



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

**SELEÇÃO DE LOCAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE
BARRAGENS: O CASO DE ESTUDO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CARAPITO, AGUIAR DA
BEIRA-VISEU**

João Paulino da Silva Carreira

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS RAMO DE RECURSOS GEOLÓGICOS

Setembro, 2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Ciências da Terra

**SELEÇÃO DE LOCAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE
BARRAGENS: O CASO DE ESTUDO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CARAPITO, AGUIAR DA
BEIRA-VISEU**

Mestrado em Geociências – Ramo do Recursos Geológicos

João Paulino da Silva Carreira

Orientação científica:

Prof. Doutor António Luis Almeida Saraiva

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor José Manuel Martins de Azevedo

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Setembro, 2014

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a contribuição e o apoio de várias pessoas e instituições sem as quais este trabalho não teria sido realizado. Ao Professor Doutor António Saraiva por toda a atenção e material de apoio que disponibilizou ao longo do mestrado, pelas dicas, pela ajuda na seleção dos locais a estudar para a dissertação e pela disponibilidade que sempre teve para tirar as minhas dúvidas e ajudar quando precisava. Ao Professor Doutor José Manuel Azevedo pelos ensinamentos ao longo do mestrado, pelas dicas preciosas para estruturar o trabalho e ainda pelas sugestões e reparos que deu até à conclusão do mesmo. Ao Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, na pessoa do Professor Doutor Alcides Pereira, enquanto diretor do Departamento, pelo empréstimo de material para levar para o campo, agradeço ao Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra o apoio científico e logístico. A todos os professores, que ao longo destes anos contribuíram para a minha formação académica e a todos os funcionários do Departamento de Ciências da Terra, em particular, à Dona Conceição pela disponibilidade e ajuda de pesquisa bibliográfica. A todos os meus amigos e colegas de curso e não só, pelo companheirismo e pelo incentivo que me deram para a realização deste trabalho, em particular à Adriana Gomes, Joana Campos, Mafalda Miranda, Maria Coelho, Marta Mateus, Marta Reis e Tânia Soares pela ajuda e companheirismo ao longo deste último ano. Um especial agradecimento ao Alexandre Alves e à Liliana Sá pela ajuda que deu ao longo deste último ano pelas idas ao campo, sugestões, críticas e observações.

À minha família, em particular aos meus pais e irmã por todo o apoio ao longo dos anos, por nunca me faltarem com nada todos estes anos que estive na universidade e por me darem sempre força em todos os momentos e nunca me deixarem desistir.

A todos muito obrigado.

Resumo

O local selecionado para o presente estudo - Bacia Hidrográfica do rio Carapito (BHC) – apresenta as seguintes características físicas: (1) é uma bacia alongada, com uma zona aplanada na região central e zonas mais declivosas nos setores N e S; (2) a precipitação atmosférica média anual (cerca de 1000 mm) possibilita a ocorrência de uma linha de água principal com regime perene; (3) insere-se na Zona Centro-Ibérica e geologicamente predominam as rochas graníticas, xistos e grauvaques pré-câmbricos e rochas do Ordovícico; (4) a interpretação geológico-estrutural baseada em técnicas de deteção remota indica que a bacia é afetada por alinhamentos estruturais pertencentes sobretudo às direcções NW-SE e NE-SW; (5) está incluída na Unidade Hidrogeológica do Maciço Antigo, mais propriamente na Massa de água do Maciço antigo indiferenciado da bacia do Mondego.

As características geomorfológicas, geológicas, estruturais e hidrológicas suportam condições favoráveis à implantação dos aproveitamentos do tipo barragem na BHC. Foram selecionados dois locais (A e B) favoráveis à implantação de barragens.

Em termos geológicos, a presença de um soco ordovícico e granítico permite a estabilidade das fundações. Ao nível geomorfológico, a ocorrência de declives acentuados junto da zona ordovícica (local da barragem mais a jusante) admite a implantação do aproveitamento e da respectiva albufeira.

O uso e ocupação dos solos, maioritariamente por zonas florestais circundadas por zonas agrícolas, serão beneficiados com a implantação das estruturas propostas, devido à criação de reservatórios de água que possibilitam o abastecimento dos sistemas de rega, tal como para o consumo das povoações locais.

A análise expedita de impactes ambientais, tendo em conta os benefícios e os fatores negativos que advêm da implantação dos aproveitamentos, aponta para um claro benefício das povoações vizinhas devido à criação de postos diretos de emprego e indiretos com o incremento das atividades económicas da região. A produção de energia através das barragens é um fator a ter em conta, visto que poderá equilibrar possíveis quebras de tensão na rede elétrica de distribuição local. As albufeiras criadas pelas barragens proporcionarão um incremento nas atividades agrícolas locais, maior disponibilidade hídrica para consumo humano e industrial, a criação de zonas de convívio e de lazer na região trazendo, assim como, um benefício e bem-estar para as povoações da região.

Palavras-chave: Água; bacia hidrográfica; análise estrutural; barragem; impactes

Abstract

The area analyzed in this study - Drainage Basin of Carapito river (DBC) - has the following physical characteristics: (1) is an elongated basin with a flattened area in the central region and steeper slopes in N and S sectors; (2) the annual average of rainfall (about 1000 mm) enables the occurrence of a main stream flow (Carapito river) with perennial regime; (3) is part of the Central Iberian Zone and geologically is dominated by granitic rocks, pre-Cambrian and Ordovician schists, greywackes and quartzite rocks; (4) the geo-structural interpretation based on remote sensing techniques indicates that the basin is affected by structural alignments belonging mainly to the directions NW-SE and NE-SW; (5) this domain is included in the Portuguese Hydrogeological unit of Old Massif, more specifically in the Undifferentiated terrains of Mondego basin.

The geomorphological, geological, structural and hydrological characteristics of DBC expressed favorable conditions for the location of dams. Two locations (A and B) were found favorable to the implementation of dams.

In geological terms, the presence of granite and quartzitic bed-rocks allows the stability of foundations. At a geomorphological level, the occurrence of steep slopes along the ordovician-granitic border (local of the downstream dam) support the implantation of an higher dam and a bigger water reservoir.

The local use and occupation of land, mostly of forest areas surrounded by agricultural areas, will benefit from the implementation of the proposed structures, due to the creation of water reservoirs that allow the supply of irrigation systems, such as for consumption of local villages.

The expeditious analyze of environmental impacts, taking into account the benefits and negative effects arising from the deployment of the dams, point to a clear benefit of the neighboring villages due to the creation of direct and indirect jobs and the increased of economic activities in the region. Energy production through the dams is a factor to take into account, as it may balance possible voltage drops in the power network of local distribution. The water reservoirs created by dams provide an increase in local agricultural activities, greater water availability for human and industrial consumption; also will create areas of conviviality and pleasure in the region, as well as a benefit and welfare of the region's towns.

Key-words: *Water; drainage basin; geology, structural interpretation; dam; impacts*

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice.....	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas.....	vii
Capítulo 1. Introdução	1
1.1. A importância da água	1
1.2. Barragens e fatores condicionantes.....	1
1.3. Objetivos	3
1.4. Metodologias	4
Capítulo 2. Enquadramento regional	5
2.1. Geográfico e administrativo.....	5
2.1.1. Enquadramento no País	5
2.1.2. Enquadramento da Bacia do Rio Carapito no contexto regional	6
2.2. Geológico.....	7
2.2.1. Rochas metamórficas do Pré-câmbrico e Paleozóico	8
2.2.2. Rochas graníticas.....	10
2.3. Hidrológico: climatológico e hidrográfico	13
2.4. Hidrogeológico	16
Capítulo 3. Caracterização física da bacia hidrográfica do rio Carrapito.....	18
3.1. Topografia e hidrográfico	18
3.2. Geologia	22
3.3. Caracterização estrutural	27
3.3.1. Análise de geoestruturas (fraturação)	27
3.4. Hidrogeologia	40
3.5. Uso e ocupação do solo	41
Capítulo 4. Locais para implantação de barragem e impactes associados	43
4.1. Tipologias e processos de seleção de barragens.....	43
4.2. Critérios de seleção de locais	46
4.2.1. Critérios gerais.....	46
4.2.2. Aplicação ao caso de estudo	47
4.3. Avaliação de impactes.....	52
4.3.1. Geomorfologia e Solos	52
4.3.2. Massas de água (superficiais e subterrâneas).....	52
4.3.3. Qualidade do ar e ambiente sonoro	54

4.3.4.	Flora e vegetação	54
4.3.5.	Fauna e habitats	54
4.3.6.	População e atividades socioeconómicas	54
4.3.7.	Património arquitetónico e arqueológico	55
4.3.8.	Paisagem	55
4.3.9.	Ordenamento do território e planeamento municipal	55
4.4.	Medidas de minimização de impactes	56
Capítulo 5.	Conclusões e recomendações	58
Bibliografia	60

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Localização geográfica do local em estudo (Google Earth, 2014).	5
Figura 2.2 - Enquadramento geográfico e administrativo da área em estudo na NUTS III - Dão-Lafões e Serra da Estrela (Fonte, CCDRC, 2014).....	6
Figura 2.3 – a) Zonas geológico-tectónicas do Maciço Ibérico – sector português (extraído Julivert et al. 1974, cit. em Ribeiro et al. 1979); b) Projeção das duas unidades do Super Grupo Dúrico-Beirão: Grupo do Douro e Grupo das Beiras, no mapa de Portugal (extraído de Dias et al., 2006).....	9
Figura 2.4 - Evolução estrutural da ZCI durante o ciclo varisco (modificado de Dias e Ribeiro, 1995).	10
Figura 2.5 - Distribuição dos granitóides sin-D3, e tardi-pós-D3 no Centro e Norte de Portugal (extraído de Azevedo et al., 2005).	11
Figura 2.6 - Fragmentos das cartas geológicas 1:50.000 Folhas 14-D Aguiar da Beira e 17-B Fornos de Algodres.....	12
Figura 2.7 - Bacia hidrográfica do rio Mondego com localização da área em estudo (adaptado do Plano da Bacia Hidrográfica do rio Mondego, ARHCentro)	13
Figura 2.8 - Variação da temperatura média anual na área em estudo (adaptado do Plano de Bacia Hidrográfica do Mondego-2012, ARHCentro,)	14
Figura 2.9 - Variação da precipitação média anual para a área em estudo (adaptado do Plano de Bacia Hidrográfica do Mondego -2012, ARHCentro)	15
Figura 2.10 - Variação da evapotranspiração real média anual para a área em estudo (adaptado do Plano de Bacia Hidrográfica do Mondego -2012, ARHCentro)	15
Figura 2.11 - Localização da área de estudo no Maciço Antigo (fonte: http://snirh.pt/).....	16
Figura 2.12 - Extrato da carta Massas de Água subterrânea (Lei da Água) (fonte: http://snirh.pt/)	17
Figura 3.1 - Mapa com as classes de relevo (m) da região em estudo (construído a partir das Cartas Militares, folhas nº 169 – Aguiar da Beira, nº179 – Penalva Castelo e nº180 – Aldeia Nova (Trancoso)).	18
Figura 3.2 - Tipologia e hidrografia estudo (adaptado das cartas militares nº 169 – Aguiar da Beira, nº179 – Penalva Castelo e nº180 – Aldeia Nova (Trancoso)).	19
Figura 3.3 - Mapa de declives elaborados através do modelo digital terreno feito a partir das cartas militares 1:25000, folhas nº 169 – Aguiar da Beira, nº179 – Penalva Castelo e nº180 – Aldeia Nova (Trancoso).	20
Figura 3.4 - Mapa de exposições solares de vertentes (construído a partir das Cartas Militares 1:25000, folhas nº 169 – Aguiar da Beira, nº179 – Penalva Castelo e nº180 – Aldeia Nova (Trancoso).	21
Figura 3.5 - Geologia da bacia em estudo (adaptação das Cartas geológicas 14-D Aguiar da Beira e 17-B Fornos de Algodres).....	22
Figura 3.6 - Terraços aluvionares e aluviões presentes na bacia do Rio Carapito.....	23
Figura 3.7 - Quartzito (esquerda) e xisto negro (direita) da zona ordovícica.	23
Figura 3.8 - Gnaisse presente na zona ordovícica.....	24
Figura 3.9 - Granitos presentes na bacia do Rio Carapito.....	26
Figura 3.10 - Imagem compósita 5-4-3 RGB obtida com base nas bandas de satélite Landsat 7.	29
Figura 3.11 - Imagem compósita 5-7-3 RGB obtida com base nas bandas de satélite Landsat 7.	30
Figura 3.12 - Imagem compósita 7-4-1 RGB obtida com base nas bandas de satélite Landsat 7.	31
Figura 3.13 - Imagem compósita 7-5-4 RGB obtida com base nas bandas de satélite Landsat 7.	32

Figura 3.14 - Carta de alinhamentos estruturais da bacia hidrográfica do rio Carapito elaborada a partir do método de imagens compósitas.	33
Figura 3.15 - Imagem de satélite obtida através do método de Hillshade com foco de iluminação hipotética de N-S	34
Figura 3.16 - Imagem de satélite obtida através do método de Hillshade com foco de iluminação hipotética de NE-SW.....	35
Figura 3.17 - Imagem de satélite obtida através do método de Hillshade com foco de iluminação hipotética de E-W	36
Figura 3.18 - Imagem de satélite obtida através do método de Hillshade com foco de iluminação hipotética de NW-SE.....	37
Figura 3.19 - Carta de alinhamentos estruturais da bacia hidrográfica do rio Carapito elaborada a partir do método de Hillshade.	38
Figura 3.20 - Carta de alinhamentos estruturais da bacia hidrográfica do rio Carapito elaborada a partir dos métodos de detecção remota.	39
Figura 3.21 - Aspeto de exurgência associada a granito presente na bacia hidrográfica do rio Carapito.....	40
Figura 3.22 - Localização da bacia em estudo (Google Earth, 2014).	41
Figura 3.23 - Mapa de ocupação de solo na bacia hidrográfica do rio Carapito (adaptado do projeto Corine Land Cover 2000)	42
Figura 4.1 - Tipos de barragens existentes e possíveis a ser utilizados no aproveitamento hidroelétrico (<i>Ramos, J. 2004</i>)	45
Figura 4.2 - Localização dos cortes geológicos efetuados conducentes à seleção de locais para implantação dos aproveitamentos.	48
Figura 4.3 - Perfil paralelo ao paredão da barragem mais a jusante no Rio Carapito.	49
Figura 4.4 Perfil perpendicular ao paredão da barragem mais a jusante. Em cima sem a albufeira criada e em baixo com a albufeira criada a partir da barragem.....	49
Figura 4.5 - Perfil perpendicular ao paredão da barragem mais a montante. Em cima sem a albufeira criada e em baixo com a albufeira criada a partir da barragem.....	50
Figura 4.6 - Perfil paralelo ao paredão da barragem mais a montante no Rio Carapito.	50
Figura 4.7 - Mapa com as futuras albufeiras criadas a partir da construção dos aproveitamentos propostos na dissertação.	51

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 - Impactos ambientais nas massas de água subterrâneas decorrentes da implantação de barragens.....	53
---	----

Capítulo 1. Introdução

1.1. A importância da água

A água é um elemento muito abundante no planeta Terra. Ele pode estar presente em diferentes estados: sólido, líquido e gasoso. A água no estado líquido cobre em cerca de 70% a face da Terra, estando no estado sólido nos polos do planeta e nas calotes polares. Destes 70% da água em estado líquido, 97% é água salgada presente nos oceanos e mares. Da água doce presente na Terra - cerca de 3% desse total - cerca de 30% está presente em aquíferos subterrâneos.

A água é um recurso natural essencial, seja como componente químico dos seres vivos, como habitat de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. Esta tem sido considerada ao longo dos tempos como um dos elementos terrestres mais importante, sendo mesmo considerada por algumas civilizações um elemento “sagrado” juntamente com outros elementos como a terra, fogo e o ar.

Tem sido utilizada das mais diferentes formas, tais como, base para a deslocação, alimentação, produção agrícola e mais recentemente na produção de energia.

1.2. Barragens e fatores condicionantes

A água também tem uma grande importância na transformação geomorfológica de uma região, podendo criar grandes vales através da passagem de rios ou a formação de zonas aplanadas com o ziguezaguear de um rio criando zonas produtivas para a agricultura numa dada região. Além da água, outros fatores podem alterar a geomorfologia de uma região, tais como, a tectónica regional que pode alterar drasticamente a morfologia local e regional. Assim, o estudo da hidrologia e da tectónica dos locais onde se pretende instalar os aproveitamentos é muito importante no sentido em que se podem evitar grandes desastres decorrentes da instabilidade ou rutura daquelas estruturas.

O estudo dos gentes geomorfológicos e dos fatores condicionantes de barragens evoluiu acentuadamente nas últimas décadas e atualmente o uso de imagens de satélite para análise geomorfológica e tectónica, nomeadamente para a identificação de alinhamentos estruturais é um método viável e com resultados muito positivos.

Com a observação e identificação dos melhores locais ao nível geológico-estrutural e topográfico, nomeadamente das zonas formadas por grandes vales fluviais, estão a ser construídas barragens de variadas dimensões para aproveitamento energético dos rios.

As barragens são estruturas que já são construídas desde as primeiras civilizações. Contudo, nem sempre com os mesmos objetivos, mas sempre para benefício das regiões e das populações a elas circundantes.

As primeiras barragens das quais se tem registo são da civilização egípcia. Estas tinham como objetivo a proteção da cidade de Mênfis do rio Nilo, e foram construídas próximo do ano 3000 a.C.

As barragens têm vindo a ser uma construção utilizada pelas comunidades humanas para diferentes fins. Como já foi mencionado anteriormente, para a proteção de regiões e populações, mas também podem ser utilizadas para o aproveitamento da água tanto para o consumo humano, como para a utilização na agricultura e na indústria. Mais recentemente a utilização das barragens têm sido para a produção e armazenamento de energia elétrica.

Em Portugal a construção e utilização das barragens tem vindo a crescer tanto para a produção de energia elétrica como para fins de aproveitamento da água para as atividades agrícolas ou consumo humano.

A primeira barragem construída em Portugal - barragem da Tapada Grande - data do ano de 1882 e é uma barragem de terra. Estava integrada na mina de São Domingos, sendo mandada construir pelos proprietários ingleses de maneira a abastecer a aldeia dos mineiros e proporcionar momentos de convívio e lazer na albufeira criada.

Depois desta construção muitas outras barragens foram construídas existindo atualmente cerca de 600 barragens que são abrangidas pelo Regulamento de Segurança de Barragens (Decreto-Lei nº 344/2007, de 15 de Outubro, informação da Autoridade nacional de Proteção civil).

A barragem mais alta construída em Portugal é a barragem do Cabril, tendo 136 metros de altitude a partir da sua fundação. É uma das mais altas construções feitas em Portugal. Em termos de volume de albufeira, a barragem maior é a do Alqueva, com uma capacidade total de 4,15 km³, sendo uma das maiores construções feitas em Portugal. Esta também tem a maior albufeira artificial na Europa.

A barragem com maior altura até a data construída na Terra é a barragem de Nurek, tendo uma altura de 300 m desde a sua fundação. É uma barragem de terra e fica situada no Rio Vakhsh, Tajiquistão. A barragem com maior albufeira é a de Kariba

com um volume máximo de 180 Km³. Esta barragem fica situada no Rio Kaful, no Zimbabué.

O aproveitamento das barragens para a produção de eletricidade tem vindo a aumentar e com isto o aumento da construção de barragens por todo o mundo. A energia hidroelétrica já conta atualmente com cerca de 16% de toda a eletricidade consumida no mundo. Estes valores advêm da aposta de vários países na energia hidroelétrica, tais como a China ou o Brasil. A China tem a maior barragem produtora de eletricidade - a barragem das 3 Gargantas - com uma produção anual de 652,05 TWh.

Em Portugal o consumo de energia, tal como em todo o mundo, tem vindo a aumentar. A potência instalada em Portugal no ano de 2010 era cerca de 4584 MW, ou seja, 41% da energia instalada sendo que os restantes 59% são referentes sobretudo a energia térmica. Contudo, existem aproveitamentos em estudo dos quais se prevê um crescimento da potência instalada para 9444 MW, ficando Portugal com 18222 GWh de energia anual produzida (elementos da REN).

1.3. Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo o estudo da viabilidade implantação de um aproveitamento hidroelétrico - barragem - numa dada região - bacia hidrográfica de média a pequena dimensão. A bacia utilizada no presente estudo foi a bacia do rio Carapito. Trata-se de uma sub-bacia integrada na bacia do rio Dão que pertence à grande bacia do rio Mondego. A seleção desta bacia deveu-se às características físicas da bacia (ser uma bacia de uma dimensão não muito elevada, tendo a linha de água principal de ser perene e a topografia apresentar presença de declives mais acentuados possibilitando a implementação do aproveitamento) e à localização na Zona Centro.

Para se alcançar este objetivo foram definidos vários objetivos secundários, nomeadamente:

- Caracterização física da bacia hidrográfica, assim como dos domínios regionais enquadrantes; esta caracterização incluiu os seguintes domínios: topografia, geologia, hidrogeologia; a determinação dos alinhamentos estruturais da bacia sofreu um tratamento mais aprofundado considerando que é um dos fatores fundamentais para a escolha dos locais de implantação das barragens;
- Estudo dos principais impactes ambientais associados à da implantação das barragens.

1.4. Metodologias

A metodologia utilizada para a concretização dos objetivos propostos com a elaboração desta dissertação pode ser agrupada em três conjuntos:

- Pesquisa bibliográfica, com a finalidade de recolher o máximo de informação disponível sobre a bacia em estudo, a região enquadrante e o tema principal de investigação; numa fase posterior, efetuou-se a comparação com outros casos de estudo publicados;

- Trabalho de campo na bacia hidrográfica em referência, envolvendo os seguintes aspetos:

- a) Caracterização geológica e estrutural;
- b) Reconhecimento topográfico e da cobertura vegetal presente na bacia,
- c) Caracterização da rede de drenagem com enfoque na linha de água principal.

- Atividades de gabinete incluindo o tratamento e interpretação de dados e:

- a) Elaboração de mapas da região em estudo, com base na cartografia pré-existente, fotografia de satélite (Landsat 7) e nos dados obtidos, utilizando o programa ARCGIS 10.2.1 (ESRI™);
- b) Integração dos dados obtidos e comparação com os elementos da área envolvente;
- c) Redação da Dissertação

Capítulo 2. Enquadramento regional

Neste capítulo são abordados o enquadramento regional da área em estudo, nomeadamente ao nível geográfico, administrativo, topográfico, hidrográfico, climatológico e geológico-tectónico.

