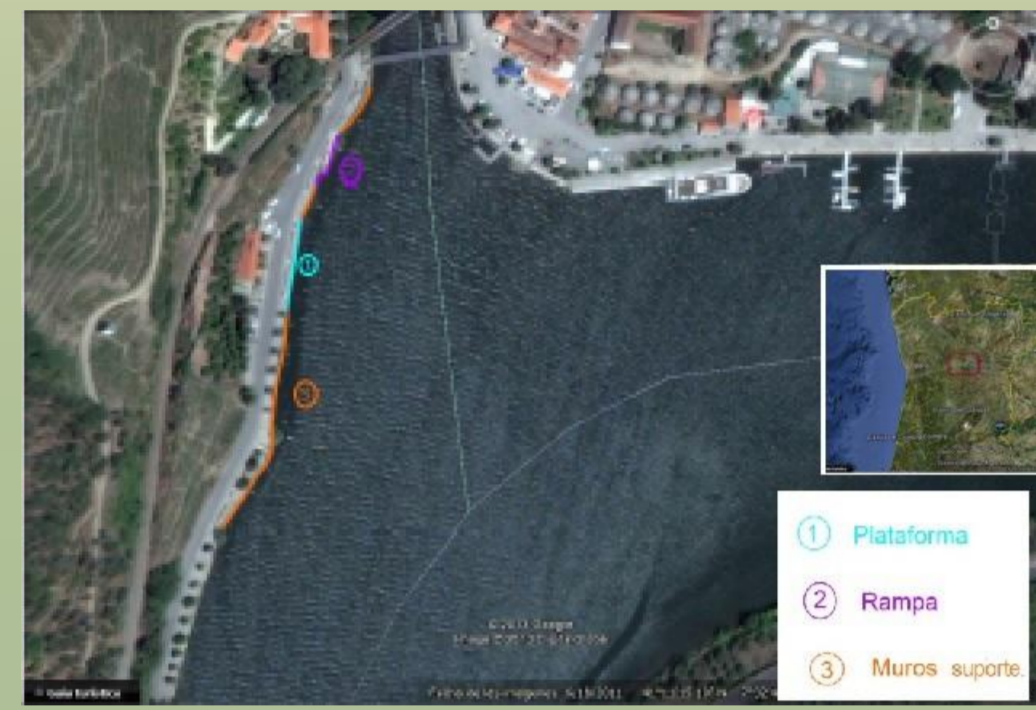


INTRODUÇÃO

A navegabilidade do rio Douro tem uma importância significativa no desenvolvimento económico de toda a região, sendo o factor determinante para o incremento do turismo. Nos cerca de 180 km de rio navegável, existe um número significativo de cais e outras instalações portuárias.

Este trabalho focar-se-á exclusivamente sobre o caso do cais de Sabrosa, situado no trecho a montante da barragem da Régua e em frente ao cais do Pinhão.

As encostas sobrejacentes ao cais apresentam indícios de escorregamentos, bem como uma geologia que inclui um acidente tectónico importante (cavalcamento) no seio de depósitos de xistos e grauvaques (Super-Grupo Dúrico Beirão).



Localização do cais de Sabrosa, e sua constituição.



