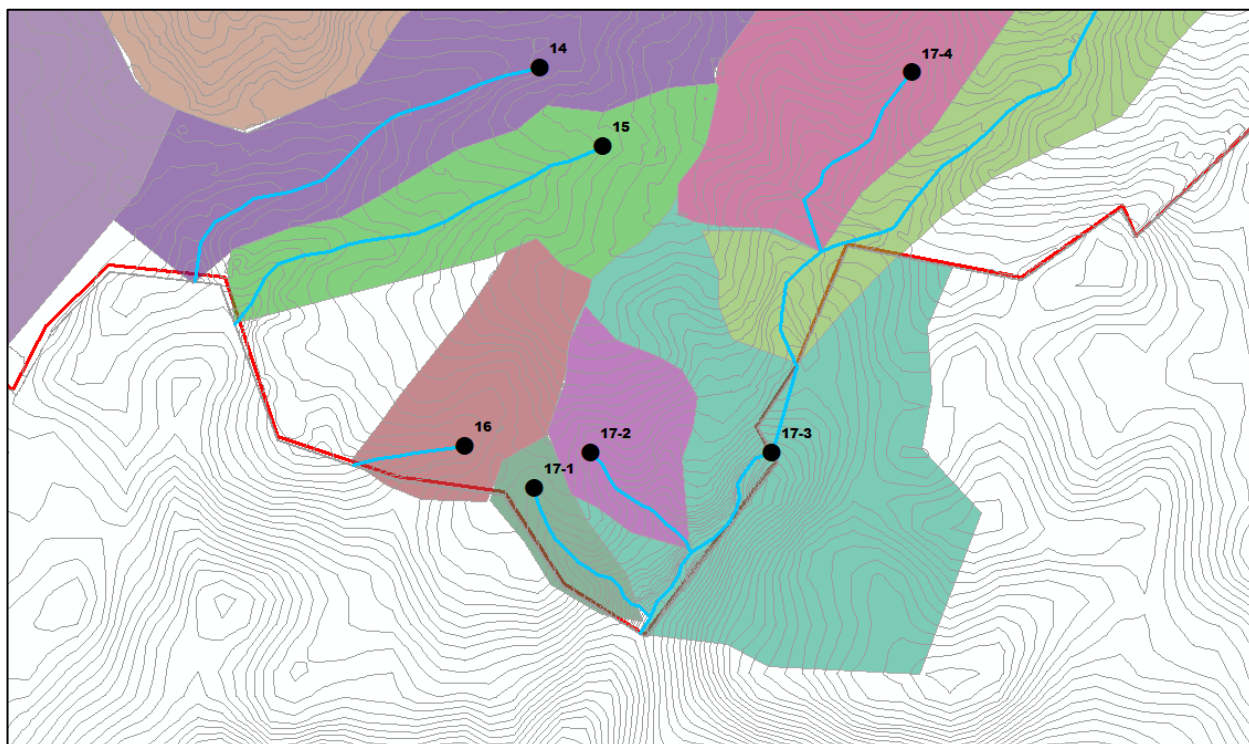


Ilustração 49. Delimitação das bacias hidrográficas da rede interna

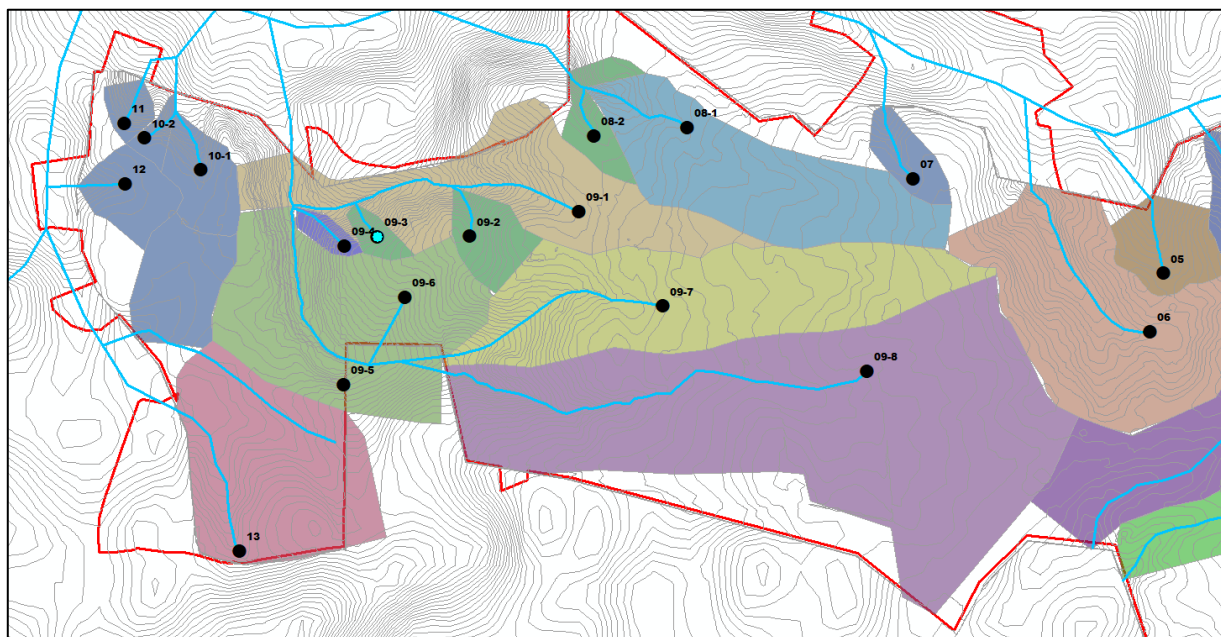


Ilustração 50. Delimitação das bacias hidrográficas da rede interna

Os resultados em relação aos dados da bacia e da sub-bacia acima definidos são apresentados de seguida:

| Bacia | Área m ² | Comp m | Elevações | | Desnível m | Declive m/m | Tempo Concentração h |
|-------|------------------------|-----------|-----------|--------|---------------|----------------|----------------------------|
| | | | Zmax | Zmin | | | |
| | | | m | m | | | |
| 01-1 | 102,190 | 0.714 | 158.00 | 123.00 | 35.00 | 0.049 | 0.41 |
| 01-2 | 59,856 | 0.532 | 140.00 | 114.00 | 26.00 | 0.049 | 0.33 |
| 02-1 | 59,442 | 0.623 | 140.00 | 107.00 | 33.00 | 0.053 | 0.37 |
| 02-2 | 44,641 | 0.336 | 127.00 | 105.00 | 22.00 | 0.065 | 0.22 |
| 03 | 13,032 | 0.198 | 118.00 | 107.00 | 11.00 | 0.056 | 0.15 |
| 04 | 38,131 | 0.376 | 118.00 | 91.00 | 27.00 | 0.072 | 0.24 |
| 05 | 20,254 | 0.228 | 110.00 | 93.00 | 17.00 | 0.075 | 0.16 |
| 06 | 109,504 | 0.575 | 115.00 | 88.00 | 27.00 | 0.047 | 0.35 |
| 07 | 10,734 | 0.196 | 105.00 | 94.00 | 11.00 | 0.056 | 0.15 |
| 08-1 | 75,497 | 0.636 | 105.00 | 80.00 | 25.00 | 0.039 | 0.39 |
| 08-2 | 11,674 | 0.220 | 92.00 | 73.00 | 19.00 | 0.086 | 0.15 |
| 09-1 | 79,802 | 0.857 | 99.00 | 47.00 | 52.00 | 0.061 | 0.45 |
| 09-2 | 13,953 | 0.203 | 90.00 | 70.00 | 20.00 | 0.099 | 0.14 |
| 09-3 | 4,860 | 0.130 | 77.00 | 56.00 | 21.00 | 0.162 | 0.09 |
| 09-4 | 4,205 | 0.131 | 71.00 | 49.00 | 22.00 | 0.168 | 0.09 |
| 09-5 | 447,565 | 1.340 | 107.00 | 49.00 | 58.00 | 0.043 | 0.68 |
| 09-6 | 17,400 | 0.212 | 80.00 | 64.00 | 16.00 | 0.075 | 0.15 |
| 09-7 | 108,590 | 0.904 | 107.00 | 67.00 | 40.00 | 0.044 | 0.50 |

| Bacia | Área m ² | Comp m | Elevações | | Desnível m | Declive m/m | Tempo Concentração h |
|-------|------------------------|-----------|-----------|--------|---------------|----------------|----------------------------|
| | | | Zmax | Zmin | | | |
| | | | m | m | | | |
| 09-8 | 242,448 | 0.967 | 108.00 | 67.00 | 41.00 | 0.042 | 0.53 |
| 10-1 | 15,867 | 0.222 | 68.00 | 52.00 | 16.00 | 0.072 | 0.16 |
| 10-2 | 3,907 | 0.126 | 66.00 | 48.00 | 18.00 | 0.143 | 0.09 |
| 11 | 5,526 | 0.106 | 66.00 | 46.00 | 20.00 | 0.189 | 0.07 |
| 12 | 15,252 | 0.166 | 66.00 | 57.00 | 9.00 | 0.054 | 0.13 |
| 13 | 79,726 | 0.382 | 78.00 | 64.00 | 14.00 | 0.037 | 0.27 |
| 14 | 171,066 | 1.151 | 138.00 | 100.00 | 38.00 | 0.033 | 0.64 |
| 15 | 75,958 | 0.657 | 120.00 | 98.00 | 22.00 | 0.033 | 0.42 |
| 16 | 46,482 | 0.388 | 117.00 | 101.00 | 16.00 | 0.041 | 0.27 |
| 17-1 | 17,636 | 0.266 | 107.00 | 87.00 | 20.00 | 0.075 | 0.18 |
| 17-2 | 23,131 | 0.334 | 117.00 | 92.00 | 25.00 | 0.075 | 0.21 |
| 17-3 | 391,344 | 1.298 | 140.00 | 84.00 | 56.00 | 0.043 | 0.67 |
| 17-4 | 102,195 | 0.526 | 139.00 | 110.00 | 29.00 | 0.055 | 0.32 |
| 17-5 | 132,694 | 0.904 | 141.00 | 104.00 | 37.00 | 0.041 | 0.51 |