2.1. Geográfico e administrativo

2.1.1. Enquadramento no País

Os locais de implantação de um eventual aproveitamento hidroelétrico (principal objetivo do presente estudo), situar-se-ão no Rio Carapito, afluente da margem esquerda do Rio Dão próximo da confluência destes rios. A bacia hidrográfica do rio Carapito fica situada nos distritos de Guarda e Viseu (Fig.2.1), aproximadamente entre as latitudes de 40°39'N e 40°47'N e as longitudes de 7°25'W e 7°37'W de Greenwich. Esta bacia tem uma área total de 78km², apresenta uma forma alongada com a direção de NE-SW. Esta área de estudo é abrangida pelas folhas 169 (Aguiar da Beira), 179 (Penalva Castelo) e 180 (Aldeia Nova, Trancoso) da Carta Militar de Portugal, na escala de 1:25000, publicadas pelo Instituto Geográfico do Exército.

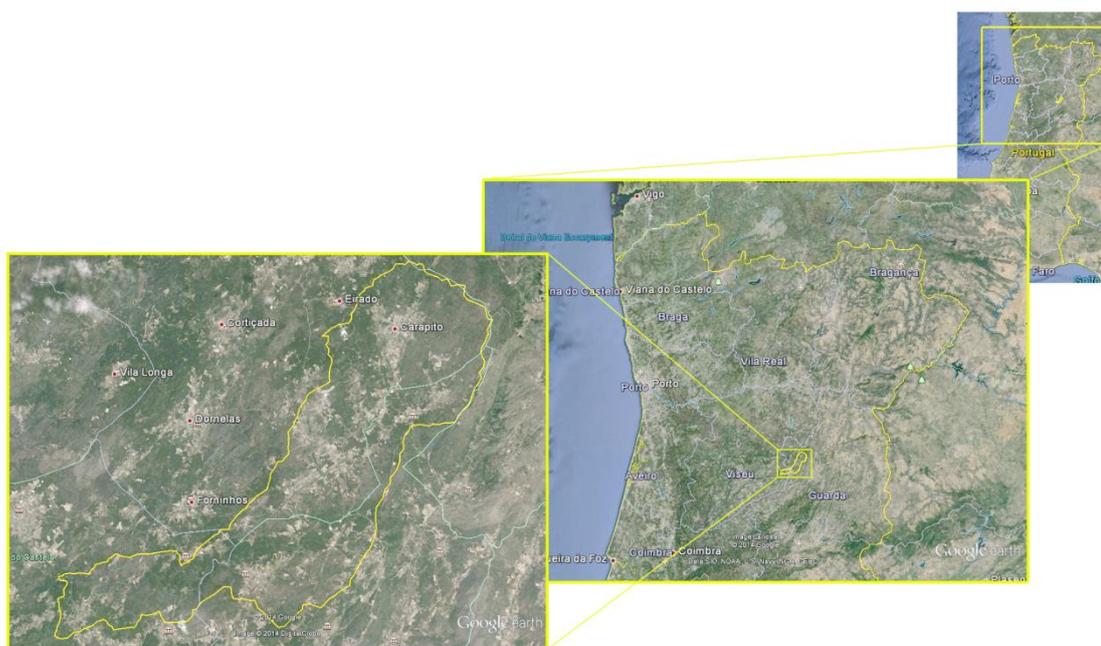


Figura 2.1 - Localização geográfica do local em estudo (Google Earth, 2014).

2.2. Geológico

No contexto geológico nacional, esta região fica situada na Zona Centro-iberica (ZCI) (Fig. 2.3). As formações geológicas desta região incluem: depósitos sedimentares pouco expressivos, recentes e associados a processos fluviais, rochas graníticas e rochas metamórficas do Paleozóico e Pré-câmbrico. Seguidamente descrevem-se as principais características das formações metamórficas e graníticas (Fig. 2.6).

O maciço antigo é dividido, segundo Lotze (1945 e 1963) em seis unidades de orientação NW-SE a N-S, sendo elas, Zona Sul Portuguesa (ZSP), Zona de Ossa Morena (ZOM), Zona Oriental Alcúdica (ZOA), Zona Galaico-Castelhana (ZGC), Zona Astúrica Leonesa (ZAL) e Zona Cantábrica (ZC). A ZOA e a ZGC integram a Zona Centro-Ibérica (ZCI) que é uma zona axial do Maciço Hespérico.

Esta zona (ZCI) é composta por terrenos hercínicos e pre-cambrios com variáveis graus de metamorfismo. Esta zona tem uma certa individualidade tendo a presença de maciços alóctones de alto grau de metamorfismo, constituídos por rochas metabásicas assentes sobre metapelitos autóctones de baixos graus de metamorfismo (Potró, M.P., 1995).

A ZCI tem presente três fases de deformação hercínicas (F1, F2 e F3) que são geralmente aceites (Ribeiro, 1974; Sousa, 1971; Godinho, 1974; Noronha *et al.*, 1979; Gama Pereira e Macedo, 1984) mas tendo apreciações diferentes quanto as relações temporais com a cristalização primária dos granitos (Ribeiro *et al.*, 1980; Schermerhorn, 1981). Duas das fases de metamorfismo estão associadas a essas deformações, o metamorfismo de baixa pressão e alta temperatura, relacionado com as intrusões graníticas sin- a pós-F2 (Soen, 1970) e o de pressões intermédias a baixas, essencialmente sin-F2, de carácter plurifacial e multifásico do metamorfismo hercínico com pressões progressivamente decrescentes e temperaturas crescentes (Noronha *et al.*, 1979).

É a unidade geológica que tem maior extensão em Portugal (Fig. 2.11), é constituído maioritariamente por rochas eruptivas e metassedimentares. As litologias são constituídas por rochas duras ou por rochas fraturadas ou fissuradas. São rochas com pouca aptidão hidrogeológica pobres em recursos hídricos subterrâneos, são aproveitados por pequenas captações com a finalidade para a agricultura e abastecimentos da população onde têm um papel importante.

É caracterizado por uma relativa uniformidade onde é possível especificar algumas pequenas unidades com características próprias correspondentes às divisões geoestruturais do maciço. A Zona Centro-Ibérica é caracterizada por grandes extensões

de granitóides e de rochas metassedimentares com metamorfismo variável, a considerar também a presença de quartzitos que formam relevos consideráveis onde estão presentes. Este maciço é uma zona ainda pouco estudada dada as suas características. Este é dividido em três unidades que coincidem aproximadamente com as unidades geotectónicas: Zona Centro Ibérica, Zona da Ossa Morena e Zona Sul Portuguesa. (Dados Snirh)

2.2.1. Rochas metamórficas do Pré-câmbrico e Paleozóico

Incluem-se maioritariamente no Complexo Xisto-grauvatico (CXG) que está dividido em dois grandes grupos, o grupo do Douro e o grupo das Beiras (Bernardo de Sousa, 1983), esta divisão foi revisada por Dias et al. (2006) sendo a que é actualmente a mais referenciada (Fig. 2.3). O grupo das beiras situa-se mais a sul alternando entre metapleitons e metagrauvaques ricos em quartzo. O grupo do Douro por outro lado é mais heterogéneo tendo unidades arenítico-pelíticas, contendo intercalações de pelitos com magnetite e níveis de calcários e conglomerados.

As formações que afloram na bacia em estudo deste Super grupo Durico-Beirão são parte do Grupo do Douro. Em termos estruturais a ZCI está estritamente associada á deformação da orogenia Varisca, tendo fracamente estruturas relativas a episódios de deformação anteriores (Díez Balda *et al.*, 1990). A deformação varisca foi se desenvolvendo em várias fases, sendo reconhecidas principalmente três fases de deformação dúctil, designadas por D₁, D₂ e D₃ (Ribeiro *et al.*, 1979; Díez Balda *et al.*, 1990).

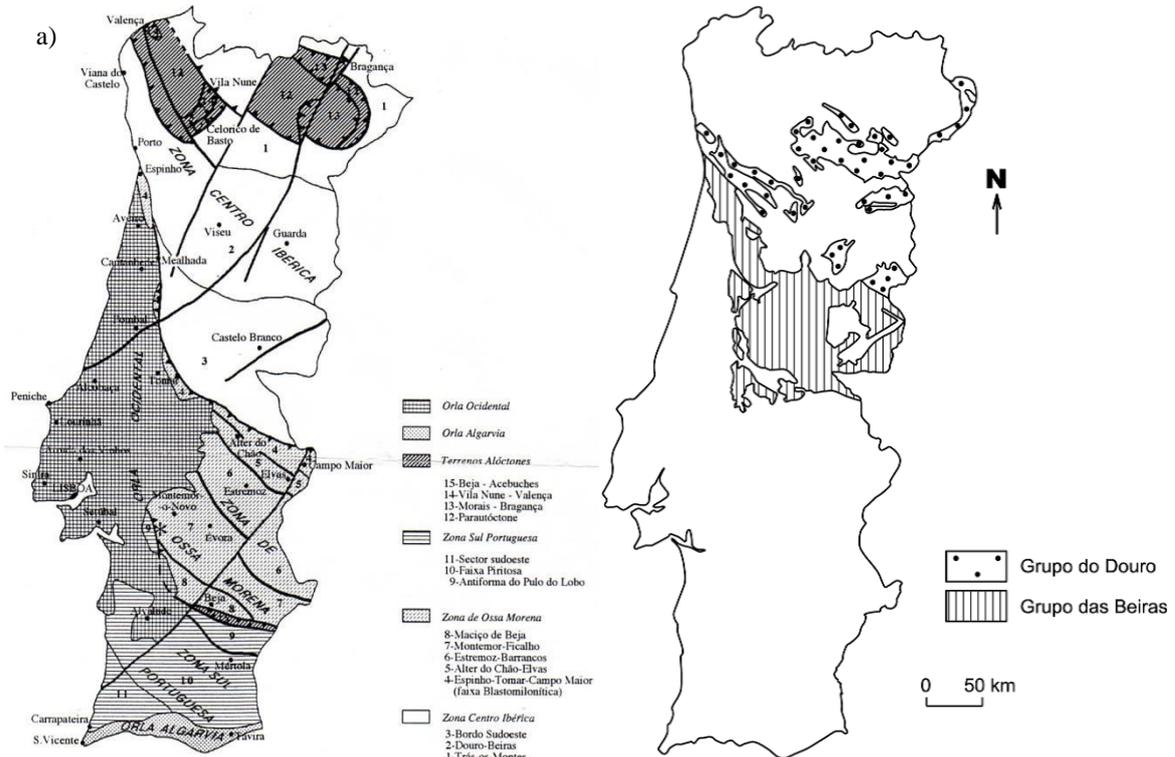


Figura 2.3 – a) Zonas geológico-tectónicas do Maciço Ibérico – sector português (extraído Julivert et al. 1974, cit. em Ribeiro et al. 1979); b) Projeção das duas unidades do Super Grupo Dúrico-Beirão: Grupo do Douro e Grupo das Beiras, no mapa de Portugal (extraído de Dias et al., 2006).

A primeira fase de deformação (D1), afetou a sequência sedimentar pré-carbonífera, provocando dobras de escala quilométrica com uma direção geral NW-SE. As estruturas da segunda fase de deformação (D2) são representadas nas sequências metamórficas com grau médio a alto que se relacionam com zonas de cisalhamento sub-horizontais (Díez Balda *et al.*, 1990; Valle Aguado *et al.*, 2005). As zonas de cisalhamento transcorrentes associadas a terceira fase de deformação (D3) produziram dobras com o plano axial vertical, que redobram as estruturas formadas nas fases anteriores nos locais afetados por esta fase de deformação (Fig. 2.4) (Gil Iburguchi *et al.*, 1983; Díez Balda *et al.*, 1990; Valle Aguado *et al.*, 2005).

Na fase final da orogenia varisca desenvolveu-se uma fracturação com dois sistemas conjugados, um sistema direito com uma direção NNW-SSE a NW-SE e um sistema esquerdo com uma direção NNE-SSW a NE-SW (Ribeiro *et al.*, 1979).

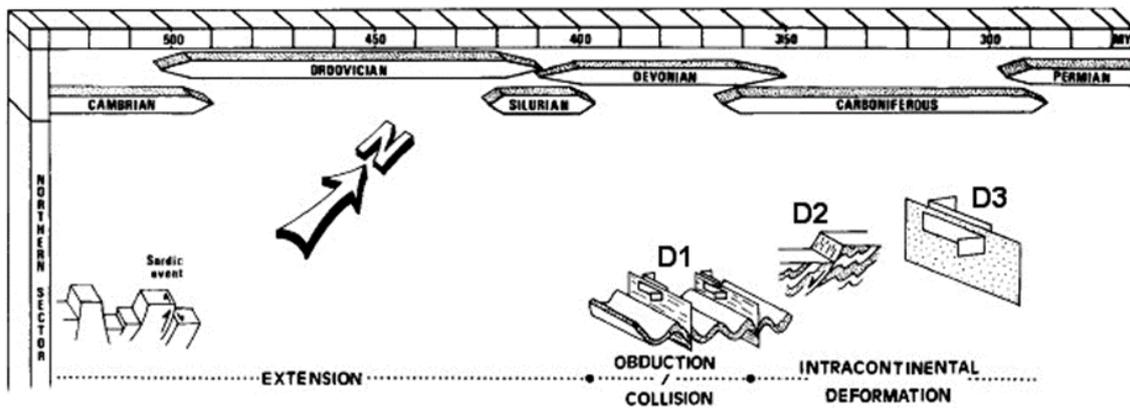


Figura 2.4 - Evolução estrutural da ZCI durante o ciclo varisco (modificado de Dias e Ribeiro, 1995).

As formações paleozóicas estão representadas por rochas do Ordovícico, nomeadamente por micaxistos, quartzitos, xistos negros e gnaisses.

2.2.2. Rochas graníticas

As rochas graníticas que afloram na ZCI, tendo em conta as fases de deformação que ocorreram podem ser agrupadas em dois grupos: os granitóides sin-D₃ e os granitóides tardi-pos-D₃ (Ferreira *et al.*, 1987; Pinto *et al.*, 1987; Dias, 2001) (Fig. 2.5).

No grupo dos sin-tectónicos os granitos peraluminosos de duas micas são os que afloram mais frequentemente, afloram também mas com menor representação granodioritos e granitos biotíticos. Apresentam de modo geral em maciços alongados concordantes com as estruturas regionais, estes granitóides estão instalados em níveis relativamente profundos da crosta. Ao contrário dos granitóides anteriormente referidos os tardi-pós-tectónicos formam maciços discordantes instalados em zonas epizonais da crosta onde provocam metamorfismo no metassedimentos envolventes. Este grupo é constituído por granodioritos biotíticos / monzogranitos associados a rochas intermédias e básicas e leucogranitos de duas micas metaluminosos e peraluminosos. As idades isotópicas permitem definir as idades destes maciços sin-tectónicos no intervalo 320-310 Ma e a dos granitos tardo-pos-tectónicos entre 310-290 Ma. (Almeida *et al.*, 1998; Dias *et al.*, 1998; Antunes *et al.*, 2008; Teixeira, 2008; Costa, 2011; Azevedo e Valle Aguado, 2013).

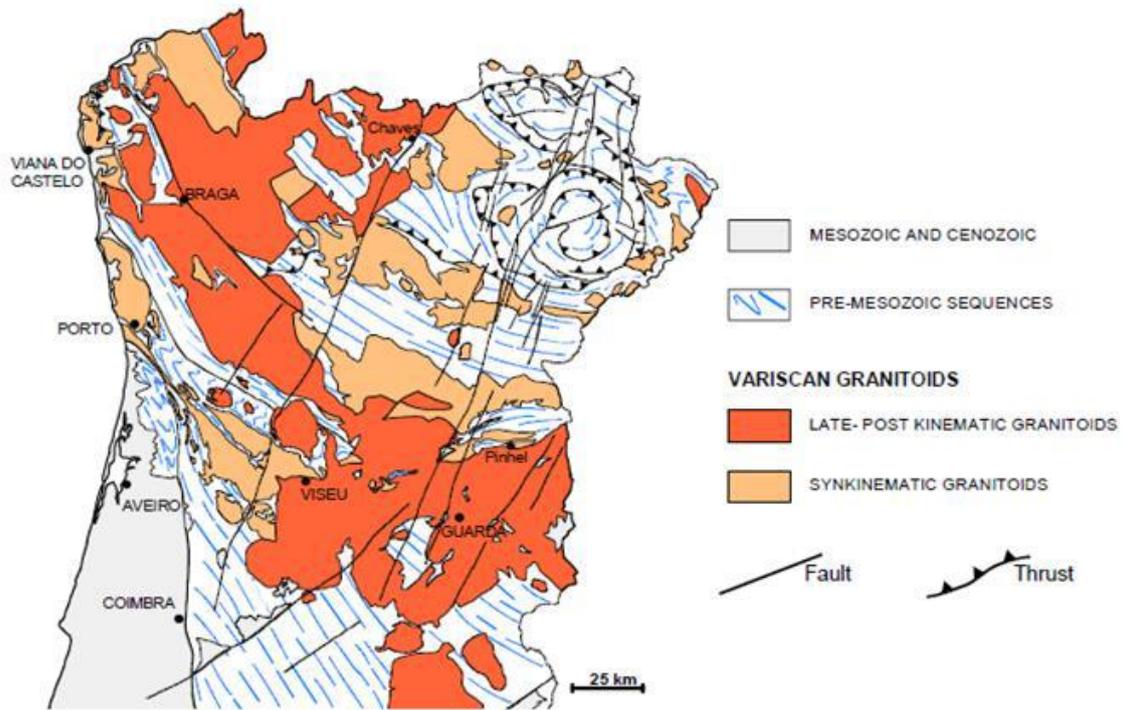


Figura 2.5 - Distribuição dos granitóides sin-D3, e tardi-pós-D3 no Centro e Norte de Portugal (extraído de Azevedo et al., 2005).

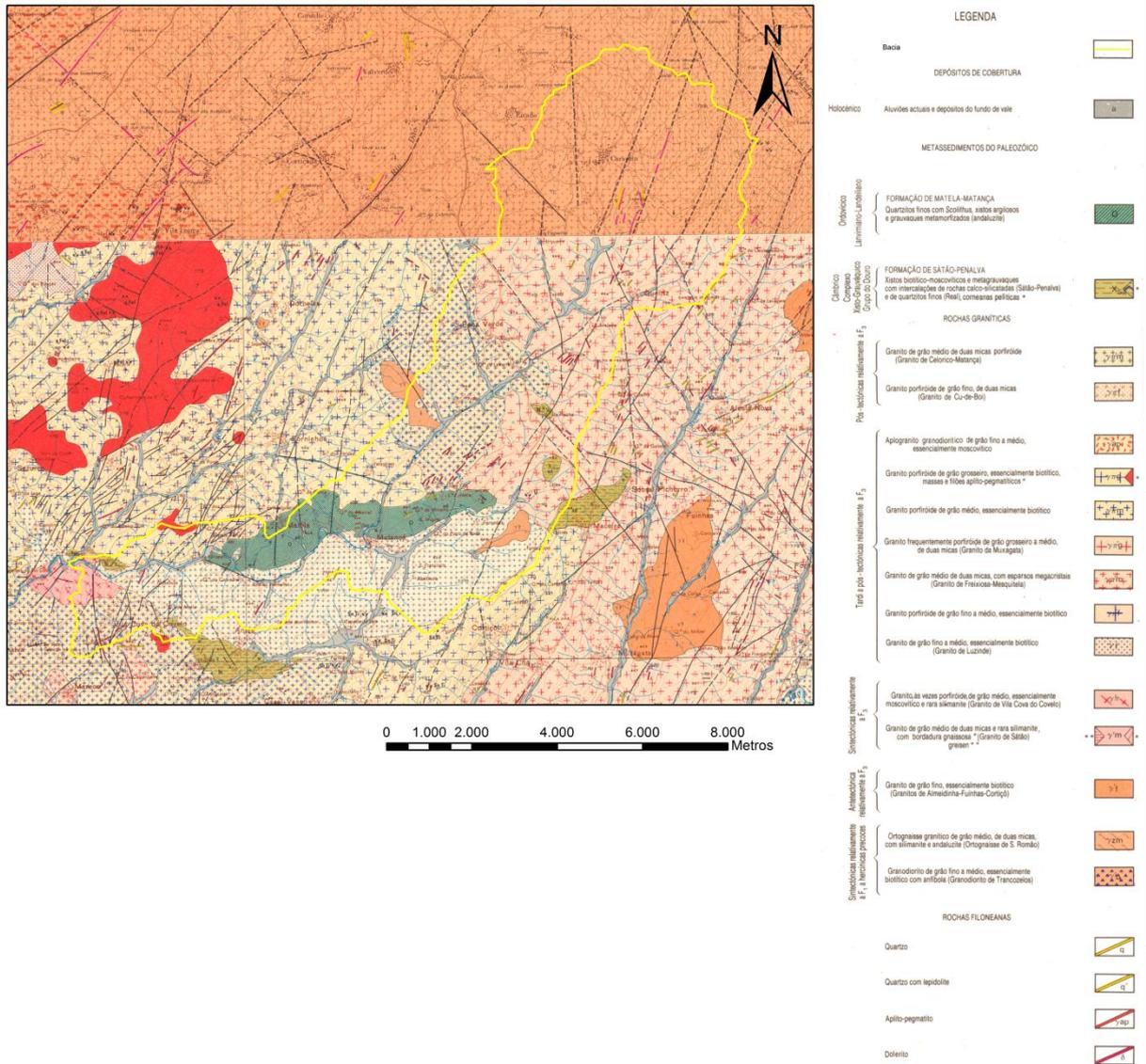


Figura 2.6 - Fragmentos das cartas geológicas 1:50.000 Folhas 14-D Aguiar da Beira e 17-B Fornos de Algodres.

2.3. Hidrológico: climatológico e hidrográfico

A área em estudo situa-se na bacia hidrográfica do Mondego, mais propriamente na sub-bacia do rio Dão (Fig. 2.7).

A bacia no qual se foca este trabalho é uma pequena bacia - sub-bacia do Rio Carapito (BHC) – pertencente à bacia do Rio Dão. O Rio Carapito é um curso de água perene que corre de NE-SW, cuja nascente está próxima da localidade de Carapito do qual recebeu o nome. É um rio com um comprimento de cerca de 25 Km, a nascente a uma altitude de 750 m de altitude e o ponto de menor altitude (cerca de 400 m) junto da foz localizada da povoação de Vila-Cova-do-Covelo, na ligação com o Rio Dão, nomeadamente na margem esquerda deste. A bacia tem uma área total de 78 Km², é alongada (não quadrangular), apresenta relevo acentuado e drenagem razoável.