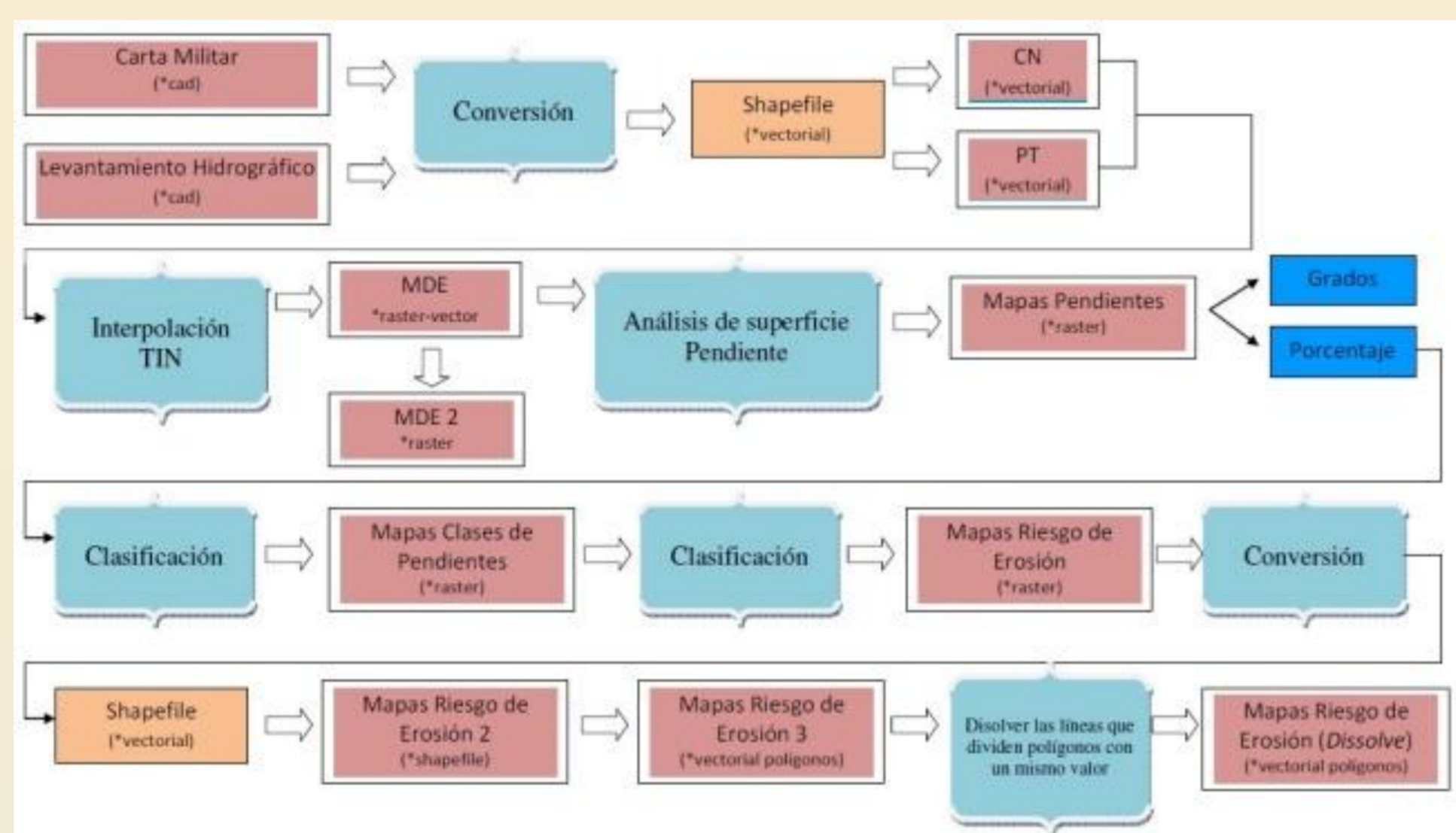
Aspecto parcial do cais de Sabrosa, escorregamentos na encosta a montante da localização da rotura no muro de gabiões

Pretende-se analisar as situações de instabilidade presentes, com recurso à cartografia geotécnica, com especial ênfase a cartas de susceptibilidade à instabilização, indicadores de potenciais ocorrências de processos geológicos naturais ou induzidos pelas actividades antrópicas, derivadas automaticamente com recurso a Sistemas de Informação Geográfica - SIG.