Tabela 7. Tempo de concentração

VALORES DOS LIMIARES DE ESCOAMENTO

Os valores-limite do escoamento, P0, para cada uma das bacias extraídos do cálculo do escoamento e calculados em média para cada uma das bacias são os seguintes:

| BACIA | P0 (mm) | BACIA | P0 (mm) |
|-------|------------|-------|------------|
| 01-1 | 30.22 | 09-6 | 22.50 |
| 01-2 | 29.51 | 09-7 | 38.00 |
| 02-1 | 30.05 | 09-8 | 43.39 |
| 02-2 | 28.09 | 10-1 | 47.00 |
| 03 | 25.90 | 10-2 | 47.00 |
| 04 | 25.23 | 11 | 47.00 |
| 05 | 18.46 | 12 | 47.00 |
| 06 | 30.96 | 13 | 49.98 |
| 07 | 47.00 | 14 | 30.92 |
| 08-1 | 31.24 | 15 | 30.20 |
| 08-2 | 23.00 | 16 | 31.00 |
| 09-1 | 27.89 | 17-1 | 37.71 |
| 09-2 | 23.00 | 17-2 | 32.83 |
| 09-3 | 23.00 | 17-3 | 35.45 |
| 09-4 | 36.75 | 17-4 | 28.11 |
| 09-5 | 43.86 | 17-5 | 30.77 |

RESULTADOS DE CAUALES

| LEITO | TR (anos) | Área (m ²) | Comprimento (km) | Declive | TC (h) | TC (h) | Pd (mm) | a | b | I (mm/h) | P0 inicial | C | Q (m ³ /s) |
|-------|-----------|------------------------|------------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|------------|------|-----------------------|
| 01-1 | 35 | 102,109 | 0.71 | 0.049 | 0.41 | 24.71 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 61.28 | 30.22 | 0.28 | 0.479 |
| | 100 | 102,190 | 0.71 | 0.049 | 0.41 | 24.71 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 71.69 | 30.22 | 0.32 | 0.653 |
| 01-2 | 35 | 59,856 | 0.53 | 0.049 | 0.33 | 19.77 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 68.94 | 29.51 | 0.28 | 0.324 |
| | 100 | 59,856 | 0.53 | 0.049 | 0.33 | 19.77 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 80.29 | 29.51 | 0.33 | 0.439 |
| 02-1 | 35 | 59,442 | 0.62 | 0.053 | 0.37 | 21.95 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 65.23 | 30.05 | 0.28 | 0.298 |
| | 100 | 59,442 | 0.62 | 0.053 | 0.37 | 21.95 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 76.13 | 30.05 | 0.32 | 0.406 |
| 02-2 | 35 | 44,641 | 0.34 | 0.065 | 0.22 | 13.19 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 85.37 | 28.09 | 0.30 | 0.316 |
| | 100 | 44,641 | 0.34 | 0.065 | 0.22 | 13.19 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 98.62 | 28.09 | 0.35 | 0.422 |
| 03 | 35 | 13,032 | 0.20 | 0.056 | 0.15 | 9.10 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 103.83 | 25.90 | 0.33 | 0.122 |
| | 100 | 13,032 | 0.20 | 0.056 | 0.15 | 9.10 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 119.05 | 25.90 | 0.37 | 0.161 |
| 04 | 35 | 38,131 | 0.38 | 0.072 | 0.24 | 14.12 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 82.36 | 25.23 | 0.33 | 0.292 |
| | 100 | 38,131 | 0.38 | 0.072 | 0.24 | 14.12 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 95.27 | 25.23 | 0.38 | 0.386 |
| 05 | 35 | 20,254 | 0.23 | 0.075 | 0.16 | 9.58 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 101.05 | 18.46 | 0.44 | 0.251 |
| | 100 | 20,254 | 0.23 | 0.075 | 0.16 | 9.58 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 115.99 | 18.46 | 0.49 | 0.321 |
| 06 | 35 | 109,504 | 0.58 | 0.047 | 0.35 | 21.13 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 66.56 | 30.96 | 0.27 | 0.542 |
| | 100 | 109,504 | 0.58 | 0.047 | 0.35 | 21.13 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 77.61 | 30.96 | 0.31 | 0.739 |
| 07 | 35 | 10,734 | 0.20 | 0.056 | 0.15 | 9.02 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 104.36 | 47.00 | 0.15 | 0.046 |
| | 100 | 10,734 | 0.20 | 0.056 | 0.15 | 9.02 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 119.64 | 47.00 | 0.18 | 0.066 |
| 08-1 | 35 | 75,497 | 0.64 | 0.039 | 0.39 | 23.60 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 62.79 | 31.24 | 0.26 | 0.349 |
| | 100 | 75,497 | 0.64 | 0.039 | 0.39 | 23.60 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 73.38 | 31.24 | 0.31 | 0.477 |
| 08-2 | 35 | 11,674 | 0.22 | 0.086 | 0.15 | 9.07 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 104.03 | 23.00 | 0.37 | 0.123 |
| | 100 | 11,674 | 0.22 | 0.086 | 0.15 | 9.07 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 119.28 | 23.00 | 0.41 | 0.160 |
| 09-1 | 35 | 79,802 | 0.86 | 0.061 | 0.45 | 27.26 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 58.18 | 27.89 | 0.30 | 0.388 |
| | 100 | 79,802 | 0.86 | 0.061 | 0.45 | 27.26 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 68.20 | 27.89 | 0.35 | 0.526 |
| 09-2 | 35 | 13,953 | 0.20 | 0.099 | 0.14 | 8.32 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 108.87 | 23.00 | 0.37 | 0.154 |
| | 100 | 13,953 | 0.20 | 0.099 | 0.14 | 8.32 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 124.61 | 23.00 | 0.41 | 0.200 |
| 09-3 | 35 | 4,860 | 0.13 | 0.162 | 0.09 | 5.40 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 136.81 | 23.00 | 0.37 | 0.068 |
| | 100 | 4,860 | 0.13 | 0.162 | 0.09 | 5.40 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 155.25 | 23.00 | 0.41 | 0.087 |
| 09-4 | 35 | 4,205 | 0.13 | 0.168 | 0.09 | 5.39 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 136.93 | 36.75 | 0.22 | 0.034 |
| | 100 | 4,205 | 0.13 | 0.168 | 0.09 | 5.39 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 155.37 | 36.75 | 0.26 | 0.047 |
| 09-5 | 35 | 447,565 | 1.34 | 0.043 | 0.68 | 40.83 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 47.01 | 43.86 | 0.17 | 0.965 |
| | 100 | 447,565 | 1.34 | 0.043 | 0.68 | 40.83 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 55.55 | 43.86 | 0.20 | 1.412 |
| 09-6 | 35 | 17,400 | 0.21 | 0.075 | 0.15 | 9.05 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 104.17 | 22.50 | 0.37 | 0.188 |