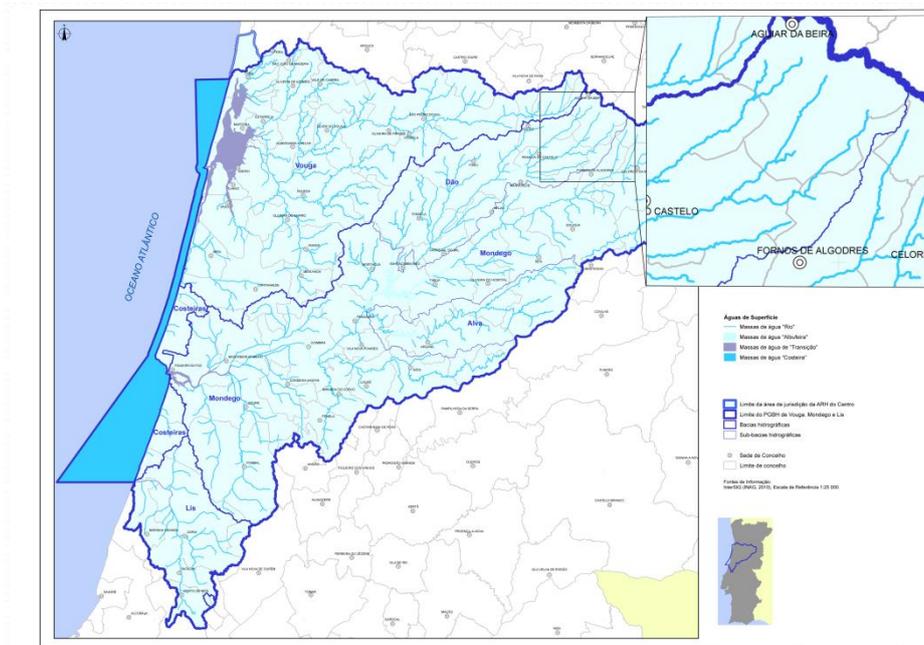


Figura 2.7 - Bacia hidrográfica do rio Mondego com localização da área em estudo (adaptado do Plano da Bacia Hidrográfica do rio Mondego, ARHCentro)

Climatologicamente, a bacia em estudo localiza-se numa região em que as temperaturas são mais altas nas zonas mais elevadas e nas zonas aplanadas e mais baixas nas zonas onde se situam os vales e com menos exposição solar. A temperatura média anual está situada nos 12°C (Fig. 2.8). As temperaturas mais elevadas nesta região registam-se nos períodos de verão e as temperaturas mais baixas nos períodos de inverno. As temperaturas mais altas registadas são de 39°C entre os meses de Junho

e Setembro, enquanto que as temperaturas mais baixas são de 2,5°C entre os meses de Dezembro e Fevereiro (elementos do PMDFCI de Penalva do Castelo, Viseu e Guarda).

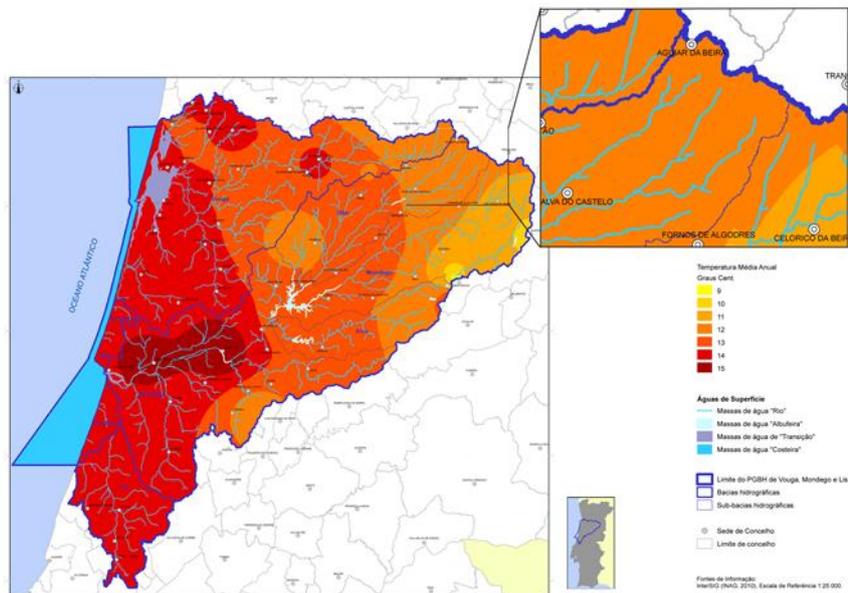


Figura 2.8 - Variação da temperatura média anual na área em estudo (adaptado do Plano de Bacia Hidrográfica do Mondego-2012, ARHCentro,)

Entre os meses de Novembro e Fevereiro chove com alguma regularidade, atingindo valores máximos de precipitação atmosférica no mês de Fevereiro com 177 mm. Os valores mais baixos de precipitação ocorrem nos meses de Julho e Agosto, ocorrendo o valor mínimo no mês de Agosto com 14 mm, valores estes de acordo com o PMDFCI de Viseu e Guarda. A precipitação média anual desta região é de 1000 mm, sendo na zona mais noroeste da bacia de 900 mm (Fig. 2.9).

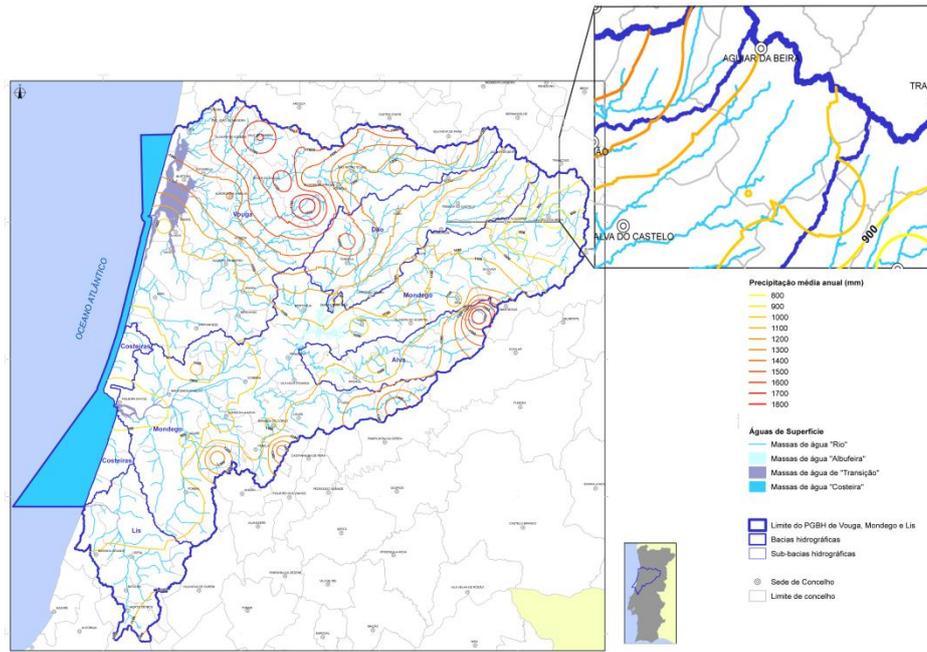


Figura 2.9 - Variação da precipitação média anual para a área em estudo (adaptado do Plano de Bacia Hidrográfica do Mondego -2012, ARHCentro)

A evapotranspiração real anual da bacia em estudo está compreendida entre 675 e 700 mm (Fig. 2.10).

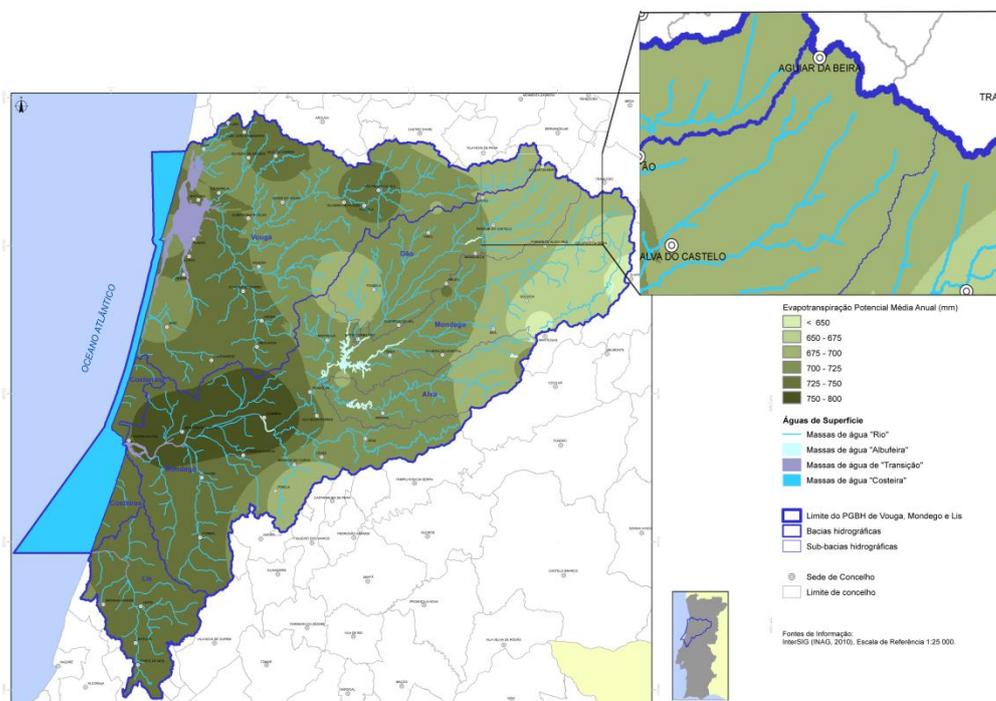


Figura 2.10 - Variação da evapotranspiração real média anual para a área em estudo (adaptado do Plano de Bacia Hidrográfica do Mondego -2012, ARHCentro)

2.4. Hidrogeológico

O local em estudo - bacia hidrográfica do rio Carrapito (BHC) - insere-se na Unidade hidrogeológica do Maciço Antigo (Fig. 2.11) e na Massa de água subterrânea do Maciço antigo indiferenciado do Mondego - A0x2RH4 - MACIÇO ANTIGO INDIFERENCIADO DA BACIA DO MONDEGO (Fig.2.12).

Na região em referência neste estudo não estão definidos Sistemas aquíferos. Contudo, localmente evoluem aquíferos de pequena dimensão, enquadráveis em dois grupos: (1) aquíferos nas formações graníticas, nomeadamente nos sectores com maior densidade de fraturação ou com mais acentuada alteração e (2) aquíferos freáticos implantados nos depósitos aluvionares que ocorrem nas margens da linha de água principal.

Em ambos os tipos de aquíferos, a recarga decorre da precipitação e infiltração hídricas e da transferência de água a partir das linhas de água perenes, nomeadamente no período invernal. A descarga aquífera ocorre por processos naturais, sobretudo através da evapotranspiração e do escoamento através das linhas de água e descarga na linha de água principal (Rio Dão) e por processos induzidos, nomeadamente por extração através de poços e de furos.

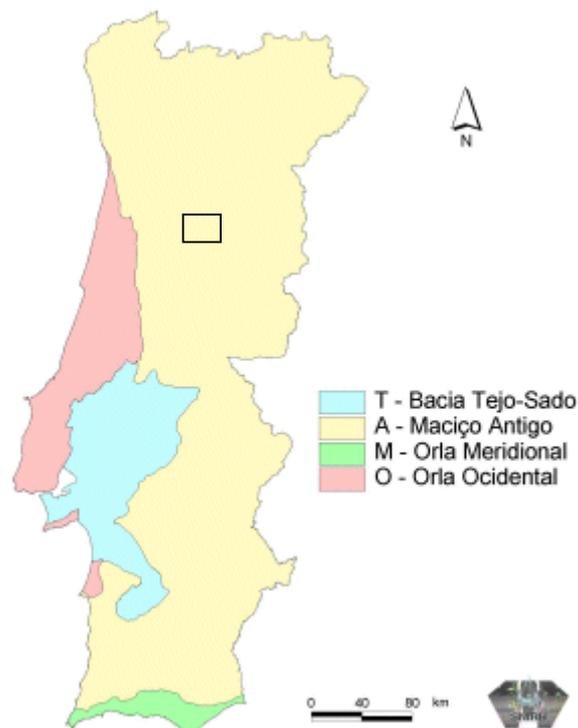


Figura 2.11 - Localização da área de estudo no Maciço Antigo (fonte: <http://snirh.pt/>)

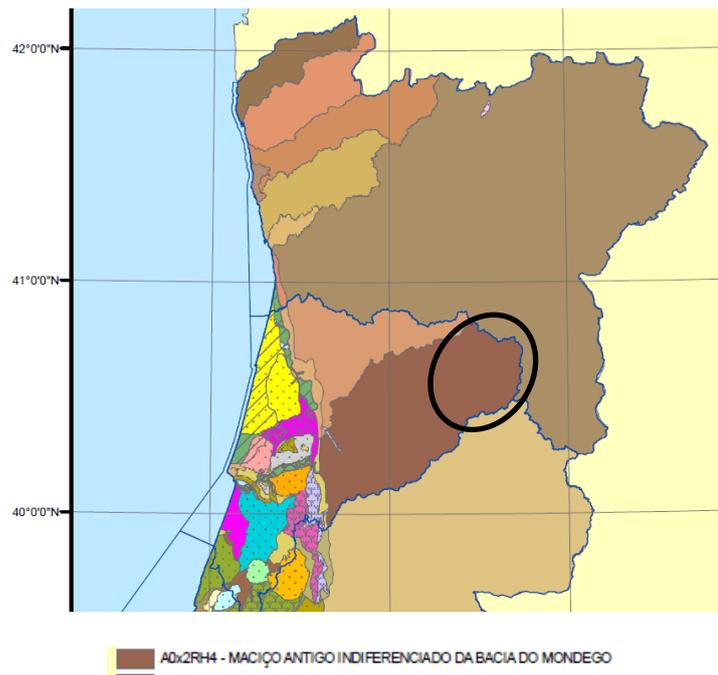


Figura 2.12 - Extrato da carta Massas de Água subterrânea (Lei da Água) (fonte: <http://snirh.pt/>)

Capítulo 3. Caracterização física da bacia hidrográfica do rio Carrapito

Neste capítulo apresenta-se o estudo físico da bacia do Rio Carapito uma vez que corresponde ao domínio espacial mais indicado para a colocação do aproveitamento hídrico, o objetivo principal proposto nesta dissertação.

3.1. Topografia e hidrográfico

A bacia em estudo apresenta maioritariamente relevo com declives pouco acentuados, típicos de terrenos graníticos. Estes domínios pouco declivosos são atravessados por uma faixa com declives bastante mais acentuados devido a presença de uma crista ordovícica mais resistente à erosão. Estes declives mais acentuados estão igualmente presentes nos sectores próximos da nascente do Rio Carapito. As zonas de maior altimetria da bacia com 750m localizam-se perto de Carapito. Os locais de cota mais baixa de 400m situam-se perto de Vila Cova do Covelo (Fig. 3.1).

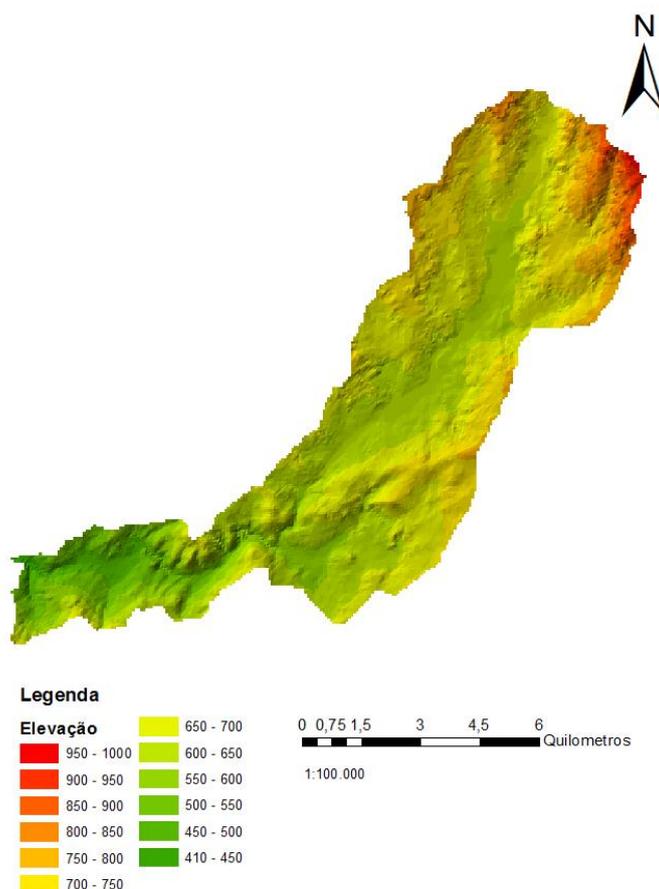


Figura 3.1 - Mapa com as classes de relevo (m) da região em estudo (construído a partir das Cartas Militares, folhas nº 169 – Aguiar da Beira, nº179 – Penalva Castelo e nº180 – Aldeia Nova (Trancoso)).

A rede de drenagem local é claramente dominada pelo Rio Carapito, cuja direção dominante é NE-SW (Fig.3.2), aproveitando alguns alinhamentos estruturais presentes na bacia. Este apresenta um trajeto bastante retilíneo até aos terrenos ordovícicos, local onde se apresenta um pouco mais sinuoso.

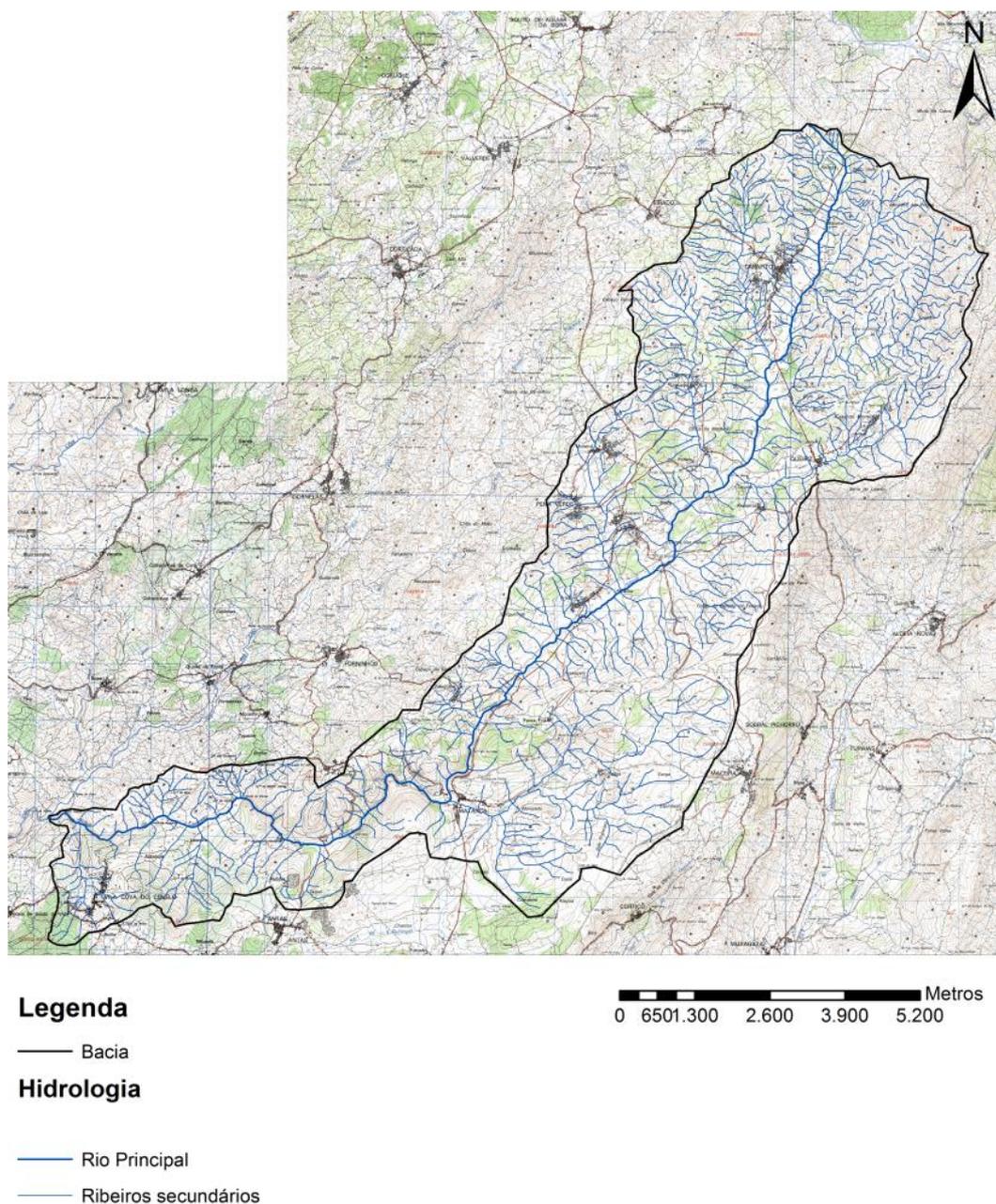


Figura 3.2 - Tipologia e hidrografia estudo (adaptado das cartas militares nº 169 – Aguiar da Beira, nº179 – Penalva Castelo e nº180 – Aldeia Nova (Trancoso)).

A presença da crista ordovícica mais resistente associada à erosão diferenciada pelo Rio Carapito criou o troço mais declivoso do rio. Na zona mais a norte da bacia (local da nascente do Rio Carapito) ocorrem também zonas com declives acentuados, assim como nos sectores junto da foz do rio. Na restante área da bacia os declives são ligeiros devido a presença do soco granítico intensamente erodido (Fig. 3.3).