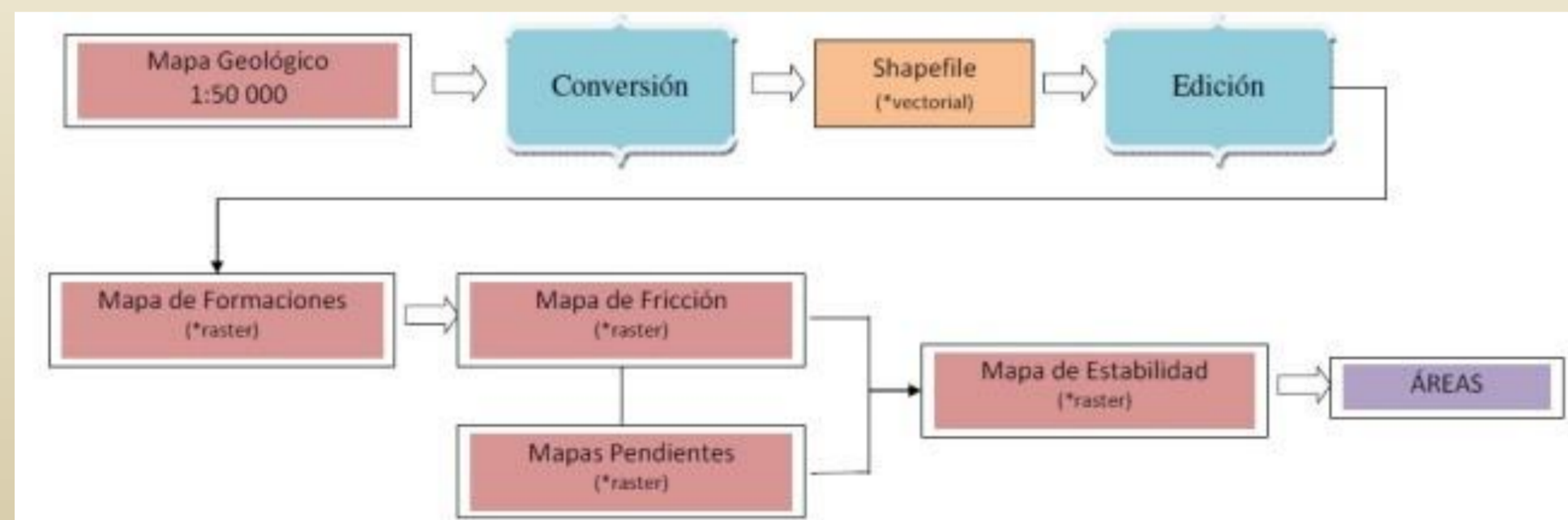
METODOLOGIA

A informação geológica e geotécnica da área foi completada com uma campanha de 16 sondagens e ensaios em terra e na água, ao longo de todo o cais. Posteriormente, foi complementada com um estudo geológico de campo abrangendo a encosta situada a montante, com identificação e cartografia das zonas instabilizadas, ou com indícios de instabilização, bem como das estruturas geológicas ocorrentes.

Toda a informação disponível, foi georreferenciada e integrada num SIG, com a elaboração de um conjunto de cartas temáticas, facilitando a compreensão das características físicas da zona. O procedimento para a elaboração desses mapas temáticos está sintetizada nos fluxogramas.