| LEITO | TR (anos) | Área (m ²) | Comprimento (km) | Declive | TC (h) | TC (h) | Pd (mm) | a | b | I (mm/h) | P0 inicial | C | Q (m ³ /s) |
|-------|-----------|------------------------|------------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|------------|------|-----------------------|
| | 100 | 17,400 | 0.21 | 0.075 | 0.15 | 9.05 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 119.43 | 22.50 | 0.42 | 0.244 |
| 09-7 | 35 | 108,590 | 0.90 | 0.044 | 0.50 | 30.15 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 55.18 | 38.00 | 0.21 | 0.342 |
| | 100 | 108,590 | 0.90 | 0.044 | 0.50 | 30.15 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 64.80 | 38.00 | 0.25 | 0.484 |
| 09-8 | 35 | 242,448 | 0.97 | 0.042 | 0.53 | 31.99 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 53.47 | 43.39 | 0.17 | 0.605 |
| | 100 | 242,448 | 0.97 | 0.042 | 0.53 | 31.99 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 62.88 | 43.39 | 0.21 | 0.879 |
| 10-1 | 35 | 15,867 | 0.22 | 0.072 | 0.16 | 9.45 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 101.79 | 47.00 | 0.15 | 0.066 |
| | 100 | 15,867 | 0.22 | 0.072 | 0.16 | 9.45 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 116.81 | 47.00 | 0.18 | 0.095 |
| 10-2 | 35 | 3,907 | 0.13 | 0.143 | 0.09 | 5.40 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 136.84 | 47.00 | 0.15 | 0.022 |
| | 100 | 3,907 | 0.13 | 0.143 | 0.09 | 5.40 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 155.28 | 47.00 | 0.18 | 0.031 |
| 11 | 35 | 5,526 | 0.11 | 0.189 | 0.07 | 4.49 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 150.82 | 47.00 | 0.15 | 0.034 |
| | 100 | 5,526 | 0.11 | 0.189 | 0.07 | 4.49 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 170.51 | 47.00 | 0.18 | 0.048 |
| 12 | 35 | 15,252 | 0.17 | 0.054 | 0.13 | 8.00 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 111.16 | 47.00 | 0.15 | 0.069 |
| | 100 | 15,252 | 0.17 | 0.054 | 0.13 | 8.00 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 127.14 | 47.00 | 0.18 | 0.100 |
| 13 | 35 | 79,726 | 0.38 | 0.037 | 0.27 | 16.24 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 76.50 | 44.98 | 0.16 | 0.268 |
| | 100 | 79,726 | 0.38 | 0.037 | 0.27 | 16.24 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 88.74 | 44.98 | 0.20 | 0.388 |
| 14 | 35 | 171,066 | 1.15 | 0.033 | 0.64 | 38.29 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 48.63 | 30.92 | 0.27 | 0.619 |
| | 100 | 171,066 | 1.15 | 0.033 | 0.64 | 38.29 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 57.38 | 30.92 | 0.31 | 0.854 |
| 15 | 35 | 75,958 | 0.66 | 0.033 | 0.42 | 24.94 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 60.98 | 30.20 | 0.28 | 0.355 |
| | 100 | 75,958 | 0.66 | 0.033 | 0.42 | 24.94 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 71.35 | 30.20 | 0.32 | 0.484 |
| 16 | 35 | 46,482 | 0.39 | 0.041 | 0.27 | 16.06 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 76.93 | 31.00 | 0.27 | 0.265 |
| | 100 | 46,482 | 0.39 | 0.041 | 0.27 | 16.06 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 89.22 | 31.00 | 0.31 | 0.360 |
| 17-1 | 35 | 17,636 | 0.27 | 0.075 | 0.18 | 10.76 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 95.07 | 37.71 | 0.21 | 0.097 |
| | 100 | 17,636 | 0.27 | 0.075 | 0.18 | 10.76 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 109.38 | 37.71 | 0.25 | 0.134 |
| 17-2 | 35 | 23,131 | 0.33 | 0.075 | 0.21 | 12.80 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 86.73 | 32.83 | 0.25 | 0.139 |
| | 100 | 23,131 | 0.33 | 0.075 | 0.21 | 12.80 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 100.13 | 32.83 | 0.29 | 0.189 |
| 17-3 | 35 | 391,344 | 1.30 | 0.043 | 0.66 | 39.88 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 47.60 | 35.45 | 0.23 | 1.169 |
| | 100 | 391,344 | 1.30 | 0.043 | 0.66 | 39.88 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 56.22 | 35.45 | 0.27 | 1.645 |
| 17-4 | 35 | 102,195 | 0.53 | 0.055 | 0.32 | 19.16 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 70.10 | 28.11 | 0.30 | 0.594 |
| | 100 | 102,195 | 0.53 | 0.055 | 0.32 | 19.16 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 81.58 | 28.11 | 0.35 | 0.799 |
| 17-5 | 35 | 132,694 | 0.90 | 0.041 | 0.51 | 30.60 | 93.57 | 333.26 | -0.528 | 54.75 | 30.77 | 0.27 | 0.544 |
| | 100 | 132,694 | 0.90 | 0.041 | 0.51 | 30.60 | 107.65 | 365.62 | -0.508 | 64.31 | 30.77 | 0.31 | 0.747 |

9.2. ESTUDO HIDRÁULICO DA REDE DE DRENAGEM INTERNA

Estudo hidráulico para análise de risco. Foi estudado para períodos de retorno de 35 e 100 anos.

9.2.1. ESTUDO HIDRÁULICO

Uma vez definidas as características hidrológicas (pluviosidade, perdas, etc.) da bacia de estudo, procede-se a um estudo hidráulico em que os caudais obtidos são introduzidos como fontes.

O software de cálculo é o IBER 3.1.

A área de estudo, devido à falta de detalhes obtidos a partir de fontes globais, é a área coberta pela topografia do projecto.

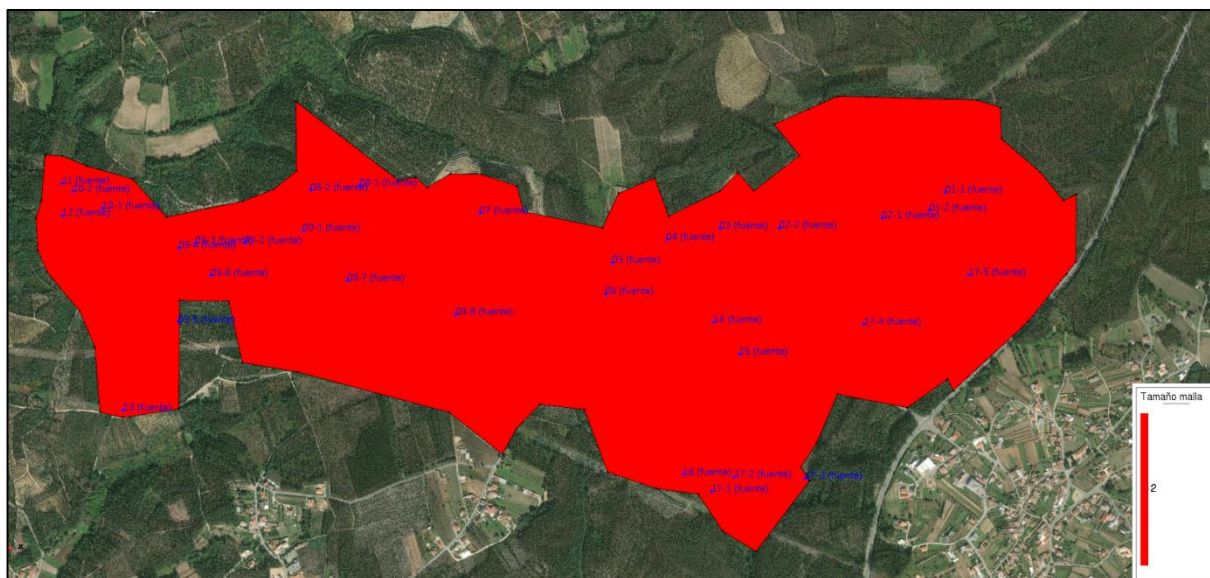


Ilustração 51. Tamanho dos elementos

9.2.1.1. PARÂMETROS DE SIMULAÇÃO

Os parâmetros utilizados para as simulações são os seguintes:

| Parâmetro | Valor |
|---------------------------|-----------------------|
| Instante inicial | 0 segundos |
| Tempo máximo de simulação | 86.400 segundos |
| Intervalo de resultados | 100 segundos |
| Esquema numérico | Primer orden (rápido) |
| CFL | 0.45 |
| Límite Seco – húmido | 0.001 |

9.2.1.2. CONDIÇÕES DE CONTORNO

Existem basicamente duas: condições de entrada e condições de saída. Quanto às condições de entrada, não será atribuída nenhuma, uma vez que os caudais são introduzidos através de fontes no início dos cursos de água.



Ilustração 52. Localização das fontes

Em termos de condições de saída, foi atribuído o contorno completo, uma vez que a área de estudo é mais elevada do que a bacia de drenagem em direcção ao limite do estudo.