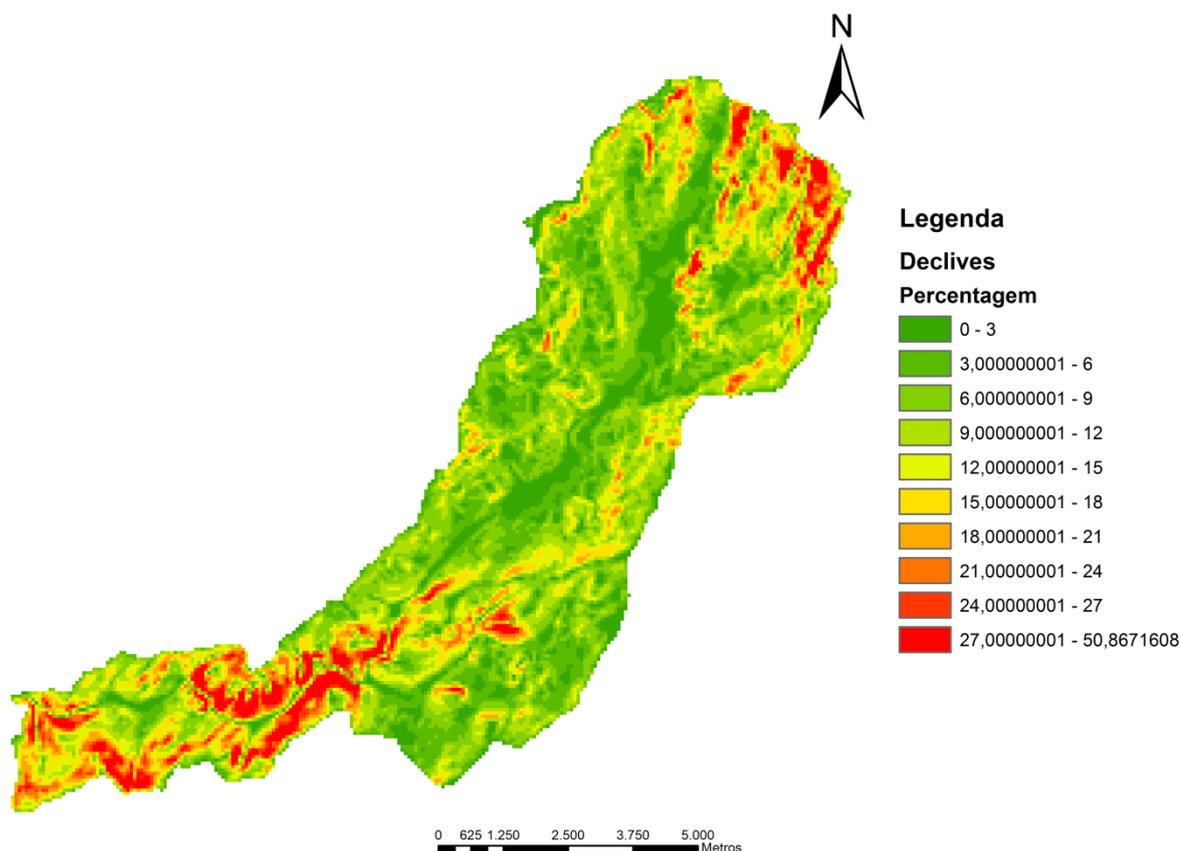


Figura 3.3 - Mapa de declives elaborados através do modelo digital terreno feito a partir das cartas militares 1:25000, folhas nº 169 – Aguiar da Beira, nº179 – Penalva Castelo e nº180 – Aldeia Nova (Trancoso).

Em termos da exposição solar de vertentes a bacia em estudo tem uma disposição muito variada com uma ligeira predominância de noroeste e de sul (Fig. 3.4), este pode ser importante devido a modificação do espelho de água que poderá ser criado através da implantação do aproveitamento para a identificação de locais onde poderão ocorrer modificações do microclima que afetarão a flora e a fauna dos locais onde o espelho de água ficará.

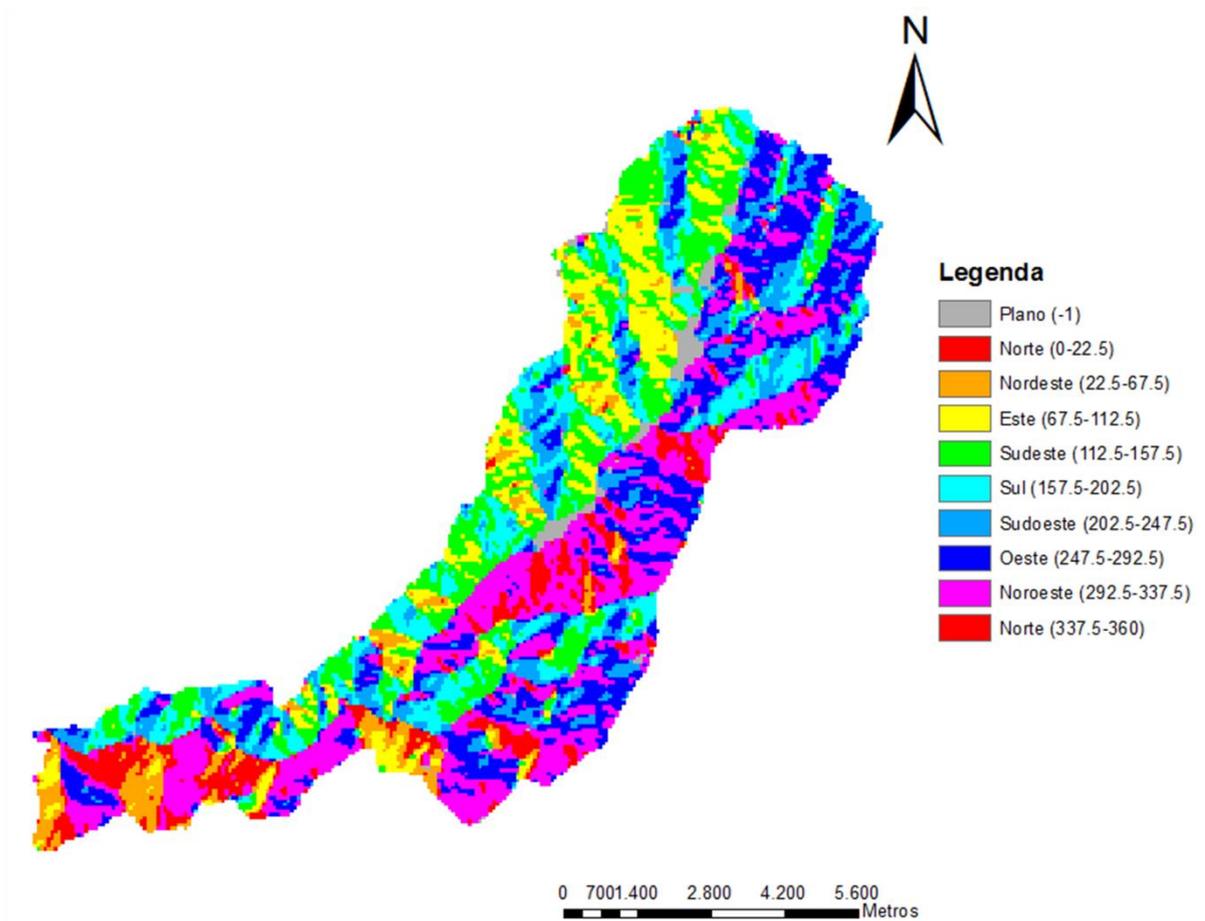


Figura 3.4 - Mapa de exposições solares de vertentes (construído a partir das Cartas Militares 1:25000, folhas nº 169 – Aguiar da Beira, nº179 – Penalva Castelo e nº180 – Aldeia Nova (Trancoso)).

3.2. Geologia

A geologia da área em estudo está representada nas Cartas geológicas de Portugal 1:50.000, folhas 14-D Aguiar da Beira e 17-B Fornos de Algodres (Fig. 3.5).

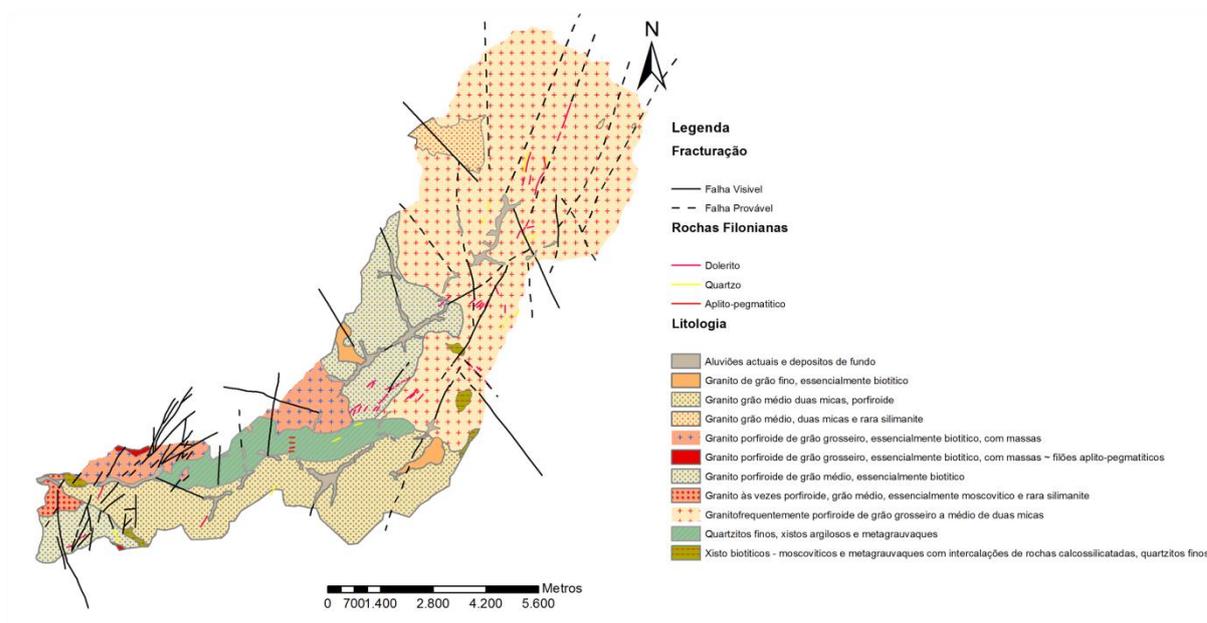


Figura 3.5 - Geologia da bacia em estudo (adaptação das Cartas geológicas 14-D Aguiar da Beira e 17-B Fornos de Algodres)

O conjunto das formações geológicas presentes na área em estudo inclui, da mais recente para a mais antiga:

➤ Aluviões

São depósitos e terraços pertencentes ao Holocénico (Quaternário), que nesta área são pouco extensos, de origem granítica, e pouco evoluídos, facto confirmado com a presença de calhaus sub-rolados e elevada desorganização interna. Localizam-se junto das linhas de água principais (Fig. 3.6) e têm uma direcção preferencial de NE para SW.



Figura 3.6 - Terraços aluvionares e aluviões presentes na bacia do Rio Carapito.

➤ Ordovícico

É constituído por quartzitos finos com *Scolithus* (Fig. 3.7), xistos argilosos (Fig. 3.7) e grauvaques metamorfizados (andaluzite e estauroлите). No contacto com o granito, as formações ordovícicas apresentam elevado grau de metamorfismo apresentando aspeto gnaísico (Fig. 3.8). O afloramento ordovícico pertence à Formação de Matela – Matança (Carta Geológica de Portugal, 17-B Fornos de Algodres), tem uma extensão de poucos quilómetros quadrados. Na bacia em estudo é cortada pela linha de água principal, ocorrendo neste local uma falha, a formação ordovícica tem uma direção aproximadamente E para W.



Figura 3.7 – Quartzito micáceo (esquerda) e micaxisto (direita) da zona ordovícica.



Figura 3.8 - Gnaiss presente na zona ordovícica (esquerda) e micaxisto com estauroлите (direita).

➤ Complexo Xisto-Grauváquico

O Complexo Xisto-Grauváquico caracteriza-se por apresentar maioritariamente níveis de filitos e micaxistos alternados com bancadas meta-grauvacóides e intercalações de rochas calcossilicatadas mais ou menos evoluídas. Os contactos com os granitos caracterizam-se por apresentar zonas fortemente esmagadas, com desenvolvimento de planos de foliação induzidos por ações de cisalhamento, paralelos a planos de origem idêntica que afetam os granitos sin-tectónicos. (Pinto, A.F.F., 1991).

➤ Rochas Granitóides

Na bacia afloram 8 tipos de rochas granitoides (Fig. 3.9), mais precisamente:

- Granito de grão médio de duas micas porfiróide (Granito de Celorico-Matança),
- Granito porfiróide de grão grosseiro, essencialmente biotítico, massas e filões aplito-pegmatíticos,
- Granito porfiróide de grão grosseiro, essencialmente biotítico,
- Granito porfiróide de grão médio, essencialmente biotítico,
- Granito frequentemente porfiróide de grão grosseiro a médio, de duas micas (Granito da Muxagata),

- Granito às vezes porfiróide de grão médio, essencialmente moscovítico e rara silimanite (Granito de Vila Cova do Covelo),
- Granito de grão fino, essencialmente biotítico (Granitos de Almeidinha-Fuinhas-Cortiço),
- Granito grão médio, de duas micas e rara silimanite.

O tipo granítico com maior expressão é o Granito frequentemente porfiróide de grão grosseiro a médio de duas micas (Granito de Muxagata). Relativamente aos granitoides, o granito de Celorico-Matança trata-se de uma rocha ígnea pós-tectónica relativamente a F_3 (pós-orogénico), (Pinto et al., 1987) datada de 252 ± 9 Ma, atribuída ao Namuriano-Vasteriano médio (Diez Balda et al. 1990). Na região enquadrante este granito faz contacto com granitos tardi a pós orogénicos, acentuadamente porfiróides e ricos em biotite (Gonçalves et al., 1990).

O granito local – granito de Celorico-Matança - expressa granulometria grosseira excepto na zona sul onde apresentam uma granularidade média.

Na região em estudo estão presentes três tipos de granitoides tardi a pós-tectónicos relativamente a F_3 . Estes apresentam características porfiróides com o grão a variar de médio a grosseiro sendo os granitoides mais recentes essencialmente biotíticos e o granitóide mais antigo de duas micas (granito de Muxagata).

Na região está presente um granitóide sintectónico relativamente a F_3 de composição monzonítica. Ocorre na região sob a forma de um afloramento arredondado na região de Vila Cova do Covelo até ao Rio Dão, é parcialmente limitado por falhas, a mancha deste granitóide volta a reaparecer em torno da povoação da Antas contactando a sul com um grão médio porfiróide. Estes contactos são geralmente traduzidos por pequenas faixas de micaxistos que ficaram conservados e separam granitos diferentes. (Pinto, A.F.F., 1983, 1989)

Na região em estudo está presente um granitóide do período antetectónico relativamente a F_3 , este granito é binário de grão fino forma um corpo grosseiramente ovalado, está rodeado por granitos de grão médio que se supõe que sejam das unidades aflorantes mais antigas na região de Fornos de Algodres, não só pelas suas relações em termos de campo com outros plutonitos como por estarem presentes encaves de rochas finamente granulares no seio da fácies porfiróides grosseiras que se admitem

pertencer ao granito em caso (Fig. 3.9). É um granito com uma idade calculada entre os 364 ± 14 Ma. (Serrano Pinto, M. *et al*; 1987)



Figura 3.9 - Granitos presentes na bacia do Rio Carapito.

➤ Rochas filonianas

Estão presentes na região três tipos de rochas filonianas: filões de quartzo, aplito-pegmatito e dolerito. Os filões de quartzo são os mais abundantes. São maioritariamente de quartzo branco a leitoso. Existem também de quartzo acinzentado, quartzo fumado ou ferruginoso, alguns apresentam natureza brechóide com os fragmentos de quartzo cimentados após a tectonização.

A orientação destes varia desde N-S a E-W. As direções dominantes são as de NE-SW. (Teixeira, C. *et al*, 1972). Alguns filões cortam as formações ordovícicas e são frequentemente horizontais a sub-horizontais com orientação é de E-W.(Teixeira, C. *et al*, 1972).

3.3. Caracterização estrutural

Considerando que o enquadramento estrutural, particularmente a rede e densidade de fraturação constitui um fator determinante na seleção de locais para implantação dos aproveitamentos, efetuou-se uma abordagem mais aprofundada deste domínio, nomeadamente a análise da fraturação e de outros alinhamentos estruturais baseada em técnicas de deteção remota.

3.3.1. Análise de geoestruturas (fraturação)

Efetua-se neste ponto uma interpretação das imagens de satélite Landsat 7 no intuito da obtenção e análise das geoestruturas (alinhamentos estruturais) presentes na região, cuja presença pode condicionar a localização e aprovação da implementação de um aproveitamento hídrico.

3.3.1.1. Interpretação de deteção remota através método de imagens compósitas

No uso das imagens de satélite para a identificação de alinhamentos estruturais utilizam-se a função de obtenção de imagens compósitas através das várias bandas obtidas pelo satélite Landsat 7.

O satélite tem oito bandas de entre as quais as 1, 2 e 3 que estão dentro do espectro do visível, as bandas do 4 ao 7 são do espectro do infravermelho e por fim a banda 8, denominada de banda pancromática. As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 têm uma resolução espacial de 30m, enquanto que a banda 6 tem uma resolução de 60m e a banda 8 de 15m. A banda 6 não vai ser utilizada devido a ser uma banda de infravermelho termal, não trazendo vantagens no estudo que se irá realizar.

A banda 1 é a que fica no espectro do azul é utilizada regularmente para mapeamento das águas costeiras, diferenciação entre solo e vegetação e diferenciação entre vegetação coníferas e decídua. A banda 2 fica dentro do espectro do verde é utilizada para o mapeamento da vegetação e para identificação da qualidade da água. A banda 3 fica no espectro visível do vermelho é utilizada para a diferenciação de espécies de plantas, absorção da clorofila, identificação de áreas urbanas e para o uso do solo, agricultura e também para a qualidade da água. A banda 4 já está dentro do espectro do infravermelho próximo é utilizada para a delimitação das massas de água, mapeamento geomorfológico e geológico, identificação de áreas aridas e de áreas com humidade mais elevada, zonas agrícolas e zonas com vegetação. A banda 5 tal como

a banda anterior também está dentro do espectro do infravermelho tendo a diferença de ser no infravermelho médio, a sua utilização é feita na identificação do uso do solo, diferenciação entre nuvens e neve, mede a humidade da vegetação, delimitação de zonas agrícolas e zonas com vegetação. A banda 7 tal como a anterior está na zona espectral do infravermelho médio e tem como utilidade a identificação de zonas hidrotermais e de minerais. Por fim a banda 8 é um canal pancromático com uma resolução de 15m que é utilizada para a identificação de infraestruturas de âmbito rural e localização de centros populacionais, hidrologia e de estradas. (<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>)

A construção de uma imagem compósita através das bandas de satélite permite evidenciar alinhamentos estruturais, alvo do nosso estudo. A seleção das composições coloridas utilizadas baseia-se na observação das imagens com melhor contraste e evidenciação dos alinhamentos tendo em conta a litologia.

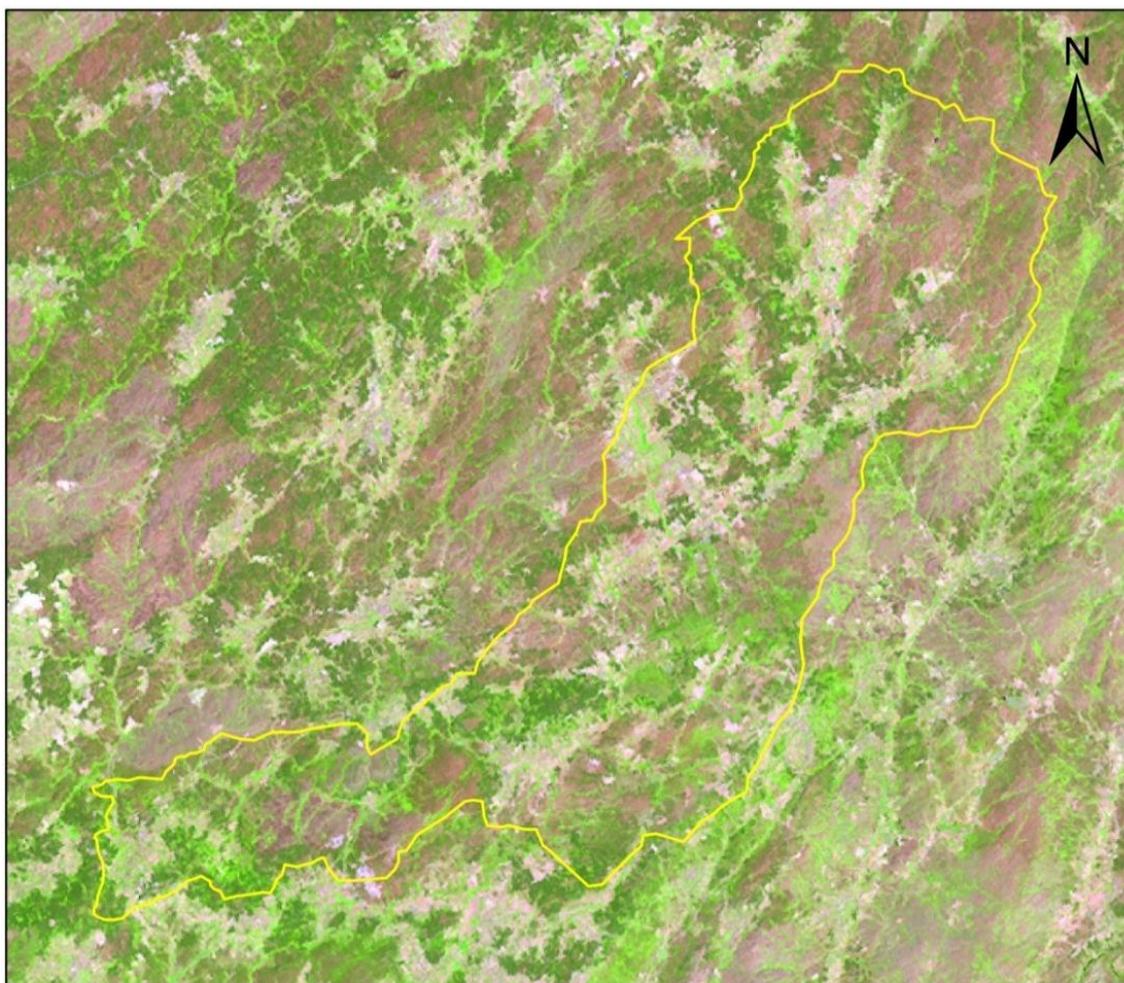
Em seguida (Fig. 3.6, Fig. 3.7, Fig. 3.8 e Fig.3.9) apresentam-se as composições coloridas (imagens compósitas) que foram produzidas para a identificação dos lineamentos da bacia em estudo, tendo em consideração os dados do sensor ETM+. São listadas as respetivas características, tais como as vantagens e desvantagens na prossecução desse objetivo.