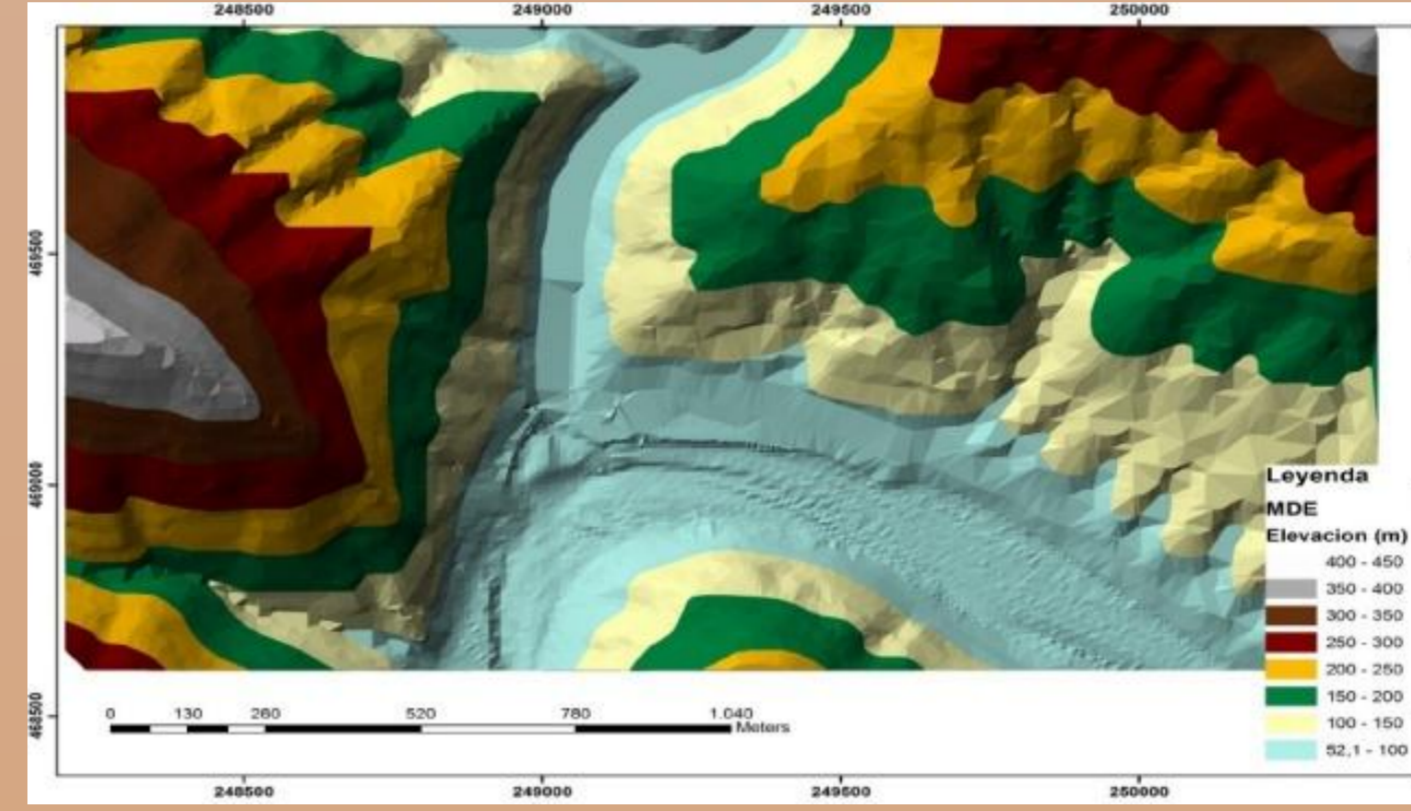
Fluxograma para obtenção das cartas de susceptibilidade à erosão com SIG.



Fluxograma para obtenção das áreas em perigo de instabilidade com base na litologia e declives do terreno.

MODELAÇÃO COM SIG

A implementação do modelo da área em SIG começou pela elaboração de um Modelo Digital de Altitudes (digital elevation model DEM), utilizando oito classes de altitudes, entre um mínimo de 52,1 m e 450 m, com classes separadas de 50 m cada. Após validação, esta carta serviu de base à derivação de uma carta de declives; optou-se por utilizar uma versão simplificada da classificação apresentada pela Universidade Estadual de São Paulo, considerando unicamente as três classes listadas na Tabela, considerados os intervalos relevantes para avaliar a susceptibilidade à erosão/instabilização da área em referência. Para obter estas últimas cartas, a informação física do declive tinha de ser cruzada com a dos diferentes tipos de terrenos que ocorressem na região e as respectivas características de resistentes.



Modelo Digital de Elevação.



Extracto da Carta Geológica de Portugal, folha 10D: Alijó, onde se identificam as duas formações câmbrias aflorantes, e o contacto por cavalcamento entre elas.

Adaptação da classificação da UNESP para as inclinações e perigo de erosão.