Como condições iniciais, o calado é definido como 0 em todas as superfícies.

| CURSO DE ÁGUA | X, m | Y, m | TR (anos) | Q (m ³ /s) | CURSO DE ÁGUA | X, m | Y, m | TR (anos) | Q (m ³ /s) |
|---------------|--------|--------|-----------|-----------------------|---------------|--------|--------|-----------|-----------------------|
| 01-1 | -22698 | 103492 | 35 | 0.479 | 09-6 | -24882 | 103245 | 35 | 0.188 |
| | | | 100 | 0.653 | | | | 100 | 0.244 |
| 01-2 | -22744 | 103440 | 35 | 0.324 | 09-7 | -24476 | 103230 | 35 | 0.342 |
| | | | 100 | 0.439 | | | | 100 | 0.484 |
| 02-1 | -22886 | 103416 | 35 | 0.298 | 09-8 | -24153 | 103128 | 35 | 0.605 |
| | | | 100 | 0.406 | | | | 100 | 0.879 |
| 02-2 | -23191 | 103386 | 35 | 0.316 | 10-1 | -25203 | 103445 | 35 | 0.066 |
| | | | 100 | 0.422 | | | | 100 | 0.095 |
| 03 | -23366 | 103385 | 35 | 0.122 | 10-2 | -25291 | 103495 | 35 | 0.022 |
| | | | 100 | 0.161 | | | | 100 | 0.031 |
| 04 | -23526 | 103351 | 35 | 0.292 | 11 | -25323 | 103519 | 35 | 0.034 |
| | | | 100 | 0.386 | | | | 100 | 0.048 |
| 05 | -23686 | 103282 | 35 | 0.251 | 12 | -25323 | 103423 | 35 | 0.069 |
| | | | 100 | 0.321 | | | | 100 | 0.1 |
| 06 | -23708 | 103190 | 35 | 0.542 | 13 | -25142 | 102845 | 35 | 0.268 |
| | | | 100 | 0.739 | | | | 100 | 0.388 |
| 07 | -24081 | 103431 | 35 | 0.046 | 14 | -23385 | 103105 | 35 | 0.619 |
| | | | 100 | 0.066 | | | | 100 | 0.854 |
| 08-1 | -24438 | 103512 | 35 | 0.349 | 15 | -23309 | 103012 | 35 | 0.355 |
| | | | 100 | 0.477 | | | | 100 | 0.484 |
| 08-2 | -24584 | 103499 | 35 | 0.123 | 16 | -23476 | 102653 | 35 | 0.265 |
| | | | 100 | 0.16 | | | | 100 | 0.36 |
| 09-1 | -24607 | 103379 | 35 | 0.388 | 17-1 | -23392 | 102603 | 35 | 0.097 |
| | | | 100 | 0.526 | | | | 100 | 0.134 |
| 09-2 | -24779 | 103341 | 35 | 0.154 | 17-2 | -23324 | 102645 | 35 | 0.139 |
| | | | 100 | 0.2 | | | | 100 | 0.189 |
| 09-3 | -24925 | 103340 | 35 | 0.068 | 17-3 | -23108 | 102646 | 35 | 1.169 |
| | | | 100 | 0.087 | | | | 100 | 1.645 |
| 09-4 | -24976 | 103326 | 35 | 0.034 | 17-4 | -22939 | 103100 | 35 | 0.594 |
| | | | 100 | 0.047 | | | | 100 | 0.799 |
| 09-5 | -24978 | 103107 | 35 | 0.965 | 17-5 | -22627 | 103247 | 35 | 0.544 |
| | | | 100 | 1.412 | | | | 100 | 0.747 |

Em termos de condições de saída, foi atribuído o contorno completo, uma vez que a área de estudo é mais elevada do que a bacia de drenagem em direcção ao limite do estudo.

Como condições iniciais, o calado é definido como 0 em todas as superfícies.

9.2.1.3. OBRAS DE DRENAGEM TRANSVERSAL








As travessias de estradas que causavam acumulação a montante foram introduzidas no modelo baixando a altura da estrada até ao leito do curso de água.

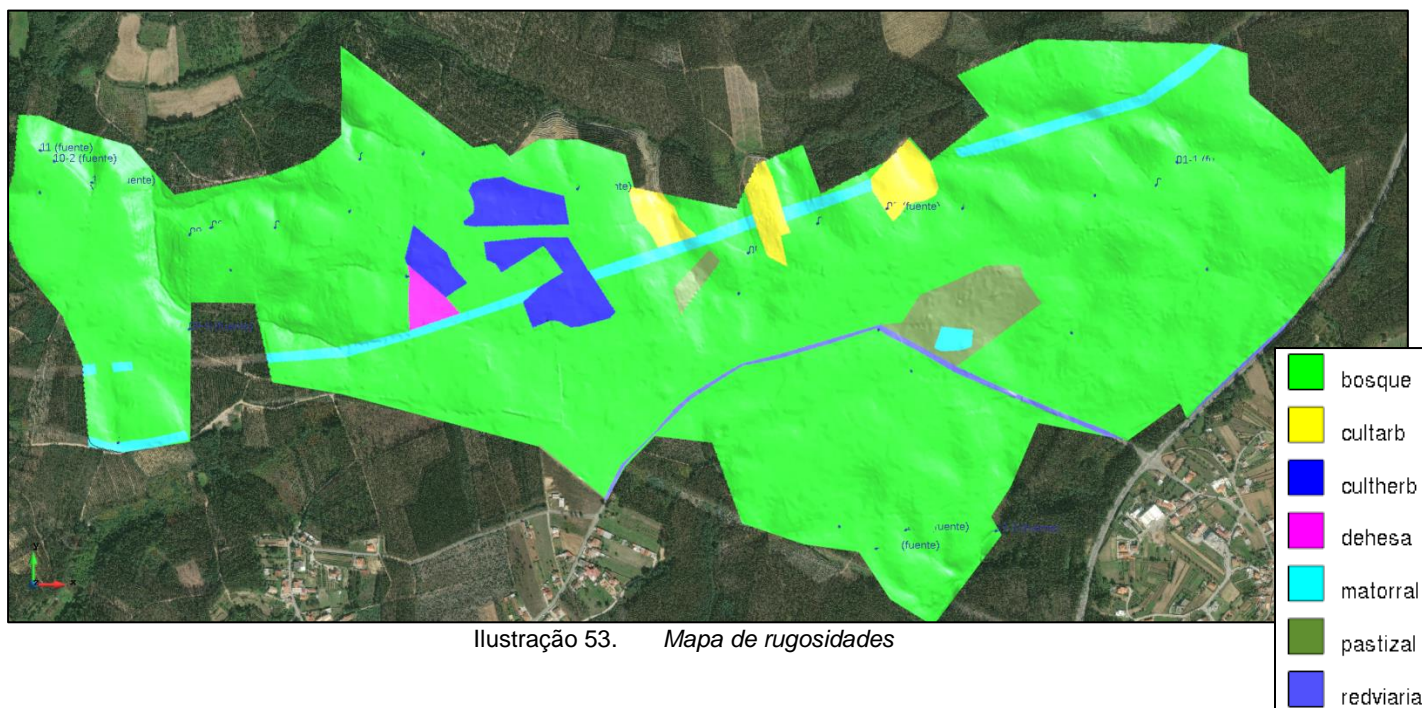
9.2.1.4. RUGOSIDADE

As utilizações do solo foram delimitadas com base nos ortofotos de 2018.

Os valores de rugosidade de Manning foram extraídos do Anexo V "Valores do coeficiente de rugosidade de Manning atribuídos aos usos do solo SIOSE e CLC2000" do documento "Guia metodológico para o desenvolvimento do sistema nacional de cartografia de zonas inundáveis" publicado pelo Ministério do Ambiente e do Meio Rural e Marinho de Espanha. Esta norma de referência baseia-se nos valores de Manning Chow (1959) e são valores de referência internacionais.

Foram definidas as seguintes utilizações:

| LEGENDA | Uso de solo | Número de Manning |
|---|--------------------|-------------------|
|  | Bosque | 0.070 |
|  | Cultivo de árvores | 0.060 |
|  | Cultivo Herbáceo | 0.040 |
|  | Terras cercadas | 0.060 |
|  | Matagal | 0.055 |
|  | Prado | 0.035 |
|  | Rede rodoviária | 0.100 |



9.2.1.5. *RESULTADOS DA SIMULAÇÃO*

Uma vez efectuada a simulação, o pós-processamento é realizado para visualizar os resultados da simulação. As camadas raster de velocidade e calado foram extraídas para estudar as condições de inundação e os riscos de inundação.

"CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA" 35 ANOS

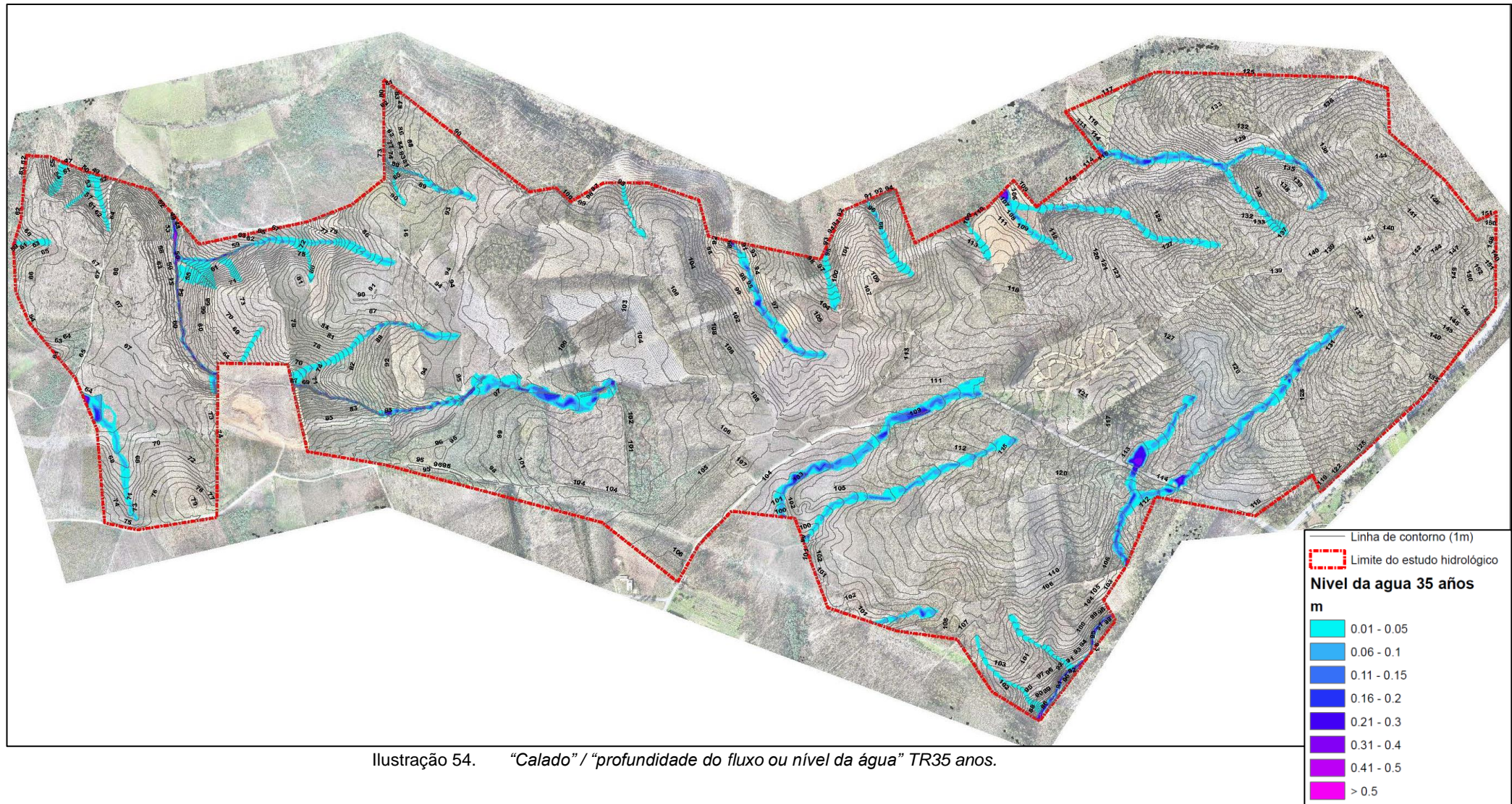


Ilustração 54. "Calado" / "profundidade do fluxo ou nível da água" TR35 anos.

VELOCIDADE 35 ANOS

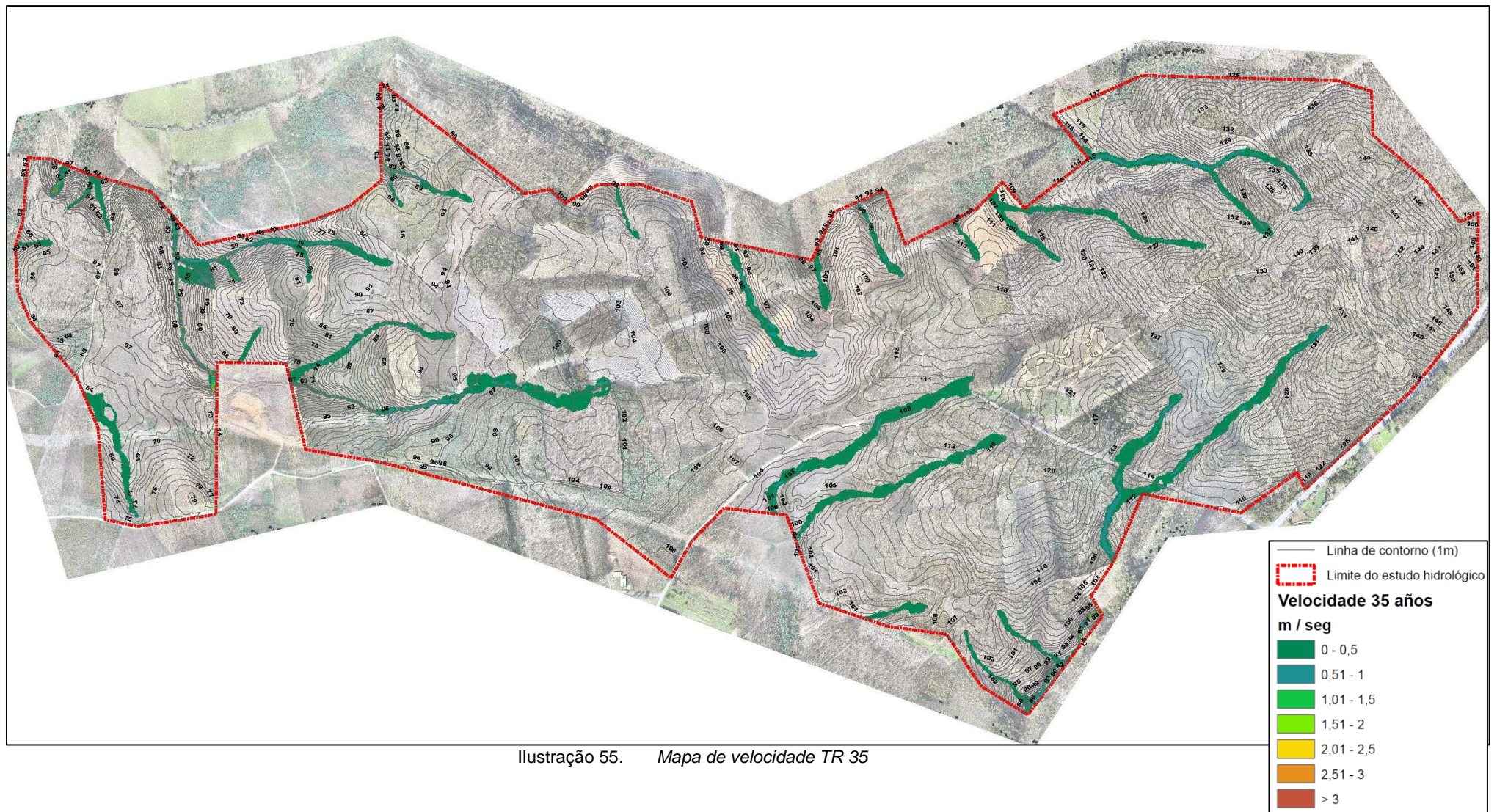


Ilustração 55. Mapa de velocidade TR 35

"CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA" 100 ANOS



Ilustração 56. "Calado" / "profundidade do fluxo ou nível da água" TR100 anos.