- 5-4-3 RGB – Foi a que expressou mais potencialidades, oferecendo na identificação dos lineamentos em áreas de cobertura vegetal variável. Nestas áreas, os lineamentos destacam-se por apresentar tonalidades de verde mais claro (áreas associadas a concentração de humidade), distinguiram-se nitidamente dos elementos envolventes. Esta composição evidencia grandes contrastes de cor entre objetos, facto que é considerado bastante vantajoso na identificação de lineamentos em áreas de cobertura vegetal. Nas áreas de rocha nua, esta composição apresenta uma diversidade espectral mais limitada, sendo por essa razão uma composição menos adequada para a identificação de lineamentos.

- 5-7-3 RGB – Foi a composição que melhores resultados ofereceu a identificação elementos envolventes, por apresentarem tons acastanhados, estes tons contrastam com os tons bege e cinza (maioritariamente) dos afloramentos rochosos. Revelou-se também bastante útil para fazer distinção entre alinhamentos e caminhos (estes que se apresentam bastantes similaridades em termos de forma e textura), nas situações em que a cor é muito parecida em outras composições. Nas áreas em que existe cobertura vegetal densa esta composição é pouco útil. As estradas e caminhos apresentam cores esbranquiçadas.

- 7-4-1 RGB – Revela tal como na composição 5-4-3, grande utilidade na identificação de lineamentos com cobertura vegetal. Utilizando a banda 7 indicada para estudos geológicos e geomorfológicos (Salinero, 2007), ofereceu mais vantagens na detecção de lineamentos correspondentes a limites geológicos.

- 7-5-4 RGB – Apresenta uma diversidade espectral limitada, por não serem utilizadas bandas do domínio do visível (Sabins, 1997; Brum da Silveira, 2002), pelo que o seu contributo para a identificação de lineamentos é bastante limitada.



Legenda

— Bacia

0 1.000 2.000 4.000 6.000 8.000 Metros

Figura 3.10 - Imagem compósita 5-4-3 RGB obtida com base nas bandas de satélite Landsat 7.



Legenda

— Bacia

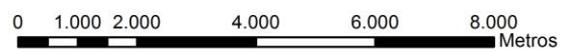
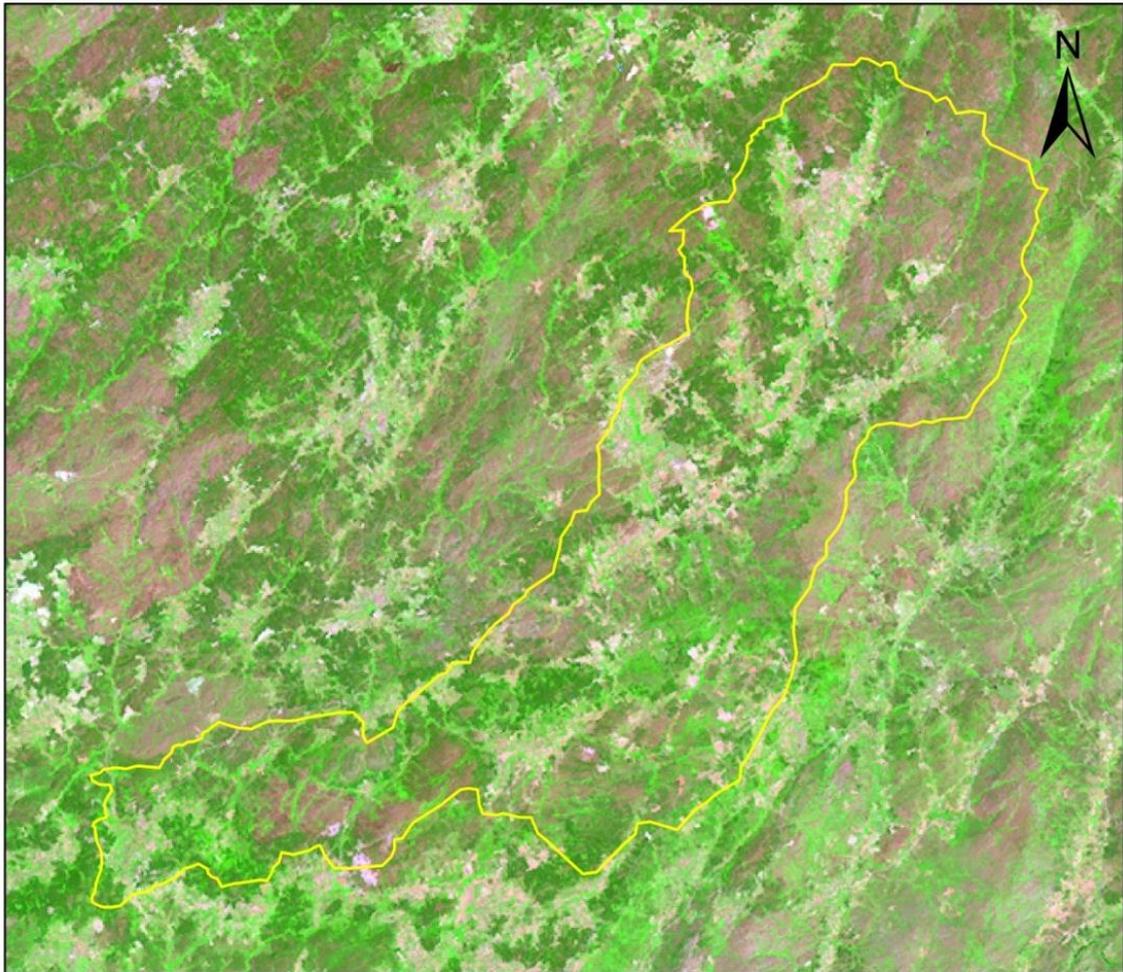


Figura 3.11 - Imagem compósita 5-7-3 RGB obtida com base nas bandas de satélite Landsat 7.



Legenda

— Bacia

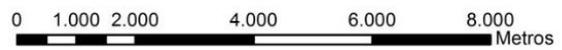
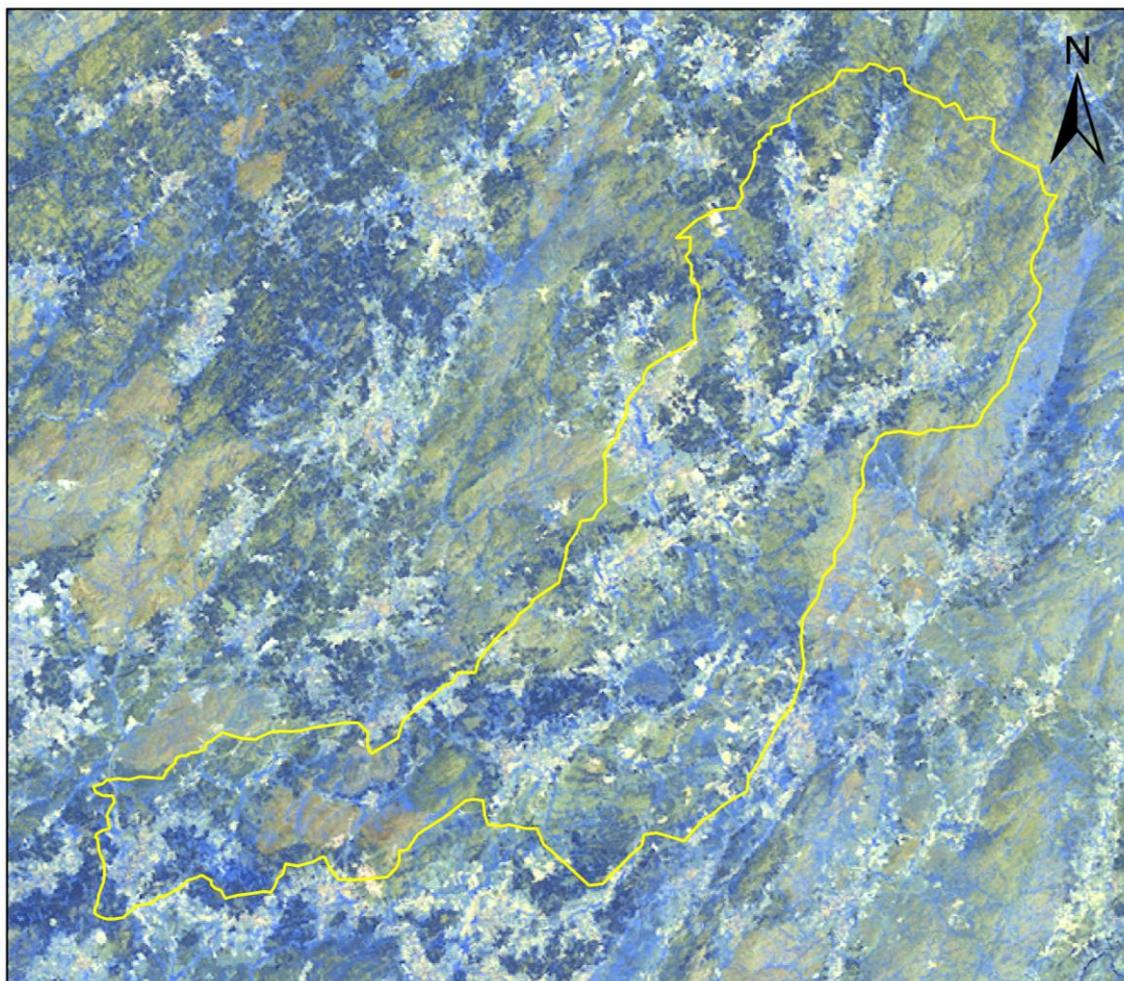


Figura 3.12 - Imagem compósita 7-4-1 RGB obtida com base nas bandas de satélite Landsat 7.



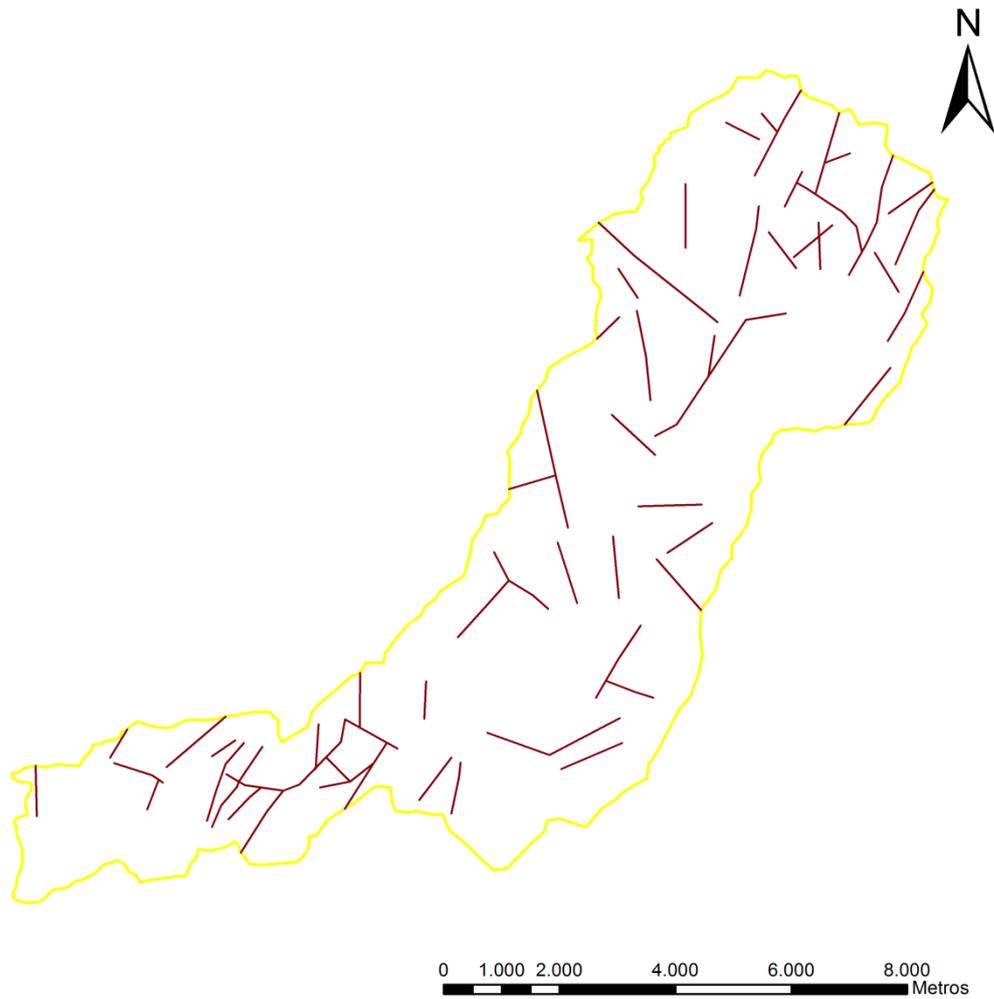
Legenda

— Bacia

0 1.000 2.000 4.000 6.000 8.000 Metros

Figura 3.13 - Imagem compósita 7-5-4 RGB obtida com base nas bandas de satélite Landsat 7.

Através da observação das imagens compósitas pode se criar um mapa com os possíveis alinhamentos que afetam a bacia (Fig. 3.14). A observação daquele mapa evidencia que estes alinhamentos têm as direções preferenciais de NE-SW e de NW-SE, afetam com maior densidade: os extremos da bacia, na zona mais a norte junto da nascente das principais linhas de água, a zona mais a sul na região de afloramento das rochas do ordovícico e no sector junto da foz do Rio Carapito.



Legenda

- Alinhamentos imagens compostas
- Bacias

Figura 3.14 - Carta de alinhamentos estruturais da bacia hidrográfica do rio Carapito elaborada a partir do método de imagens compostas.

3.3.1.2. Interpretação detecção remota através do método de Hillshade

Para a identificação de lineamentos através das imagens de satélite utilizou-se outro método sem se utilizar a ferramenta das imagens compósitas. Usou-se outra ferramenta presente no programa utilizado designada HillShade. Esta ferramenta origina uma fonte de iluminação hipotética de uma superfície de elevação, para a determinação dos valores de iluminação para cada célula em um raster (imagem de satélite). Através da criação de uma fonte de luz hipotética e calculam-se os valores de iluminação de cada célula em relação às células vizinhas.

No caso em estudo aplicou-se esta técnica, utilizando quatro direções da fonte de iluminação que correspondem às quatro direções preferenciais do sistema de coordenadas: N-S, E-W, NW-SE e NE-SW (Fig. 3.15, Fig. 3.16, Fig. 3.17 e Fig.3.18).

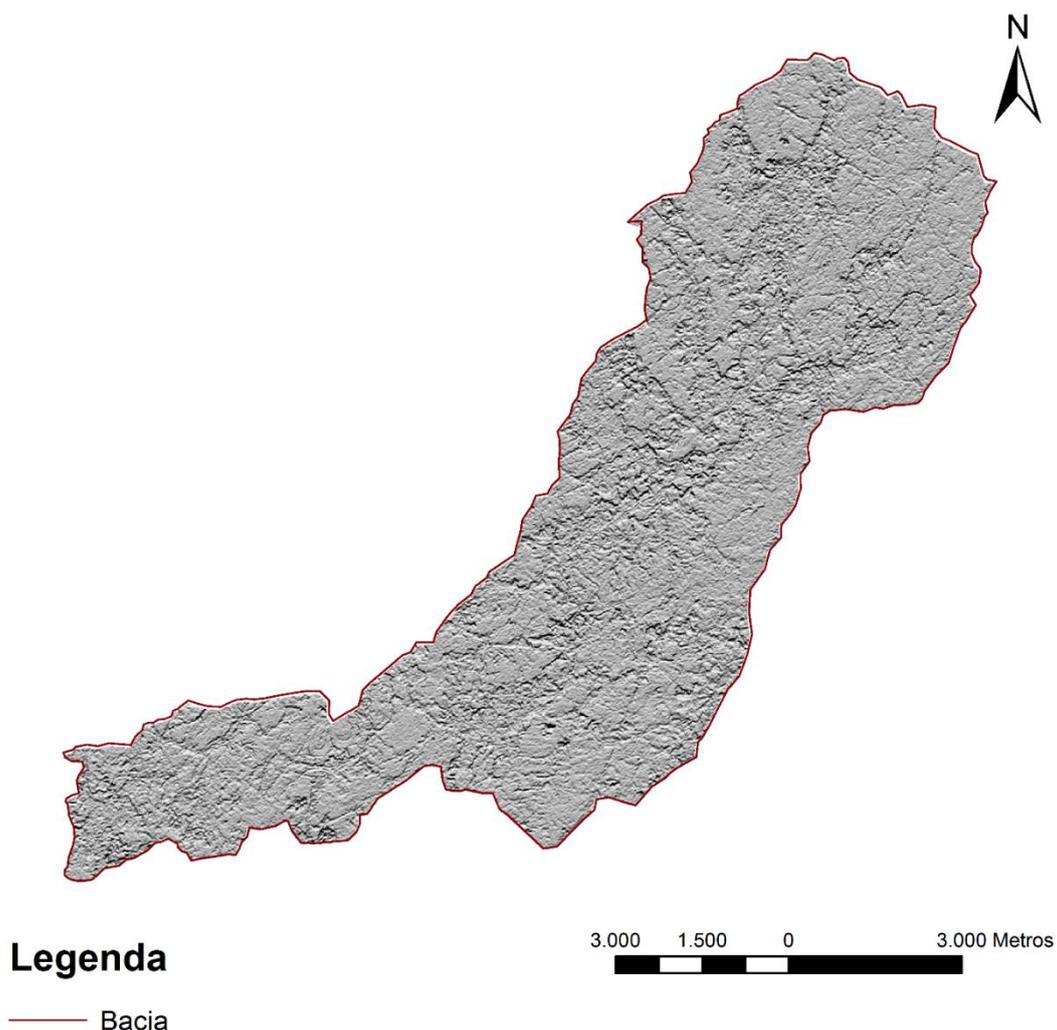


Figura 3.15 - Imagem de satélite obtida através do método de Hillshade com foco de iluminação hipotética de N-S

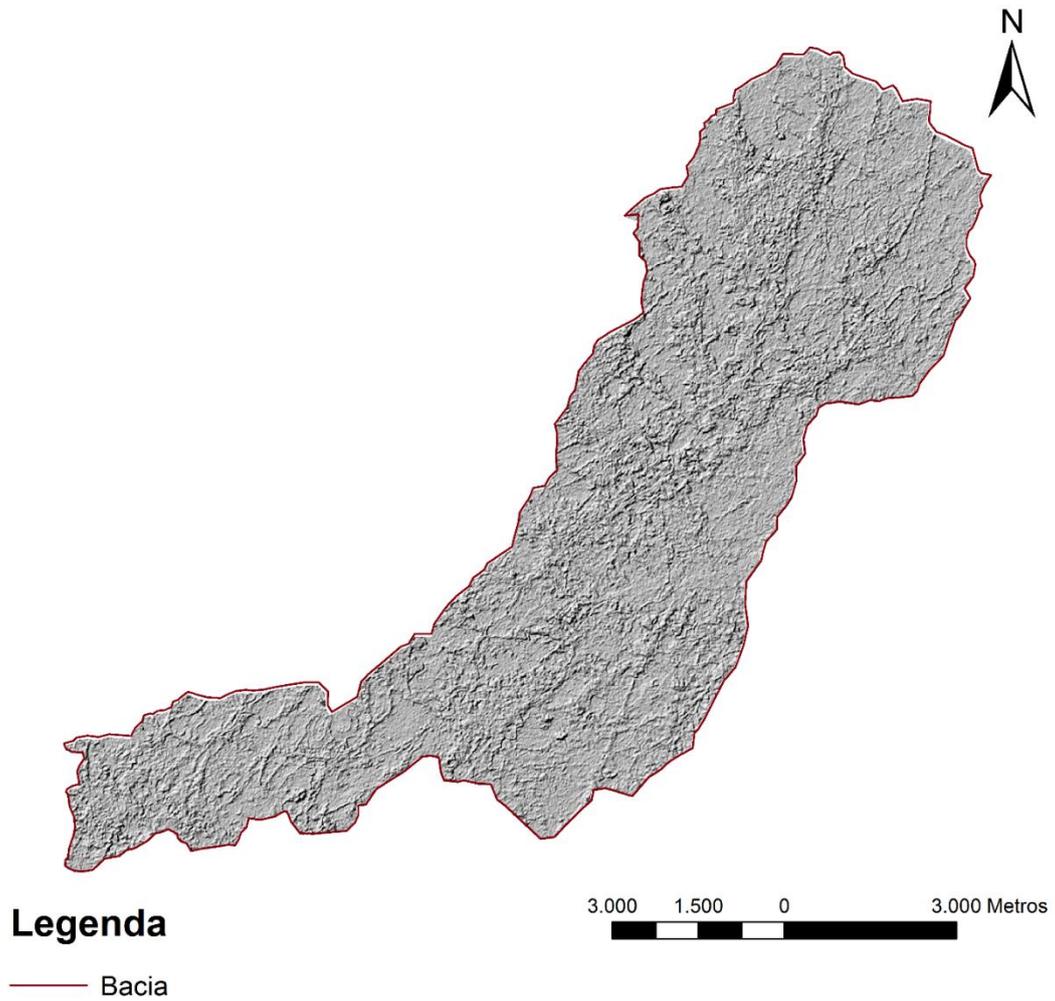


Figura 3.16 - Imagem de satélite obtida através do método de Hillshade com foco de iluminação hipotética de NE-SW

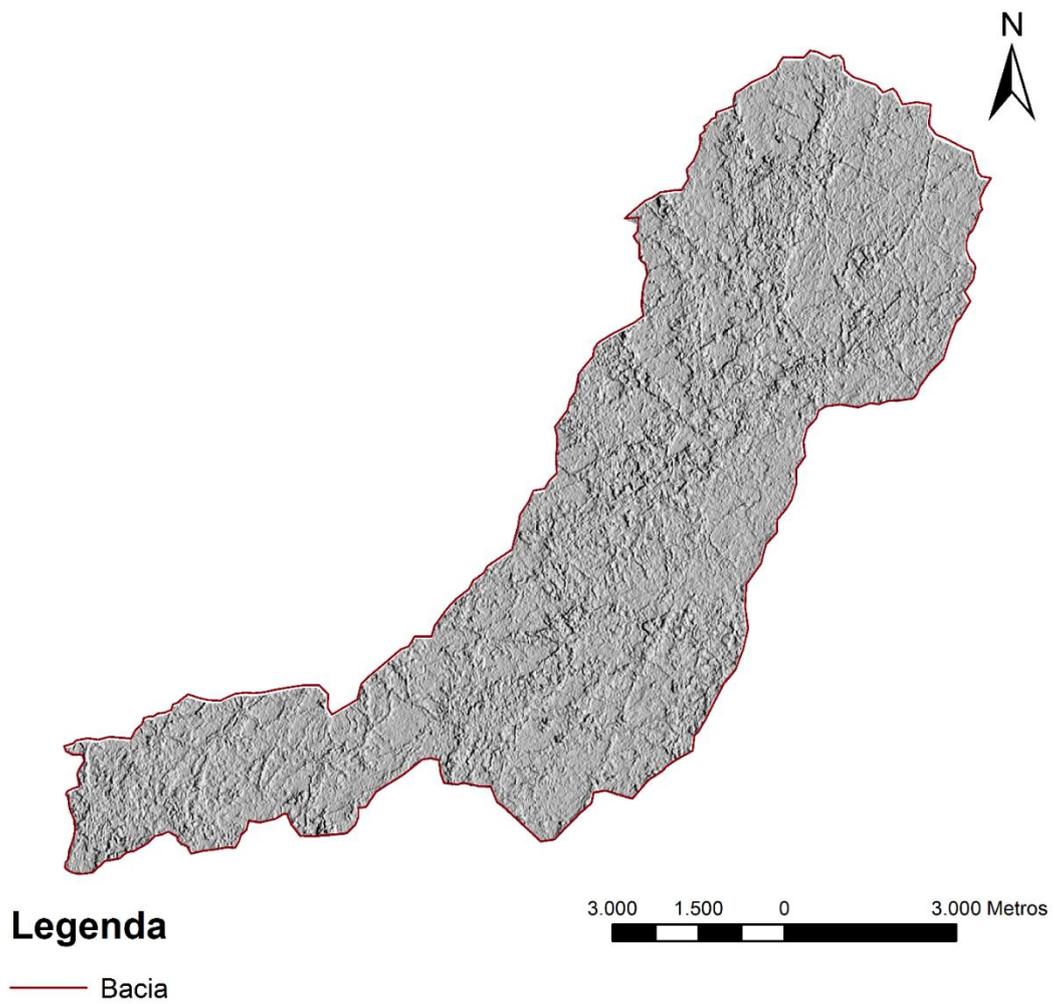


Figura 3.17 - Imagem de satélite obtida através do método de Hillshade com foco de iluminação hipotética de E-W

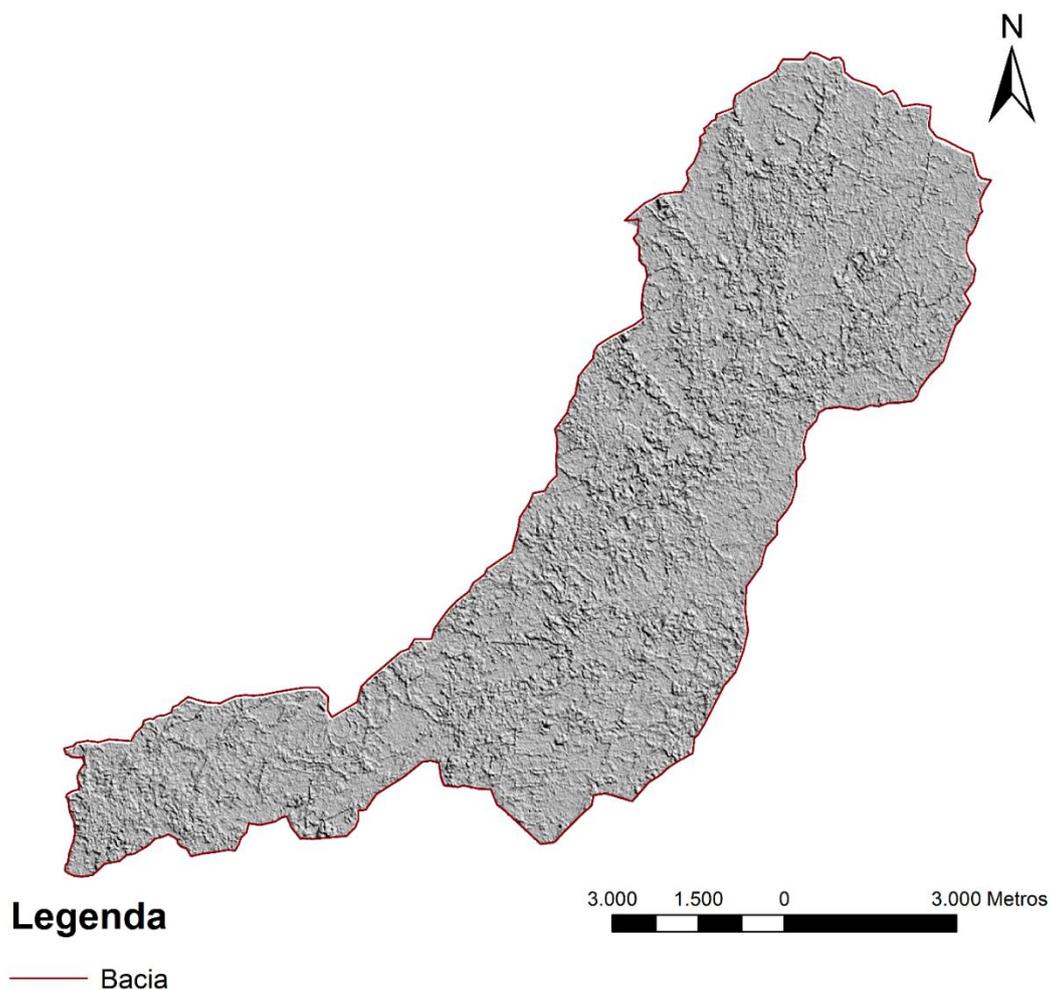


Figura 3.18 - Imagem de satélite obtida através do método de Hillshade com foco de iluminação hipotética de NW-SE.

Através deste segundo processo - método do Hillshade – obteve-se um mapa (Fig. 3.19) que, tal como no mapa obtido pelo método das imagens compósitas, apresenta uma predominância dos alinhamentos de NE-SW e de NW-SE e uma maior incidência no sector mais a norte junto da nascente das linhas de água e mais a sul junto da zona com formações do ordovícico.

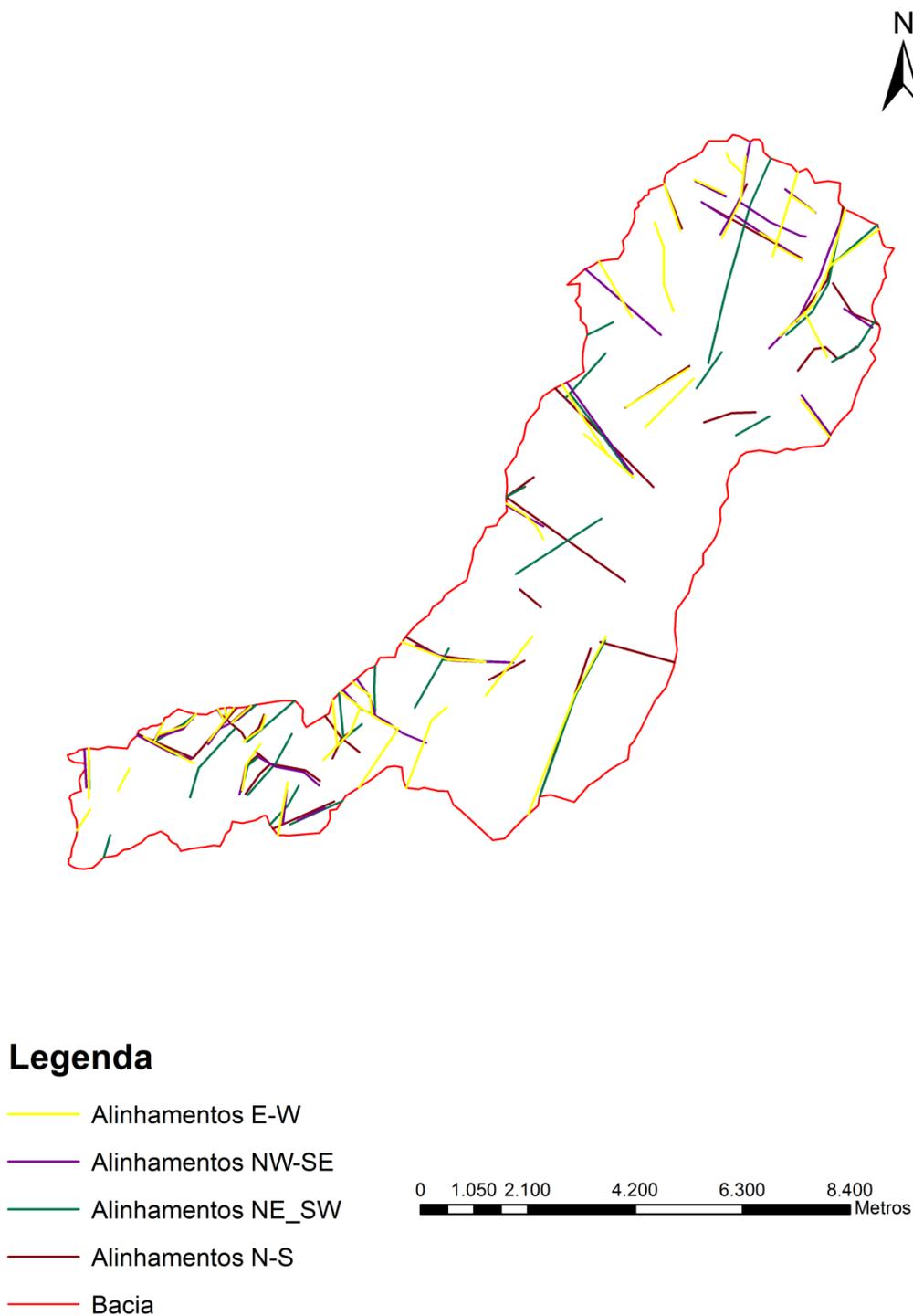
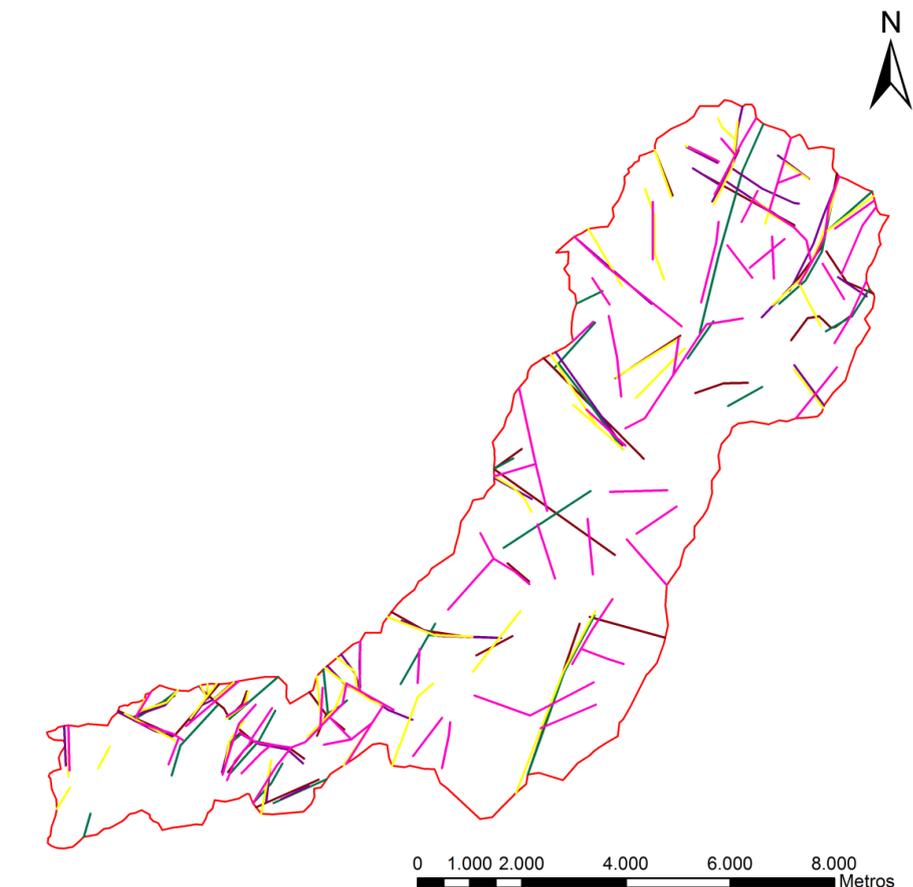


Figura 3.19 - Carta de alinhamentos estruturais da bacia hidrográfica do rio Carapito elaborada a partir do método de Hillshade.

Através da análise conjunta dos dois mapas obteve-se um terceiro mapa (Fig. 3.20) em que se pode destacar que existem zonas da bacia em que ocorre uma sobreposição dos alinhamentos, quer utilizando métodos diferentes ou utilizando

direções diferenciadas. Consta-se que nos locais em aparecem essas sobreposições poderão existir com grande probabilidade alinhamentos.

Os resultados acima obtidos sobre a ocorrência e localização dos principais alinhamentos estruturais permitem indicar treços na linha de água principal com boas condições geológico-estruturais para a implantação dos aproveitamentos hídricos (barragens).



Legenda

- Alinhamentos imagens compostas
- Alinhamentos E-W
- Alinhamentos NW-SE
- Alinhamentos NE_SW
- Alinhamentos N-S
- Bacia

Figura 3.20 - Carta de alinhamentos estruturais da bacia hidrográfica do rio Carapito elaborada a partir dos métodos de detecção remota.

3.4. Hidrogeologia

Na região em referência neste estudo – BHC – não estão definidos Sistemas aquíferos. Contudo, localmente evoluem aquíferos de pequena dimensão, enquadráveis em dois grupos (tipologias segundo o DL382/99): (1) aquíferos nas formações graníticas, nomeadamente nos sectores com maior densidade de fraturação ou com mais acentuada alteração e (2) aquíferos freáticos implantados nos depósitos aluvionares que ocorrem nas margens da linha de água principal.

Em ambos os tipos de aquíferos, a recarga decorre da precipitação e infiltração hídricas e da transferência de água a partir das linhas de água perenes, nomeadamente no período invernal.

Os processos de descarga na região podem ser divididos em naturais e induzidos. Os processos naturais são a evapotranspiração natural da água presente na linha de água e através da transpiração das plantas presentes na região, através de nascentes presentes na zona em estudo (Fig. 3.21) e através do escoamento da água nas linhas de água para a linha de água principal.

Os processos de descarga induzida incluem as explorações de água por poços ou furos presentes na zona em estudo.



Figura 3.21 - Aspeto de exurgência associada a granito presente na bacia hidrográfica do rio Carapito.

3.5. Uso e ocupação do solo

Sendo esta região uma zona granítica pode-se observar que existe uma relação dos campos agrícolas com as linhas de água presentes na região, o mesmo acontece com as zonas urbanizadas. Pode-se constatar que as zonas agrícolas são na sua grande maioria temporárias devido ao tipo de solo que existe, maioritariamente granítico dificultando a presença de culturas permanentes. Na parte noroeste da carta tem a zona serrana, que é praticamente toda a zona constituída por granitos. Os domínios florestais situam-se nas zonas de relevo mais elevado em redor das zonas agrícolas, ocupando grande parte da bacia em estudo. Na figura 3.22 e 3.23 está representada uma carta da região em estudo com representação do uso e ocupação do solo.

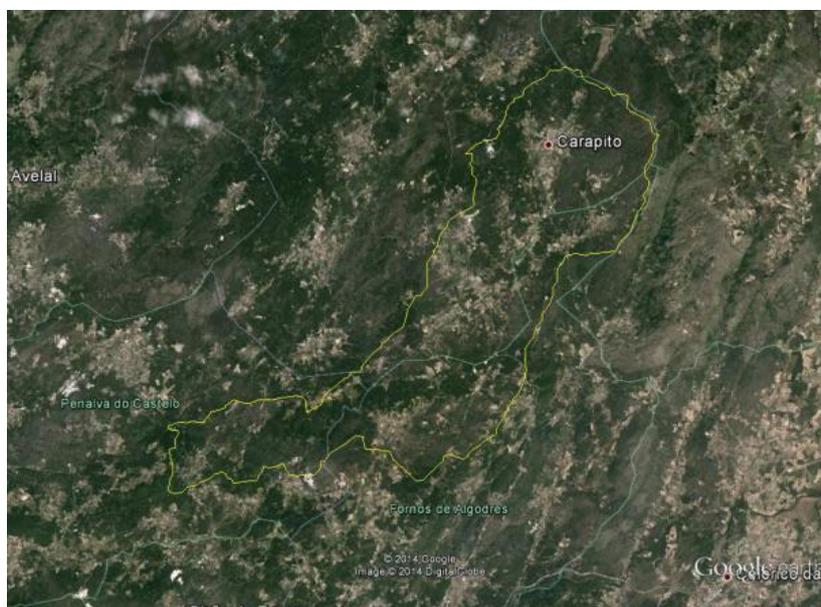


Figura 3.22 - Localização da bacia em estudo (Google Earth, 2014).

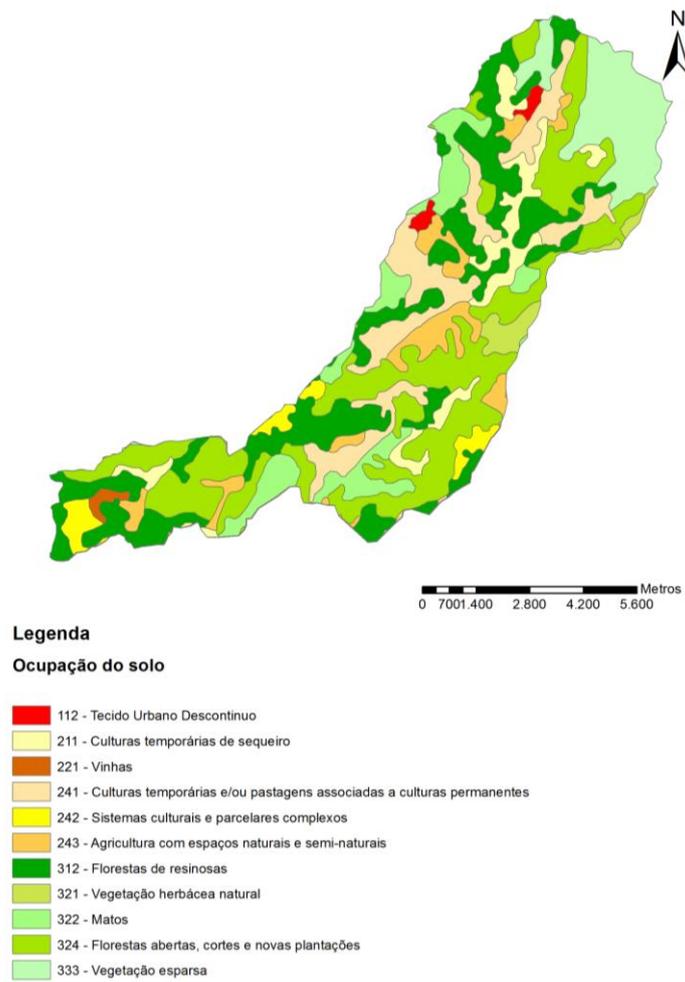


Figura 3.23 - Mapa de ocupação de solo na bacia hidrográfica do rio Carapito (adaptado do projeto Corine Land Cover 2000)

Capítulo 4. Locais para implantação de barragem e impactes associados

Neste capítulo são descritos os processos, as técnicas e os critérios conducentes à seleção de locais favoráveis à implantação de barragens na bacia hidrográfica em estudo - BHC. Após a indicação de dois locais apresentam-se simulações de implantação de barragens com características diversas, considerando os melhores tipos de barragem em função de critérios geológicos, geomorfológicos e económicos. Na fase final analisam-se sinteticamente os impactes associados aos aproveitamentos hídricos e/ou hidroelétricos dimensionados.

4.1. Tipologias e processos de seleção de barragens

As barragens podem ter vários critérios para a sua classificação, sendo que frequentemente se baseiam na importância, na sua finalidade principal e nos tipos de materiais e estrutura que apresentam (Saraiva, 2011).

As barragens podem-se classificar em pequenas e grandes barragens. De acordo com a Comissão Internacional das Grandes Barragens, estas são classificadas como "grande barragem" se:

- a barragem tiver 15 ou mais metros de altura, contando desde o ponto mais baixo da fundação até ao coroamento;

- a barragem tiver entre 10 e 15 metros de altura, desde que se verifique uma das seguintes condições:

- o desenvolvimento do coroamento for superior a 150 metros,
- o volume da albufeira criada seja superior a um milhão de m³,
- o caudal criado na ponta de cheia for superior a 2000 m³/s,
- existirem problemas especiais da fundação,
- as barragens serem de projecto não convencional.

Todas as barragens que não se incluem na classificação anterior são classificadas de pequenas barragens.

Em função da finalidade principal para que forem utilizadas, as barragens podem classificar-se em:

- barragens para criar albufeira;
- barragens de derivação;
- barragens de detenção;

- barragens de fins múltiplos.

As "barragens para criar albufeira" têm como objetivo o armazenamento da água do afluente em épocas húmidas para ser utilizadas em épocas mais secas.

As "barragens de derivação" são utilizadas para criar condições para captar a água para canais ou condutas, para utilização desta água para múltiplos usos, tais como, o consumo público, rega e a produção de energia eléctrica, sem criar albufeira de regularização.

As "barragens de detenção" são utilizadas para reter os materiais sólidos afluentes ou para a detenção de cheias, evacuando um caudal máximo compatível com a capacidade de transporte do leito evitando a inundação de determinadas zonas. Estas barragens ter os dois objectivos em simultâneo.

Nas "barragens de fins múltiplos" verificam-se a coexistência de vários dos diferentes objectivos referenciados anteriormente, sem que nenhuns dos objectivos se sobreponham a qualquer outro.