VELOCIDADE 100 ANOS

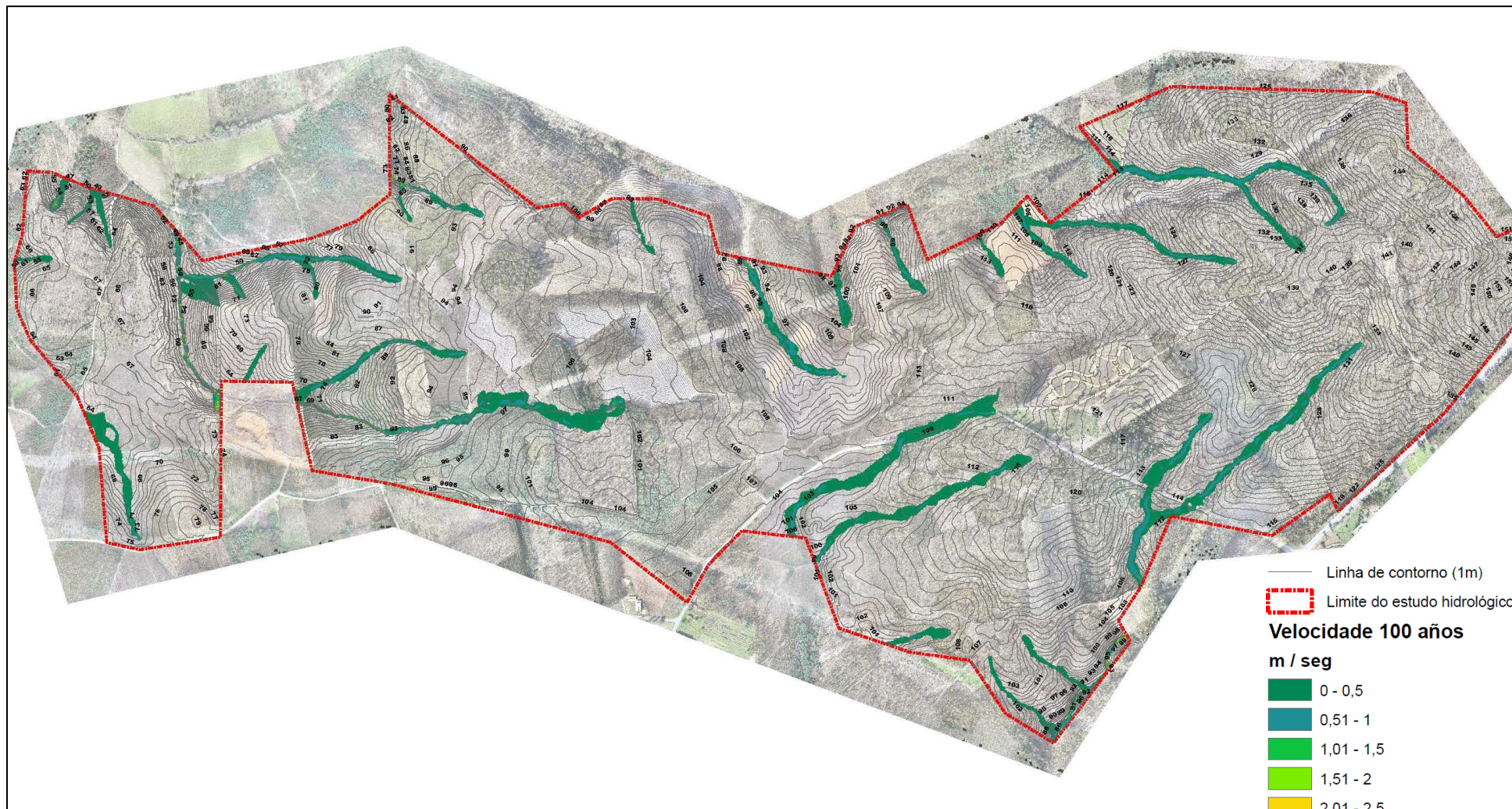


Ilustração 57. Mapa de velocidade TR 100

10. ANÁLISE DE RISCO

Com base nas características de inundação a 100 anos obtidas na secção anterior, serão definidas as zonas de risco de inundação, de erosão e de danos graves. Da mesma forma, serão delimitadas as zonas de depressão em que uma acumulação poderia afectar a instalação.

10.1. RISCO DE INUNDAÇÃO

O mapa de calado foi classificado de acordo com o risco de inundação nos seguintes intervalos:

- Risco nulo: “Calado” / “profundidade do fluxo ou nível da água” inferior a 5 cm.
- Risco baixo: “Calado” / “profundidade do fluxo ou nível da água” entre 5 cm e 10 cm. Recomenda-se não colocar instalações auxiliares.
- Risco médio: “Calado” / “profundidade do fluxo ou nível da água” entre 10 cm e 50 cm. As instalações auxiliares não devem ser localizadas sem a aplicação de medidas de correcção.
- Risco alto: “Calado” / “profundidade do fluxo ou nível da água” superiores a 50 cm. As instalações e os painéis solares não devem ser colocados sem a aplicação de medidas de correcção.

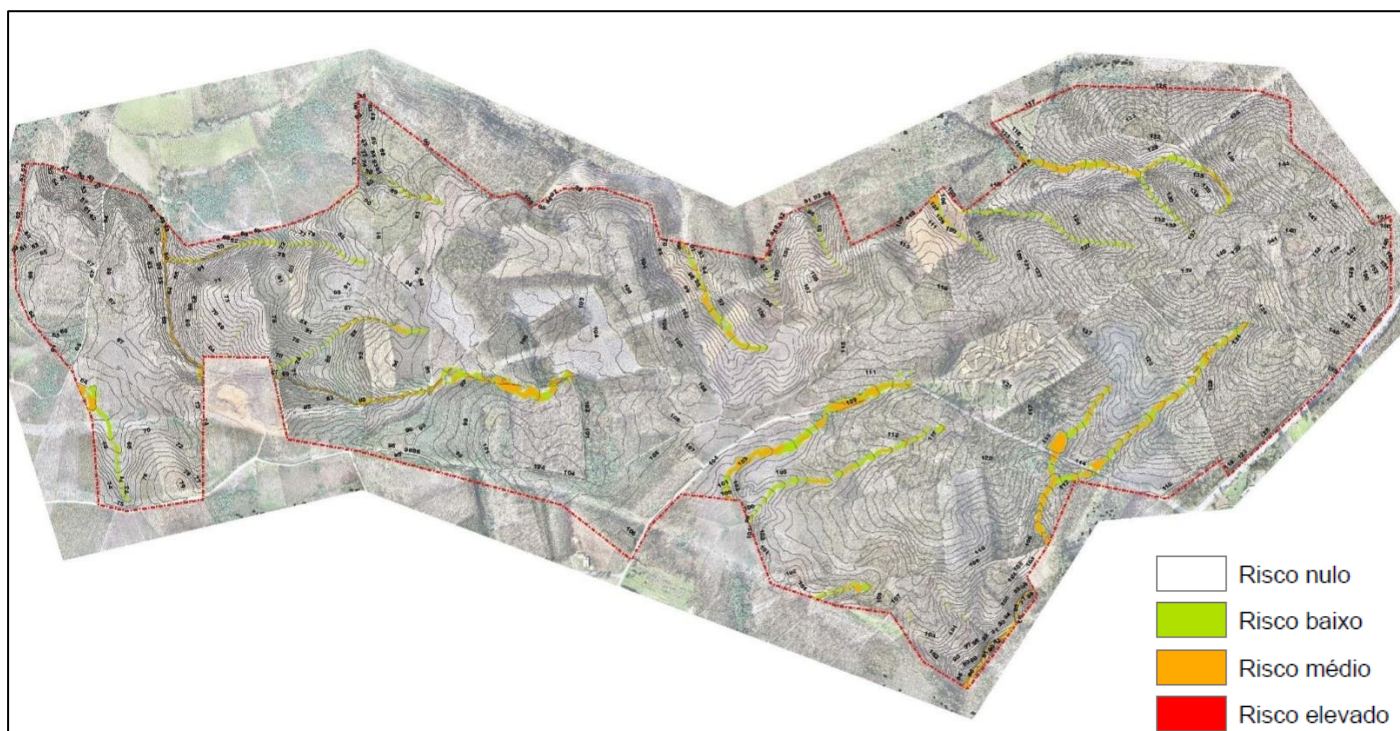


Ilustração 58. Análise dos riscos de inundação

Não foram calculados “calados” / “profundidade do fluxo ou nível da água” superiores a 50 cm no limite do estudo.

No perímetro de estudo observam-se zonas de risco médio e baixo, que devem ser tidas em consideração para a localização do apoio dos seguidores, dos postos de transformação e de outros elementos auxiliares.

10.2. ANÁLISE DE DEPRESSÕES

A metodologia seguida para a análise das depressões é o preenchimento do modelo digital de elevação de modo a eliminá-las. Posteriormente, o modelo original foi subtraído do modelo sem depressões de modo a localizar as zonas endorreicas.