As barragens podem ainda ser classificadas quanto aos materiais e à estrutura nos seguintes tipos:

- Barragens de betão (e, menos frequentemente, de alvenaria):
 - de contrafortes,
 - de gravidade,
 - em abobada.
- Barragens de aterro:
 - de enrocamento,
 - de terra.

Em alguns casos pode-se considerar barragens "mistas" tendo trechos de betão e de aterro.

As barragens de contrafortes são barragens em que a estrutura é contínua a montante, assegurando a estanquidade, suportada a jusante por elementos descontínuos dos quais se dá o nome de contrafortes.

As barragens de gravidade que são construídas frequentemente em betão e em menos casos em alvenaria, têm a estabilidade adquirida através do seu próprio peso. O perfil transversal é aproximadamente triangular e com o paramento de montante vertical a sub-vertical.

As barragens de abobada apresentam uma curvatura para montante com o intuito de transmitir as forças exercidas pela pressão hidrostática à fundação e aos encontros, tirando partido da resistência dos arcos à compressão e permitindo a redução do volume de betão utilizado em relação às barragens de gravidade.

Existem também as barragens-cúpula que são do tipo abobada com a particularidade de apresentarem uma dupla curvatura. Outro tipo que existe são as barragens de arco-gravidade que são do tipo abobada mas são muito mais espessas, com pequena contribuição do efeito dos arcos.

As barragens de aterro são o tipo mais comum. A construção destas tem a vantagem de serem construídas utilizando-se unicamente materiais no estado natural, geralmente próximos dos locais de construção, não utilizando qualquer tipo de material aglutinante e com o mínimo de intervenção humana. Este tipo de construção requer menos exigências em termos geotécnicos e geológicos em relação aos outros tipos de barragens, sendo assim possível construir estes tipos de barragem em locais onde não é propício a construção de outros tipos de barragem.

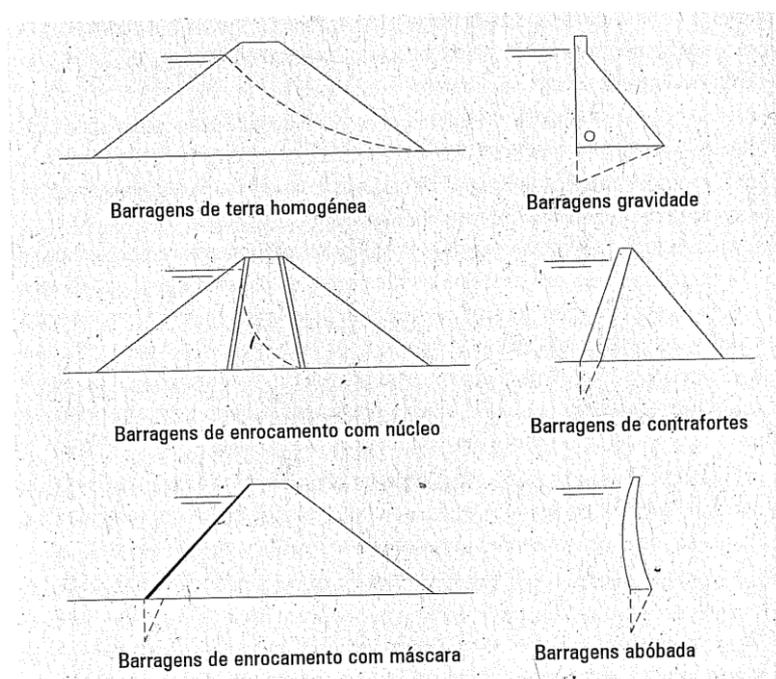


Figura 4.1 - Tipos de barragens existentes e possíveis a ser utilizados no aproveitamento hidroelétrico (Ramos, J. 2004)

4.2. Critérios de seleção de locais

4.2.1. Critérios gerais

É raro o caso em que se pode dizer de maneira conclusiva que um tipo de obra seja o único adequado a um determinado local (Golze, 1977). Em termos gerais pode-se dizer que as obras em betão são adequadas a fundações rochosas de boa qualidade, enquanto as obras de aterro se adaptam melhor a fundações com rochas brandas ou solos. Existem também soluções alternativas como as barragens de enrocamento que podem muitos casos ser solução ao invés das obras em betão tais como as de gravidade, abobada, contrafortes ou de abobada múltipla, podem ser utilizadas outras soluções como as barragens mistas.

Assim, pode-se determinar que um tipo de obra escolhido é consequência de um aprofundado estudo podendo ter diversas soluções alternativas.

O local da obra e o tipo de barragem a construir é um processo longo e demorado que no qual se deve ter varias vertentes equacionadas. Se se pode dizer que de um ponto de vista prévio que um local de implantação de uma barragem ou uma cascata de aproveitamentos ao longo de uma linha de água seja fácil de definir com base nos estudos topográficos, sendo idealmente em gargantas apertadas seguido de vales abertos a montante das mesmas, existe um grande quantidade de factores na decisão que podem afectar a decisão.

A decisão de construir ou não um aproveitamento hídrico envolvendo uma construção de uma barragem e da consequente albufeira criada é actualmente uma decisão com um caracter politico tendo por base factores económicos, sociais e ambientais dos mais diferentes tipos que podem condicionar o tipo e a dimensão da estrutura a construir.

A construção de uma obra deste tipo faz parte, regra geral, na intervenção na linha de água, na bacia e numa região sendo que as dimensões de cada obra vocacionada e estabelecidas no contexto dos objectivos que se pretende obter do aproveitamento. Estes objectivos que entre os quais se podem enumerar o abastecimento de água, rega, aproveitamento energético e a regularização dos caudais, determinam a partida o volume que o reservatório deverá ter em conformidade com a topografia do local da albufeira e do escoamento hídrico local do futuro aproveitamento, a dimensão da obra tal como a altura acima da fundação. Estes factores podem influenciar as tensões que são transferidas à fundação assim como a qualidade e a quantidade dos materiais que vão ser utilizados, isto é de uma grande importância tendo as características especificas das soluções a utilizar.

Também as condicionantes no que se refere aos caudais associados ao aproveitamento são importantes. Tendo em conta o local e a bacia hidrográfica em que está inserido pode-se verificar os caudais mínimos necessários à exploração do aproveitamento tendo em conta as necessidades das povoações a satisfazer assim como os efeitos que ao longo do tempo vão ocorrer. O cálculo dos histogramas de cheia e o dimensionamento dos órgãos de segurança e de exploração da estrutura impõem por vezes as soluções estruturais a utilizar. (Ramos, J. 2004).

Outro dos fatores ao qual poderá afetar a implantação é a afetação das povoações vizinhas de forma a ter de se proceder a deslocação dos moradores das suas habitações, este caso coloca-se no caso da construção de pequenas barragens aos quais a deslocações trarão um impacte negativo superior aos benefícios que se poderão obter com a construção que se irá fabricar.

4.2.2. Aplicação ao caso de estudo

Na bacia em estudo e após a análise mais detalhada da geomorfologia através da verificação das zonas com declives adequados a implantação dos aproveitamentos e de um estudo mais aprofundado dos alinhamentos estruturais da região em estudo que poderiam afetar a estabilidade dos aproveitamentos e da observação das zonas de acesso essenciais para a construção dos aproveitamentos, foram definidos dois locais como os mais adequados: local 1 (mais a montante, setor intermédio) e local 2 (mais a jusante; setor intermédio-terminal da bacia).

Os locais 1 e 2 estão assinalados na figura que se segue, locais que são identificados no cruzamento dos perfis e assinalados através das letras (Fig. 4.2).

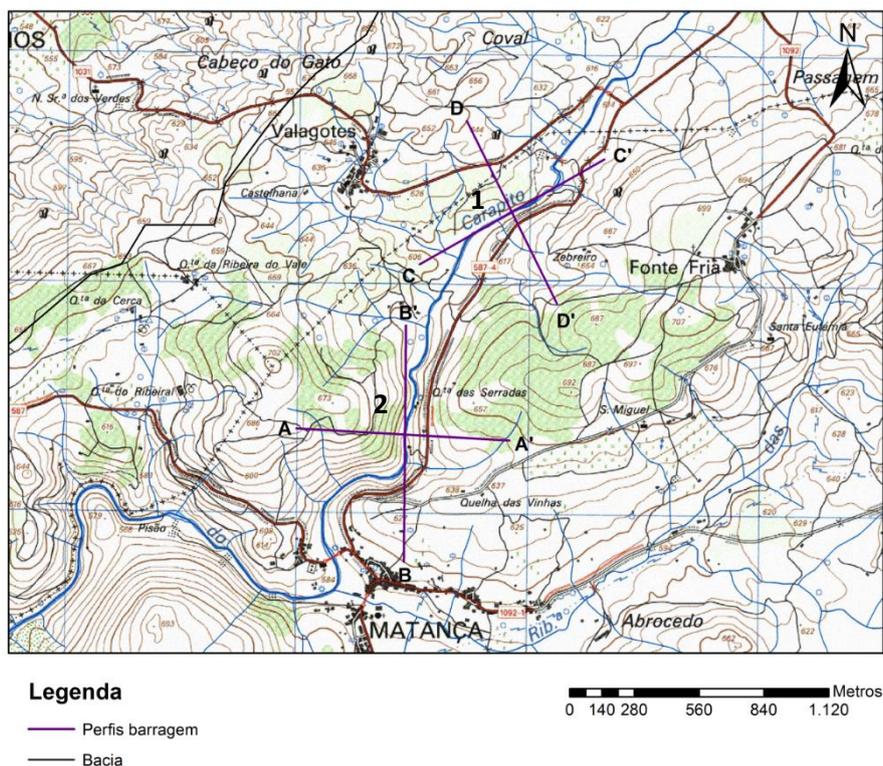


Figura 4.2 - Localização dos cortes geológicos efetuados conducentes à seleção de locais para implantação dos aproveitamentos.

No caso em estudo optou-se por escolher na barragem mais a montante - local 1 - de aterro, de enrocamento ou de terra, por ser um aproveitamento simples, sendo que a construção seria mais barata e cumpria os fins para que é destinada.

Na barragem mais a jusante - local 2 - sento para aproveitamento hidroelétrico e aproveitamento hídrico optou-se por uma barragem de betão por ser mais duradoura e com maior resistência a força exercida pela albufeira passando as tensões exercidas para o maciço envolvente. Em termos do tipo de barragem seria de gravidade ou de contrafortes por ser as mais indicadas devido á dimensão e ao custo que significaria depender na sua construção.

Nas Figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6, apresentam-se os perfis segundo o eixo dos locais possíveis para a implantação da barragem. Os locais definidos estão colocados sobre maciços bastante consolidados como o Odovico no caso dos perfis A-A' e B-B'.

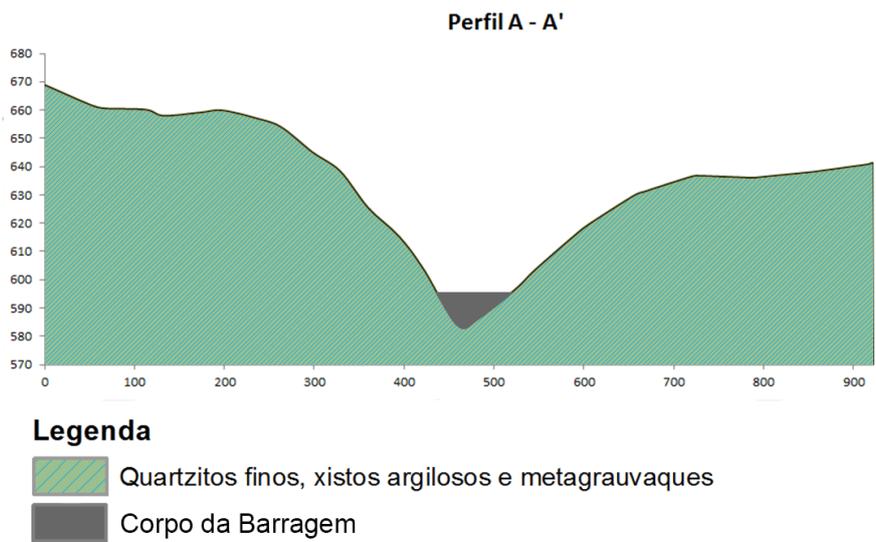


Figura 4.3 - Perfil paralelo ao paredão da barragem mais a jusante no Rio Carapito.

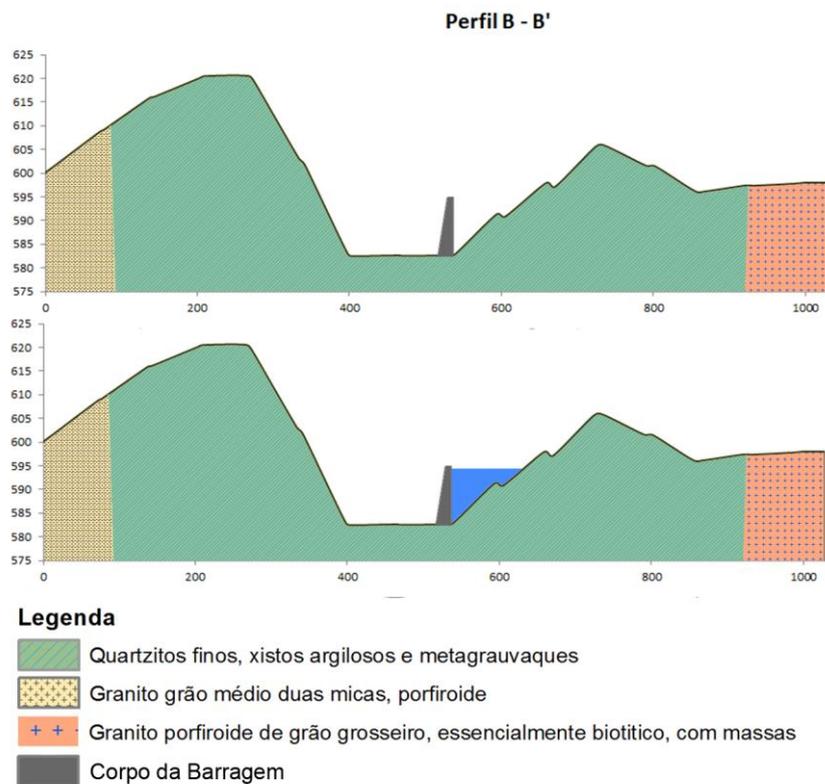


Figura 4.4 Perfil perpendicular ao paredão da barragem mais a jusante. Em cima sem a albufeira criada e em baixo com a albufeira criada a partir da barragem.

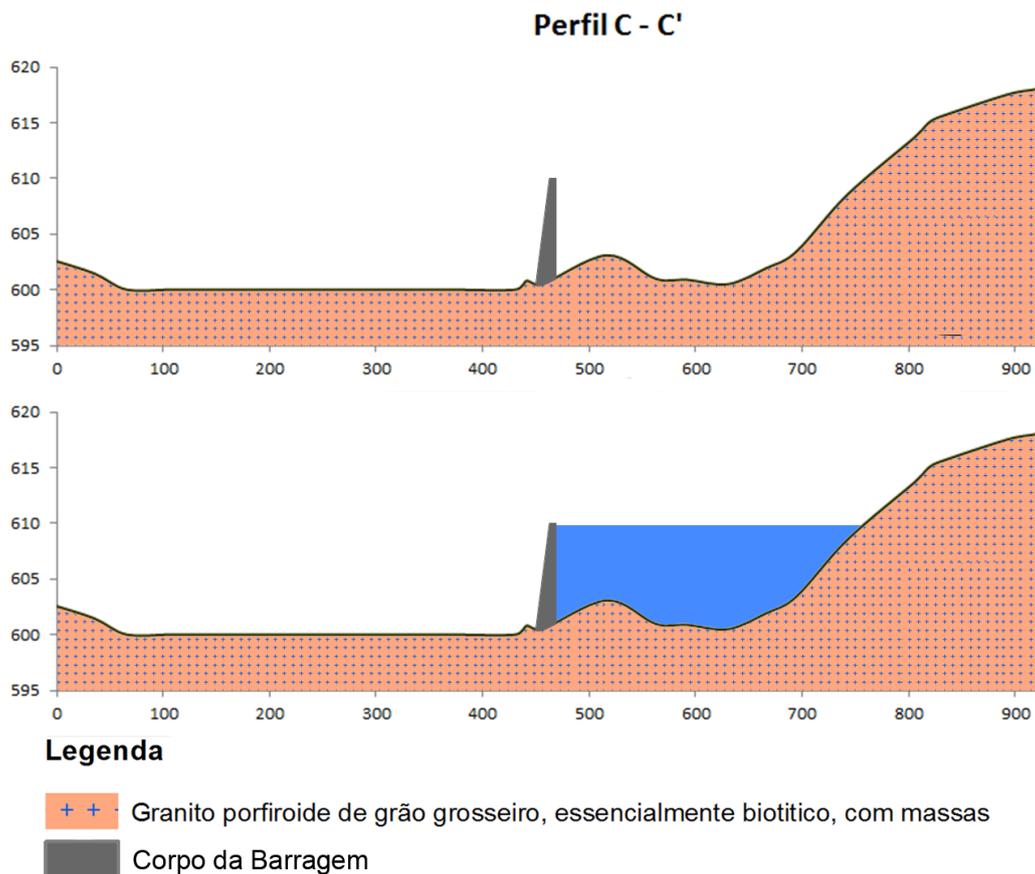


Figura 4.5 - Perfil perpendicular ao paredão da barragem mais a montante. Em cima sem a albufeira criada e em baixo com a albufeira criada a partir da barragem.

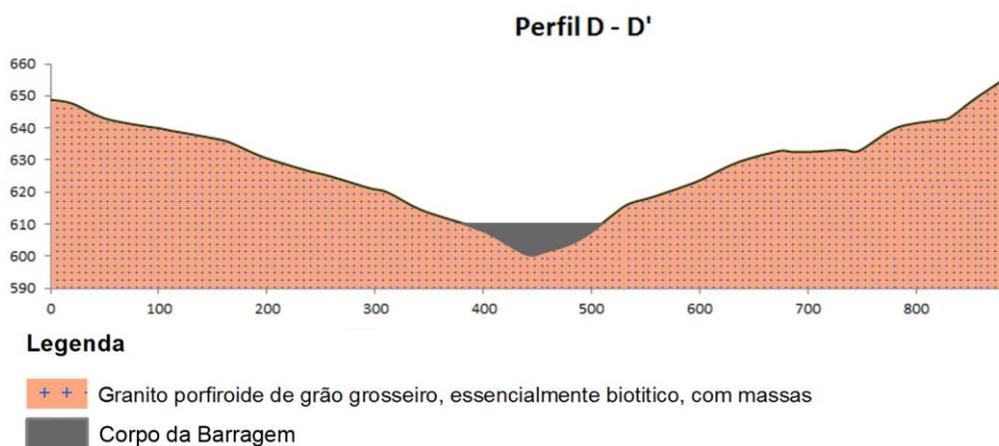


Figura 4.6 - Perfil paralelo ao paredão da barragem mais a montante no Rio Carapito.

As albufeiras criadas pelos dois aproveitamentos com os 15m de altura máximo que é permitido pela lei portuguesa para ser considerada uma pequena barragem, como

se pode ver no mapa (Fig.4.7) que se segue não afectam directamente as localidades mais proximas, tendo uma afectação indirecta ao colocar as pontes de ligação as povoações de Valagotes e do Prado debaixo de água fazendo com que seja preciso uma intervenção sobre essas pontes tendo de ser reconstruidas de maneira a possibilitar a circulação automovel tal como é feita actualmente.

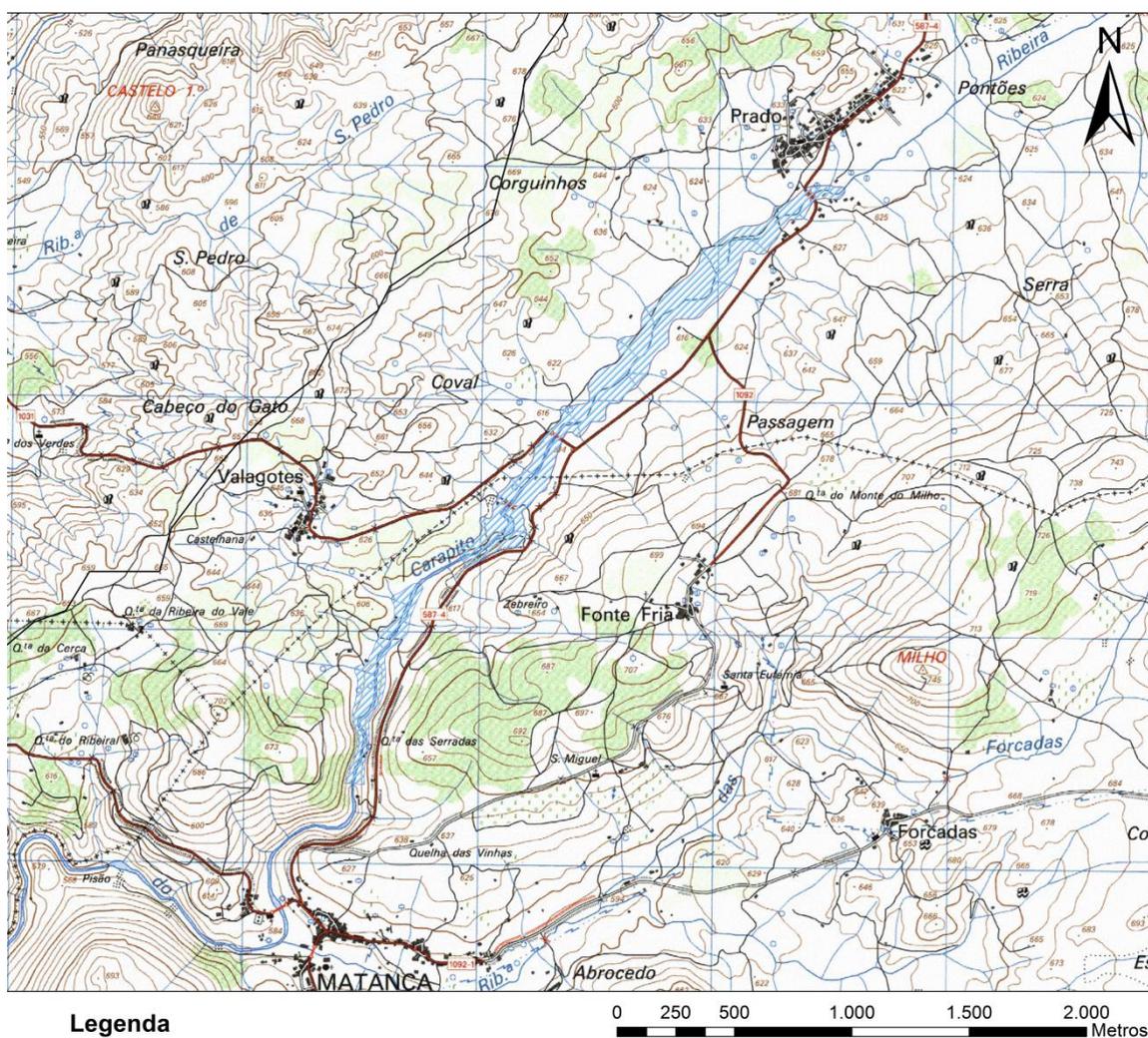


Figura 4.7 - Mapa com as futuras albufeiras criadas a partir da construção dos aproveitamentos propostos na dissertação.

4.3. Avaliação de impactes

Neste ponto avalia-se de forma expedita os impactes decorrente da implantação de barragens na BHC sobre: (1) a geomorfologia e solos; (2) massas de água, superficiais e subterrâneas; (3) Qualidade do ar e ambiente sonoro; (4) e outros (flora e vegetação, fauna e habitats, população e atividades socioeconómicas, património arquitetónico e arqueológico, paisagem, ordenamento do território e planeamento municipal).

4.3.1. Geomorfologia e Solos

Na fase de construção prevê-se a modificação, embora temporária, das formas de vertente na margem esquerda do vale do rio Carapito devido à possível abertura da vala para instalação da conduta na plataforma do caminho agrícola entretanto construído. Contudo, após a instalação da conduta, a vala será fechada e cessará o impacte. A principal afetação na fase de exploração consiste na alteração das formas do vale pela presença do açude, da albufeira e da central hidroelétrica, embora essa afetação seja pouco significativa. Os impactes previsíveis nos solos estão, fundamentalmente, associados a episódios de poluição acidental dos mesmos, por óleos ou combustíveis, em obra, e serão considerados esporádicos e pouco prováveis.

4.3.2. Massas de água (superficiais e subterrâneas)

Os impactes esperados não se associaram diretamente à exploração do empreendimento, uma vez que serão assegurados os caudais ecológicos e reservado, os quais garantem a manutenção dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos no rio a jusante do açude, como também os usos da água que atualmente se verificam. As afetações, potenciais, poderão resultar de poluição pontual do curso de água, por óleos, combustíveis, e, ainda que de forma pouco significativa, pelo aumento de sedimentos em suspensão, durante a fase de construção.

Relativamente às massas de água subterrâneas (\approx recursos hídricos subterrâneos), apresentam-se na Tabela 4.1, os previsíveis impactes.

Tabela 4.1 - Impactos ambientais nas massas de água subterrâneas decorrentes da implantação de barragens.

Descritor	Fase de Ocorrência	Acção(ões) Geradora(as) do Impacte	Descrição do Impacte	Área de Ocorrência	Características do Impacte	Medidas de Minimização / Compensação
Recursos Hídricos Subterrâneos	Fase de construção	Movimentação de terras / Circulação de máquinas	Compactação de terrenos Alterações na zonografia e quantidade da infiltração e recarga aquífero	Área de intervenção	Negativo, Directo, Magnitude baixa, Temporário Pouco Significativo	Promover a implantação de áreas verdes Preservar as zonas de maior infiltração e recarga aquífera Evitar a formação de aterros
		Manuseamento e aplicação de materiais de construção / Circulação de máquinas	Descarga accidental de óleos usados e combustíveis Contaminação de solos Contaminação aquífera	Área de intervenção e envolventes	Negativo, Directo, Magnitude moderada, Temporário Pouco Significativo	Elaboração de um plano para gestão de acidentes
	Fase de exploração	Estruturas da UTMB e Vias de acesso	Decréscimo nas áreas de recarga aquífera Rebaixamento do nível freático local	Área de implantação e envolventes	Negativo, Directo, Magnitude baixa, Permanente Pouco Significativo	Não utilização de coberturas potencialmente contaminantes das águas pluviais Redireccionamento das águas pluviais para zonas de maior infiltração e recarga aquífera
		Ruptura accidental de efluentes da UTMB e/ou derrames de viaturas em circulação	Contaminação de solos e de aquíferos	Área de implantação e envolventes	Negativo, Directo, Magnitude baixa, Temporário Pouco Significativo	Implementação de um plano de monitorização das massas de água subterrânea Elaboração de um plano para gestão de acidentes

4.3.3. Qualidade do ar e ambiente sonoro

Os potenciais impactes negativos sobre a qualidade do ar serão identificados apenas durante a fase de construção, sendo classificados como pouco significativos, tendo em atenção a tipologia das fontes emissoras e a inexistência de recetores sensíveis na envolvente próxima da área do empreendimento. A análise da situação relativa ao ambiente sonoro permitiu concluir que seriam expectáveis impactes negativos significativos, embora pontuais, durante a fase de construção devido à provável utilização de explosivos para desmonte da rocha. As afetações mais significativas poderão ocorrer na proximidade das povoações adjacentes à zona do aproveitamento.

4.3.4. Flora e vegetação

Os impactes negativos significativos identificados foram, essencialmente, associados à potencial perda ou afetação de elementos da flora ribeirinha do rio Carapito.

4.3.5. Fauna e habitats

O empreendimento não provocará impactes negativos significativos sobre as comunidades faunísticas que justifiquem preocupações acrescidas em relação à situação atual. No entanto, poderão ser reconhecidos alguns impactes que poderão assumir significado, especialmente sobre a fauna aquática (peixes e restantes elementos dependentes do rio).

Poderá existir afetação de uma área considerada como “muito importante” para a reprodução dos peixes existentes no local do aproveitamento, o que se considera um impacto significativo, e que deverá subsistir, apesar da consideração das medidas de minimização.

4.3.6. População e atividades socioeconómicas

Não se identificaram impactes negativos significativos na população e atividades socioeconómicas. Aliás, durante a fase de construção, são previsíveis impactes positivos resultantes do aumento de oferta de emprego, particularmente para as populações locais.

Prevê-se um incremento das atividades de restauração e possivelmente de fornecimento de materiais, que poderá assumir alguma importância local e que constituirá um impacto positivo significativo. A possibilidade de utilização da energia produzida para o equilíbrio de eventuais quebras de tensão na rede elétrica de distribuição local constitui um impacto positivo que beneficia diretamente as populações locais.

Embora de reduzida magnitude, salienta-se o impacto positivo devido à utilização de fontes de energia renováveis, o que contribui para a redução da utilização de combustíveis e conseqüentemente da dependência energética. Entre os impactos negativos, o de maior magnitude prende-se com a incomodidade para as populações durante o período de construção. Esta incomodidade está associada à atividade de obra bem como ao aumento de tráfego nas vias de comunicação na área de construção do aproveitamento.

4.3.7. Património arquitetónico e arqueológico

No que aos impactos em termos do património arquitetónico e arqueológico não existem impactos negativos devido à área em que a construção vai ser efetuada não existirem patrimónios de valor arquitetónico e arqueológico para a região.

4.3.8. Paisagem

As intervenções antrópicas em áreas de sensibilidade elevada como é a região provocam sempre uma modificação, sensível, das condições naturais, pela artificialização a que dá origem. Atendendo às disposições que poderão ser adotadas no projeto visando reduzir ao mínimo possível as alterações na paisagem local, considera-se que as afetações da paisagem sejam de magnitude reduzida.

4.3.9. Ordenamento do território e planeamento municipal

O projeto em estudo terá de contemplar as medidas cautelares necessárias para evitar impactos negativos significativos sobre as figuras de ordenamento do território existentes. Apesar disso, a execução do projeto poderá interferir com áreas de Reserva Ecológica Nacional (REN), o que constitui um impacto negativo significativo.

4.4. Medidas de minimização de impactes

Após a identificação dos impactes resultantes das fases de construção e exploração do aproveitamento podemos sistematizar algumas medidas de minimização para um possível projeto de execução do aproveitamento hidroelétrico. Algumas das medidas poderão minimizar os impactes identificadas outras serão medidas de prevenção e recomendações a adotar no sentido de reduzir a possibilidade de futuros impactes sobre a zona afetada.

Indico seguidamente as principais medidas a poderem ser utilizadas:

- as movimentações de terras e a exposição de solo desprovido de vegetação, devem ser minimizadas durante os períodos em que é mais provável a ocorrência de precipitação intensa;

- deve limitar-se a destruição do coberto vegetal às áreas estritamente necessárias para a execução dos trabalhos e proceder-se à reconstituição do coberto vegetal de cada zona intervencionada, em particular dos taludes, logo que as movimentações de terras nessas áreas tenham terminado;

- interdição do manuseamento de óleos e combustíveis fora da zona de estaleiro, em área especialmente concebida e preparada para o efeito (impermeabilizadas e limitadas) e armazenamento dos óleos usados em recipientes estanques com vista ao seu encaminhamento para valorização;

- os resíduos sólidos e líquidos produzidos nos estaleiros e nos locais das obras deverão ser recolhidos e conduzidos a depósito ou para fossas sépticas, evitando assim a contaminação das águas;

- utilização de um sistema de aspersão de água (nomeadamente através de um camião cisterna) sobre as vias de circulação não pavimentadas e sobre todas as áreas significativas do solo que fiquem a descoberto durante longos períodos, especialmente na época seca do ano, durante a fase de construção;

- os acessos aos locais da obra e à zona do estaleiros deverão ser mantidos limpos, através de lavagens regulares dos rodados das máquinas e veículos afetos à obra;

- restrição das atividades de construção, com especial atenção para as operações mais ruidosas (nomeadamente aquelas que são efetuadas com recurso a explosivos) ao período diurno (7h - 22h), de modo a não causar incómodos significativos às populações residentes nos aglomerados mais próximos dos locais das obras;

- isolamento sonoro da central, tendo este de estar contemplado no projeto da obra;

- as ações necessárias para a execução das fundações do açude devem restringir-se, ao local da obra, devendo, assim, ser respeitada uma faixa de proteção das formações vegetais envolventes, que deverá ser devidamente assinalada, por forma a facilitar a identificação imediata do local restrito da obra;

- deverão existir cuidados acrescidos com os sedimentos resultantes da obra, evitando, ao máximo o seu lançamento no rio. Deverá ser interdito o manuseamento de óleos e combustíveis perto ao rio, a fim de se evitarem contaminações acidentais da água;

- a manutenção do caudal ecológico referido anteriormente, e que deverá previsto no projeto, permitirá a conservação das estruturas ecológicas;

- a entrada no circuito hidráulico deve ser protegida de modo a evitar a entrada de peixes e conseqüentemente a aniquilação de indivíduos;

- sempre que possível, deverá ser utilizada mão-de-obra local na construção do aproveitamento, o que terá efeitos benéficos para a economia da região;

- os acessos ao local da central hidroelétrica deverão ser corretamente assinalados;

- a recuperação dos caminhos eventualmente afetados pela passagem da maquinaria contribuirá como medida compensatória pelo impacto negativo devido à afetação de alguns caminhos rurais;

- com vista a reduzir o risco de acidente pela aproximação de pessoas dos locais do açude e central deverão ser criadas zonas de segurança com acessos interditos;

- deverá proceder-se à reestruturação da paisagem, através de movimentos de terra complementares que naturalizem as zonas afetadas pela execução da obra.

Capítulo 5. Conclusões e recomendações

O local selecionado para o presente estudo - BHC - apresenta as seguintes características físicas:

- topograficamente é uma bacia alongada, com uma zona aplanada na região central e zonas mais declivosas nas regiões mais a Norte e a Sul;
- a precipitação atmosférica média anual situa-se próximo dos 1000 mm o que possibilita a ocorrência de uma linha de água principal com regime perene;
- ocupa terrenos da Zona Centro-Ibérica; geologicamente predominam as rochas graníticas; afloram ainda xistos e grauvaques e rochas do ordovícico;
- a interpretação geológico-estrutural baseada em técnicas de deteção remota permitiu concluir que a bacia do Rio Carapito é fortemente afetada por alinhamentos estruturais, tendo estes uma incidência maior na zona mais a sul da bacia;
- está incluída na Unidade Hidrogeológica do Maciço Antigo, mais propriamente na Massa de água do Maciço antigo indiferenciado da bacia do Mondego.

As características geomorfológicas, geológicas, estruturais, hidrológicas suportam condições favoráveis à implantação dos aproveitamentos propostos nesta dissertação, ou seja, barragens, mais especificamente:

- em termos geológicos a presença de um soco ordovícico e de um soco granítico dá as condições indicadas de estabilidade das fundações do aproveitamento;
- ao nível geomorfológico, a presença de declives acentuados junto da zona ordovícica proporciona as condições necessárias para a implantação do aproveitamento e da albufeira.
- os valores consideráveis da precipitação e o regime perene da linha de água principal suportam claramente a construção de uma barragem nesta bacia;
- o uso e ocupação dos solos, maioritariamente por zonas florestais circundadas por zonas agrícolas, são favoráveis à implantação das estruturas propostas, devido a criação de reservatórios de água que serviriam para o abastecimento dos sistemas de rega, tal como, para o abastecimento de água para o consumo das povoações circundantes.

A análise expedita de impactes ambientais, tendo em conta os benefícios e os fatores negativos que advêm da implantação dos aproveitamentos estudados, aponta para um claro benefício das povoações vizinhas, nomeadamente devido à criação de postos diretos de emprego na região e indiretos com o incremento das atividades na área da restauração e do fornecimento de materiais.

A produção de energia através das barragens poderá ser um fator positivo tendo em conta que poderá equilibrar possíveis quebras de tensão na rede elétrica de distribuição local na região.

As albufeiras criadas pelas barragens propostas poderão proporcionar: (1) um incremento nas atividades agrícolas locais; (2) maior disponibilidade hídrica para consumo humano e industrial; (3) a criação de zonas de convívio e de lazer na região trazendo, assim como, (4) um benefício e bem-estar para as povoações da região.

Para além dos elementos apresentados neste trabalho, o avanço para a construção de barragens no domínio em análise deverá incluir outros estudos, tais como:

- O estudo hidrológico detalhado da região, nomeadamente do regime e caudais do escoamento hídrico superficial;
- Um estudo mais aprofundado da geologia e dos alinhamentos estruturais nas regiões adjacentes à bacia estudada;
- A realização de cartografia geológica da região em escalas iguais ou superiores a 1:25.000; atualização das cartas geológicas já publicadas;
- O maior conhecimento da hidrogeologia local e da região, no sentido da identificação de novos sistemas aquíferos dentro do Maciço indiferenciado do Mondego.

Bibliografia

Almeida, A, Leterrier, J., Noronha, F., Bertrand, J. (1998) - U-Pb zircon and monazite geochronology of the Hercynian two-mica composite pluton of Cabeceiras de Basto (northern Portugal). C.R. Acad. Sci. Paris, *Earth & Planetary Science Letters* 326, 779-785.

Antunes, I., Neiva, A., Silva, M., Corfu, F. (2008) - Geochemistry of S-type granitic rocks from the reversely zoned Castelo branco pluton (Central Portugal). *Lithos*, 103, 445-465.

Azevedo, M.R., Valle Aguado, B., Nolan, J., Martins, M.; Medina, J. (2005) - *Origin and emplacement of syn-orogenic Variscan granitoids in Iberia the Beiras massif*. In: (eds.) Carosi, R., Dias, R., Iacopini, D.; Rosenbaum, G., *The southern Variscan belt, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition*, ISSN 1441-8142, Volume 19, Paper 7.

Azevedo, M.R., Valle Aguado, B. (2013) – Origem e instalação de Granitóides Variscos na Zona Centro-Ibérica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, J.C. (Eds.). *Geologia de Portugal, Escolar Editora* (ISBN: 978-972-592-364-1): vol. 1, 377- 401.

Bernardo De Sousa, M. (1983) - Considerações paleogeográficas e ensaio de correlação das formações do Grupo do Douro (CXG) com as formações anteordovícicas da Zona Centro-Ibérica. *Mem. Not. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra*, 95, 65-98.

Brum da Silveira, A. P. (2002). Neotectónica e Sismotectónica de um sector do Alentejo Oriental. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 339 pp.

Costa, M. M. C. P. (2011) - *Geoquímica dos granitóides de Aguiar da Beira, norte de Portugal*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, 346 pp.

Dias, R., Ribeiro, A. (1995) - The Ibero-Armorican Arc: A collision effect against an irregular continent? *Tectonophysics*, 246, 113-128.

Dias, R., Coke, C. e Ribeiro, A. (2006) – Da deformação na Serra do Marão ao zonamento do autóctone da Zona Centro-Ibérica. In Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kulberg, J. (editores). *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, Universidade de Évora, Évora, pp. 35-61.

Dias, G. (2001) - Fontes de granitóides Hercínicos da Zona Centro-Ibérica (Norte de Portugal): evidências isotópicas (Sr, Nd). *Mem. Acad. Sci. Lisboa*, XXXIX, 121-143.

Diez Balda, M., Vegas, R., Gonzalez Lodeiro, F. (1990) - Central-Iberian Zone: Structure. *In*: Dallmeyer, R.D.; Martínez García, E. (Eds). *Pre-mesozoic Geology of Iberia*, Springer, Berlin Heidelberg, 172-188.

Ferreira Pinto, A. F. (1983) Rochas granitóides hercínicas pós-tectónicas da área de Satão-Penalva do Castelo – Características Petrográficas e Geoquímicas, Memórias e notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral Geol., Univ. Coimbra, nº96, 40-44.

Ferreira Pinto, A. F.; Regêncio Macedo, C. A. (1989) Geocronologia das rochas granitóides da área de Penalva do Castelo (Viseu, Portugal), Memórias e notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral Geol., Univ. Coimbra, nº 107, 2-6

Ferreira Pinto, A. F.; Bernardo de Sousa, M. (1991) Metamorfismo das rochas do grupo do Douro (CXG) na aureola termal do granito da Valeira (NE de Portugal). Condições físico-químicas e composição da fase fluida; Memórias e notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral Geol., Univ. Coimbra, nº 111; 185-189.

Ferreira, N.; Iglesias, M.; Noronha, F.; Pereira, E.; Ribeiro, A. & Ribeiro, M.L. (1987). Granitoides da Zona Centro Iberica e seu enquadramento geodinamico. *In*: F. Bea, A. Carnicero, J.C. Gonzalo, M.L. Plaza & M.D.R. Alonso (Eds.), *Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico. Libro de Homenaje a L.C. Garcia de Figuerola*. Dep. Geologia, Univ. Salamanca. *Ed. Rueda*, Madrid, 37-51.

Ferreira, N., Iglesias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A., Ribeiro, M. (1987) - Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. *In*: F., Carnicero, A., Gonzalo, J.C., López Plaza, M., Rodriguez Alonso, M.D. (Eds.) *Geologia de los Granitóides y Rocas asociadas del Macizo Hespérico*, Editorial Rueda, Madrid, 37-51.

Gil Iburguchi, I., Julivert, M., Martinez, F. (1983) - La evolucion de la Cordillera Herciniana en el Tiempo. *Rios Geologia de Espana I*. Madrid, Spain, 607 -612.

Golze, A.R. (1977) – Handbook of Dam Engineering. Van Nostrand Reinhold, London.

Ramos, J.M. (2004) - Observação do comportamento estrutural de barragens de betão. Laboratório de engenharia civil, Lisboa.

Gonçalves, L.S.M.; Pinto, A.F.; Araujo, J.R.F.; Fonseca, E.C. & Pinto, M.C.S. (1990). Folha no 17-B (Fornos de Algodres) da *Carta Geológica de Portugal*, escala 1/50 000. Inst. Geol. e Mineiro, Lisboa.

Pinto, M. S., Casquet, C., Ibarrola, E., Corretge, L., Ferreira, M. P. (1987) - Síntese geocronológica dos granitóides do Maciço Hespérico. *In: Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*, Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J.C., López Plaza, M. and Rodríguez Alonso, M.D. (Eds.) Editorial Rueda, Madrid, 69- 86.

Sabins, F. F. (1997). *Remote Sensing. Principles and Interpretation*. Waveland Press, Inc., Long Grove, 494 pp.

Pinto, M.S.; Casquet, C.; Ibarrola, E.; Corretge, L.G. & Ferreira, M.P. (1987). Síntese geocronológica dos granitoides do Macico Hesperico. *In: F. Bea, A. Carnicero, J.C.*

Ribeiro, A., Antunes, M., Ferreira, M., Rocha, R., Soares, A., Zbyszewski, G., Almeida, F., Carvalho, D., Monteiro, J. (1979) – *Introduction a la Géologie Générale du Portugal*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 114 pp.

Saraiva, A.L.A. (2011) - *Cadernos de apontamentos da disciplina de Geologia estrutural*.

Serrano Pinto, M.; Azevedo, M.R.; Renato Araújo, J.; Severo Gonçalves, L.(1987), Granitóides das áreas de Fornos de Algodres e de Castro de Aire, uma comparação e alguns problemas, departamento de geociências, universidade de Aveiro.

Valle Aguado, B., Azevedo, M.R., Schaltegger, U., Martinez Catalan, J., Nolan, J. (2005) - U-Pb zircon and monazite geochronology of Variscan magmatism related to syn-convergence extension in Central Northern Portugal. *Lithos*, 82: 169-184.

Teixeira, C.; Santos, J. P.; Teixeira Lopes, J. Da V.; Pilar, L.; Pereira, V. C.; (1972) Carta geológica de Portugal, Noticia explicativa da folha 14-D (Aguiar da Beira), Direcção-geral de minas e serviços geológicos, Lisboa. 14-35.

Teixeira, R.S.T. (2008) - *Mineralogia, petrologia e geoquímica dos granitos e seus enclaves da região de Carrazeda de Ansiães*. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real, 427 pp.

Sítios Consultados

<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/search.jsp> acessado em 20/12/2013

<ftp://ftp.glcf.umd.edu/glcf/Landsat/> acessado em 03/10/2013

<http://prezi.com/vekb14ta2yun/copy-of-a-civilizacao-egipcia-arte-no-antigo-egito/> acessado em 17/03/2014

<http://datacentro.ccdrc.pt/Viewer.aspx> acessado a 21/01/2014

<http://snirh.apambiente.pt/> acessado em 13/11/2013

<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>) acessado em 02/08/2014

<https://dre.pt/application/dir/pdf1s/1999/09/222A00/66236627.pdf> acessado em 15/06/2014