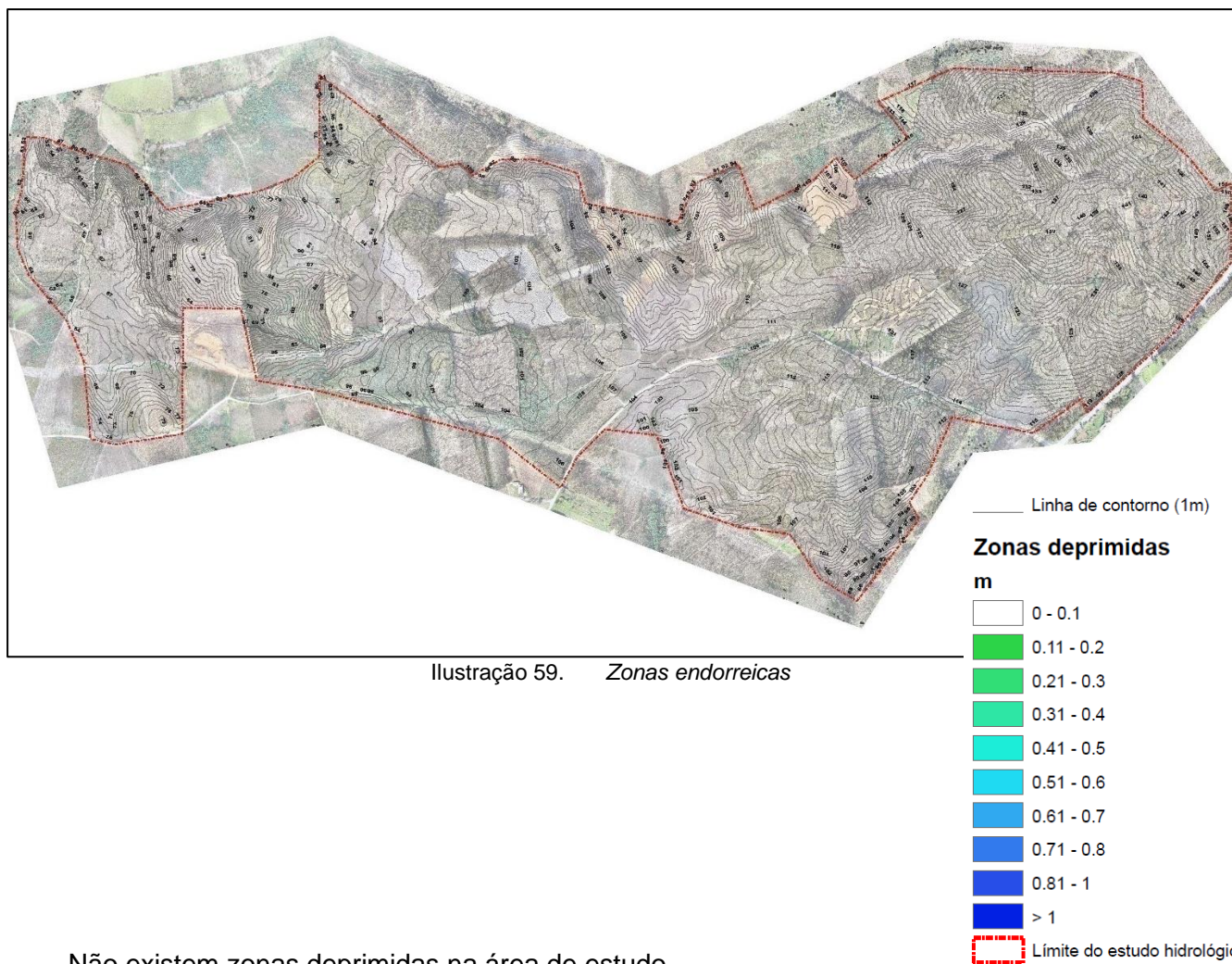


Ilustração 59. Zonas endorreicas

Não existem zonas deprimidas na área de estudo.

10.3. ERODIBILIDADE POTENCIAL

Com base nas velocidades obtidas a partir do modelo, será caracterizada a erodibilidade potencial da área.

| Naturaleza de la superficie | Máxima velocidad admisible (m/s) |
|---|----------------------------------|
| Terreno sin vegetación arenoso o limoso | 0,20-0,60 |
| Terreno sin vegetación arcilloso | 0,60-0,90 |
| Terreno sin vegetación en arcillas duras y margas blandas | 0,90-1,40 |
| Terreno sin vegetación en gravas y cantos | 1,20-2,30 |
| Terreno parcialmente cubierto de vegetación | 0,60-1,20 |
| Terreno con vegetación herbácea permanente | 1,20-1,80 |
| Rocas blandas | 1,40-3,00 |
| Mampostería, rocas duras | 3,00-5,00 |
| Hormigón | 4,50-6,00 |

Tendo em conta a classificação anterior, os valores foram organizados, para uma melhor exequibilidade, na classificação seguinte.

| | | | |
|--|-------|---------------------------------|--|
| | NULO | Velocidade inferior a 0,7 m / s | Não há erosão em solos argilosos. |
| | BAIXO | Velocidade superior a 0,7 m / s | A erosão ocorre em terrenos sem cobertura vegetal |
| | MÉDIO | Velocidade superior a 1,8 m / s | A erosão pode ocorrer em terrenos com cobertura vegetal. |
| | ALTO | Velocidade superior a 3 m / s | A erosão pode ocorrer em rochas moles |

As velocidades máximas admissíveis são indicadas para os seguintes terrenos, em condições esporádicas como a cheia dos 100 anos:



Ilustração 60. Erodibilidade potencial

Existem vários cursos de água onde a erosão pode afectar a instalação. Estas zonas devem estar livres de instalações auxiliares, tendo em conta o risco de “calados” / “profundidade do fluxo ou nível da água”. Por conseguinte, propõe-se a seguinte medida de correcção para a fixação dos painéis foto-voltaicos.

Zonas de baixo risco de erosão (0,7 m/seg. < V < 1,8 m/seg.)

Se tal não for possível, para qualquer fundação numa zona potencialmente erodível, é necessário incluir uma protecção localizada para reduzir a erosão e evitar afectar as fundações dos seguidores. Para o efeito, recomenda-se que os apoios situados nesta zona sejam fundados a uma profundidade de 50 centímetros ou mais e preenchidos até ao nível com material pétreo.

Para o cálculo da dimensão do material necessário para evitar o arrastamento do material que formará a protecção, seguimos a formulação do U.S. Bureau of Reclamation:

$$D_{50} = 0.0122 \cdot V_a^{2.06}$$

Onde:

- D50: diâmetro (pés) do crivo que passa 50 % em peso do material.
- Va: Velocidade do fluxo (pés/seg)

A partir dos modelos, obtém-se que a velocidade máxima de fluxo é de 1,8 m/s. O valor mínimo do diâmetro médio aritmético deve, portanto, ser de 15 cm.

Esta protecção deve estender-se pelo menos 1 metro à volta da fundação.

10.4. ANÁLISE DE RISCO BASEADA NO "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA" E NA VELOCIDADE PARA A CHEIA DE 100 ANOS

A avaliação dos riscos de inundações segue as orientações da Diretiva 2007/60/CE relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações, transposta ao ordenamento jurídico português pelo Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro. Este regulamento estabelece a obrigatoriedade de elaboração de cartas de perigosidade e risco, incluindo critérios técnicos específicos relacionados com a profundidade (calado) e a velocidade do fluxo de escoamento.

A zona de danos graves, onde podem ocorrer danos graves a pessoas e bens, foi definida como uma zona onde se verificam uma ou mais das seguintes condições para a inundações com um período de retorno de 100 anos:

- O calado é superior a 1 m
- A velocidade deve ser superior a 1 m/s
- O produto de ambas as variáveis é superior a 0,5 m²/seg

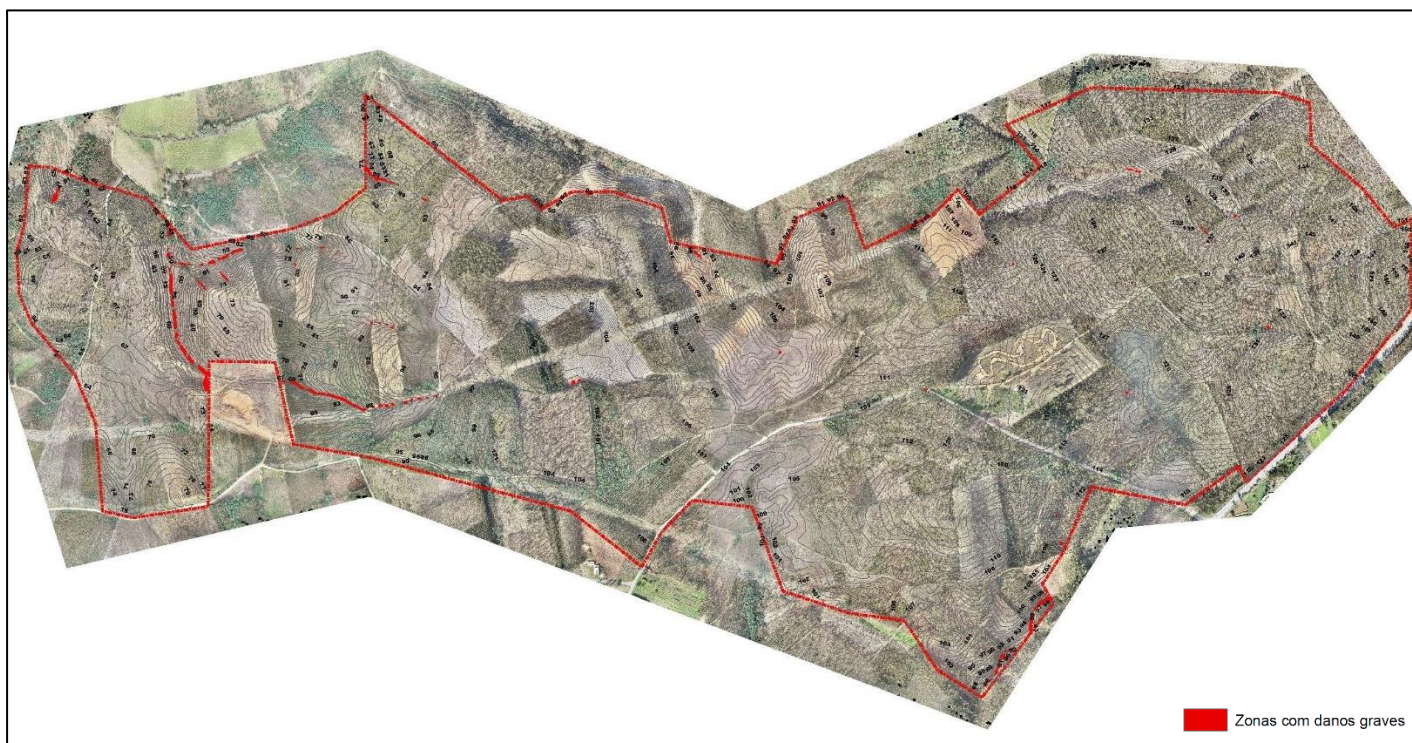


Ilustração 61. Zonas de inundação com danos graves

Existem zonas classificadas como danos graves na zona, de acordo com a classificação estabelecida.

Estas zonas correspondem a zonas de risco já analisadas anteriormente para o risco de erosão e de calado.

10.5. MEDIDAS PARA ATENUAR OS RISCOS HIDRÁULICOS PELA MUDANÇA DE USO.

São propostas as seguintes medidas para reduzir o escoamento superficial, melhorar o controle das inundações e a infiltração:

- Criação de uma cobertura vegetal com prados nativos e matos de pequeno porte através de sementeira.
- Redução do comprimento do escoamento através da criação de pequenos sulcos, micro lavoura, em direções perpendiculares ao declive.



Ilustração 62. Arados em instalações fotovoltaicas.

- Construção de trincheiras de infiltração. As trincheiras têm um efeito positivo na estabilização do solo e também através do armazenamento temporário do escoamento superficial.

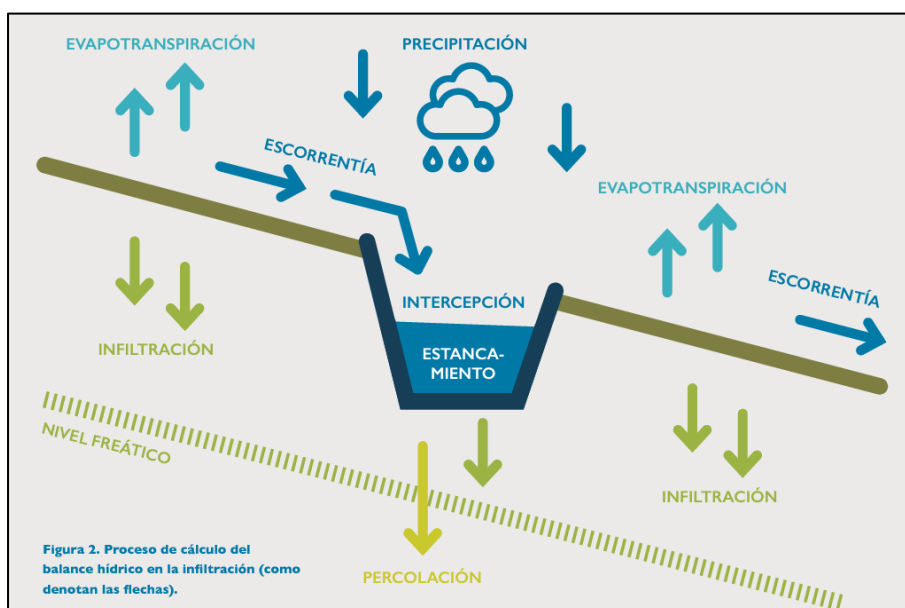


Ilustração 63. Esquema de funcionamento de trincheiras de infiltração.

- Evitar a impermeabilização do solo. Não utilizar sapatas espalhadas nas fundações dos painéis.
- Construção de diques de retenção nos cursos de água para aumentar o tempo de retenção, sobretudo antes do desenvolvimento da vegetação proposta.

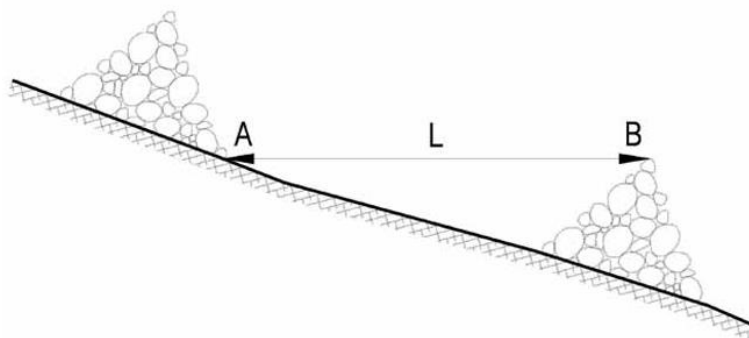


Ilustração 64. Geometria proposta para os diques de retenção.

| DISTANCIA PROPOSTA ENTRE LINHASS (L), m | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| PENDENTE % → | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 |
| ALTURA SOBRE O TERRENO, m | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 |
| 0.1 | 20 | 10 | 7 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 0.2 | 40 | 20 | 13 | 10 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 |
| 0.3 | 60 | 30 | 20 | 15 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 0.4 | 80 | 40 | 27 | 20 | 16 | 13 | 11 | 10 | 9 | 8 |
| 0.5 | 100 | 50 | 33 | 25 | 20 | 17 | 14 | 13 | 11 | 10 |
| 0.6 | 120 | 60 | 40 | 30 | 24 | 20 | 17 | 15 | 13 | 12 |
| 0.7 | 140 | 70 | 47 | 35 | 28 | 23 | 20 | 18 | 16 | 14 |
| 0.8 | 160 | 80 | 53 | 40 | 32 | 27 | 23 | 20 | 18 | 16 |
| 0.9 | 180 | 90 | 60 | 45 | 36 | 30 | 26 | 23 | 20 | 18 |
| 1 | 200 | 100 | 67 | 50 | 40 | 33 | 29 | 25 | 22 | 20 |

11. EQUIPA DE REDAÇÃO

A equipa de redacção deste ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DA INSTALAÇÃO SOLAR FOTO-VOLTAICA "VALE SOBREIRINHO" LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ÁGUEDA, DISTRITO DE AVEIRO (PORTUGAL) é constituída pelos seguintes profissionais:

José Enrique Navarro García

- Licenciado em Ciências do Ambiente
- Especialista em Sistemas de Informação Geográfica
- Técnico Superior de Prevenção de Riscos Profissionais, com especialização em Higiene e Segurança no Trabalho, Ergonomia e Psico-sociologia.
- Mestrado em sistemas de gestão da qualidade e do ambiente. Novas tecnologias.

Luis García Ruz

- Licenciado em Geologia
- Engenheiro Técnico de Minas
- Diplomado em Engenharia do Ambiente

Luis García Piñol

- Engenheiro Técnico Industrial
- Mestrado em Energias Renováveis

Em Málaga, diciembre de 2024

ANEXOS

I. CAUDAIS DE CURSOS DE ÁGUA PÚBLICOS. MÉTODO RACIONAL.

III. ANEXO DE PLANOS:

1. MAPA RASTER DA LOCALIZAÇÃO
2. LOCALIZAÇÃO EM ORTOFOTO
3. MODELO TOPOGRÁFICO
4. MAPA DAS BACIAS DOS CURSOS DE ÁGUA PÚBLICOS
5. LIMIAR DE ESCOAMENTO
6. DELIMITAÇÃO DO DOMÍNIO FLUVIAL, MARGENS E ZONAS ADJACENTES.
7. REDE DE DRENAGEM INTERNA.
8. INUNDAÇÃO INTERNA TR 35 ANOS. "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA".
9. INUNDAÇÃO INTERNA TR 35 ANOS. VELOCIDADE.
10. INUNDAÇÃO INTERNA TR 100 ANOS. "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA".
11. INUNDAÇÃO INTERNA TR 100 ANOS. VELOCIDADE.
12. RISCO DE INUNDAÇÃO. "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA"S.
13. ANÁLISE DE DEPRESSÕES.
14. POTENCIAL DE ERODIBILIDADE.
15. PERIGO DE ACORDO COM O RD9 /2008



ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA
"VALE SOBREIRINHO" LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE AGUEDA, DISTRITO
FICHEIRO NÚMERO 20/24

CAUDAIS DE CURSOS DE ÁGUA PÚBLICOS. MÉTODO RACIONAL.

ANEXO DE PLANOS

1. MAPA RASTER DA LOCALIZAÇÃO
2. LOCALIZAÇÃO NO ORTOFOTO
3. MODELO TOPOGRÁFICO
4. MAPA DAS BACIAS DE CURSOS DE ÁGUA PÚBLICOS
5. LIMIAR DE ESCOAMENTO
6. DELIMITAÇÃO DO DOMÍNIO FLUVIAL, DAS MARGENS E DAS ZONAS ADJACENTES.
7. REDE DE DRENAGEM INTERNA.
8. INUNDAÇÕES INTERNAS TR 35 ANOS. "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA".
9. INUNDAÇÕES INTERNAS TR 35 ANOS. VELOCIDADE.
10. INUNDAÇÕES INTERNAS TR 100 ANOS. "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA".
11. INUNDAÇÕES INTERNAS TR 100 ANOS. VELOCIDADE.
12. RISCO DE INUNDAÇÃO. "CALADO" / "PROFUNDIDADE DO FLUXO OU NÍVEL DA ÁGUA".
13. ANÁLISE DAS DEPRESSÕES.
14. ERODIBILIDADE POTENCIAL.
15. PERIGO DE ACORDO COM O RD9 /2008