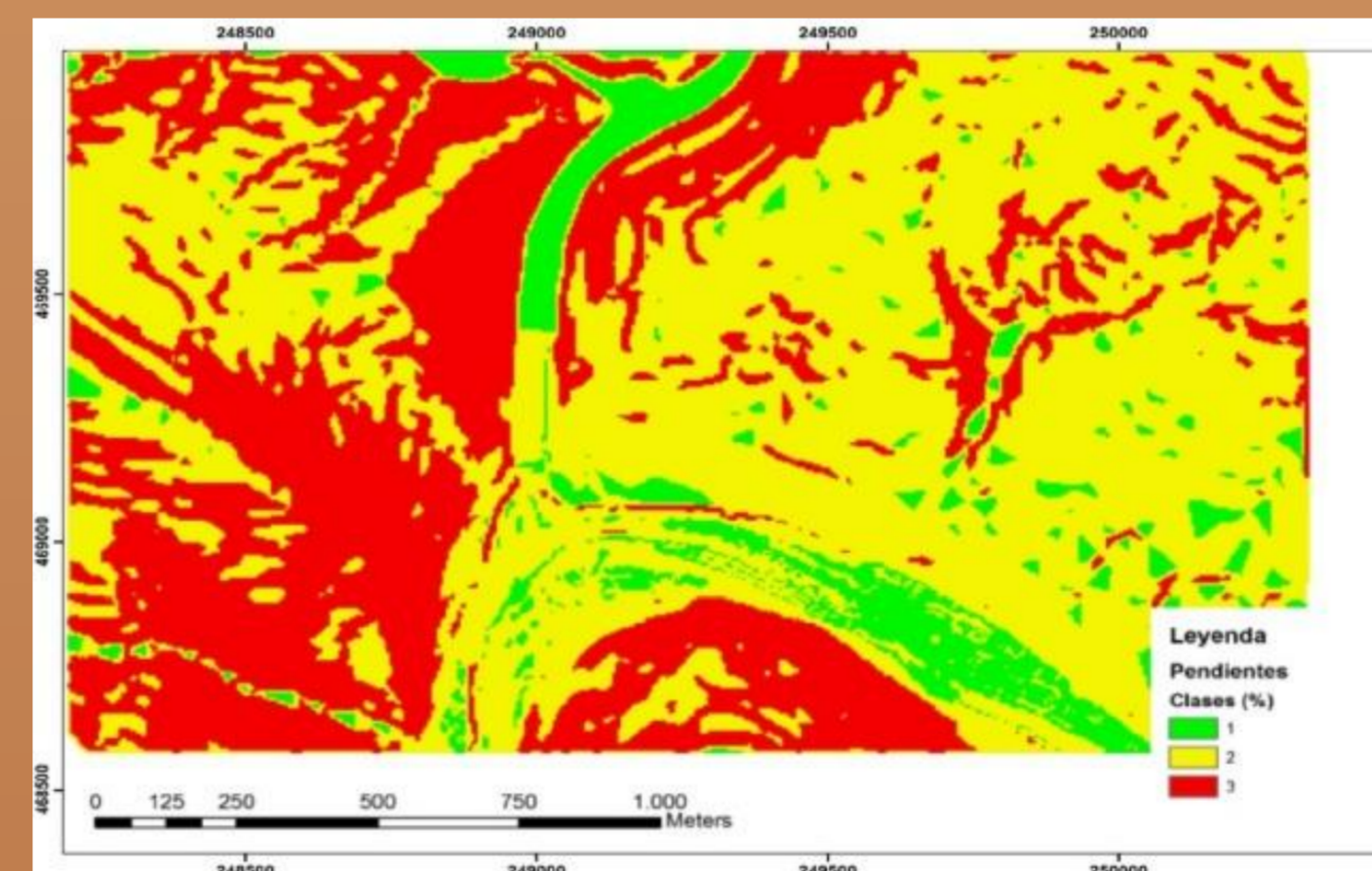
Classe de declive	Declive (%)	Perigo de erosão
1	< 5	Baixo
2	5 - 45	Médio
3	> 45	Elevado



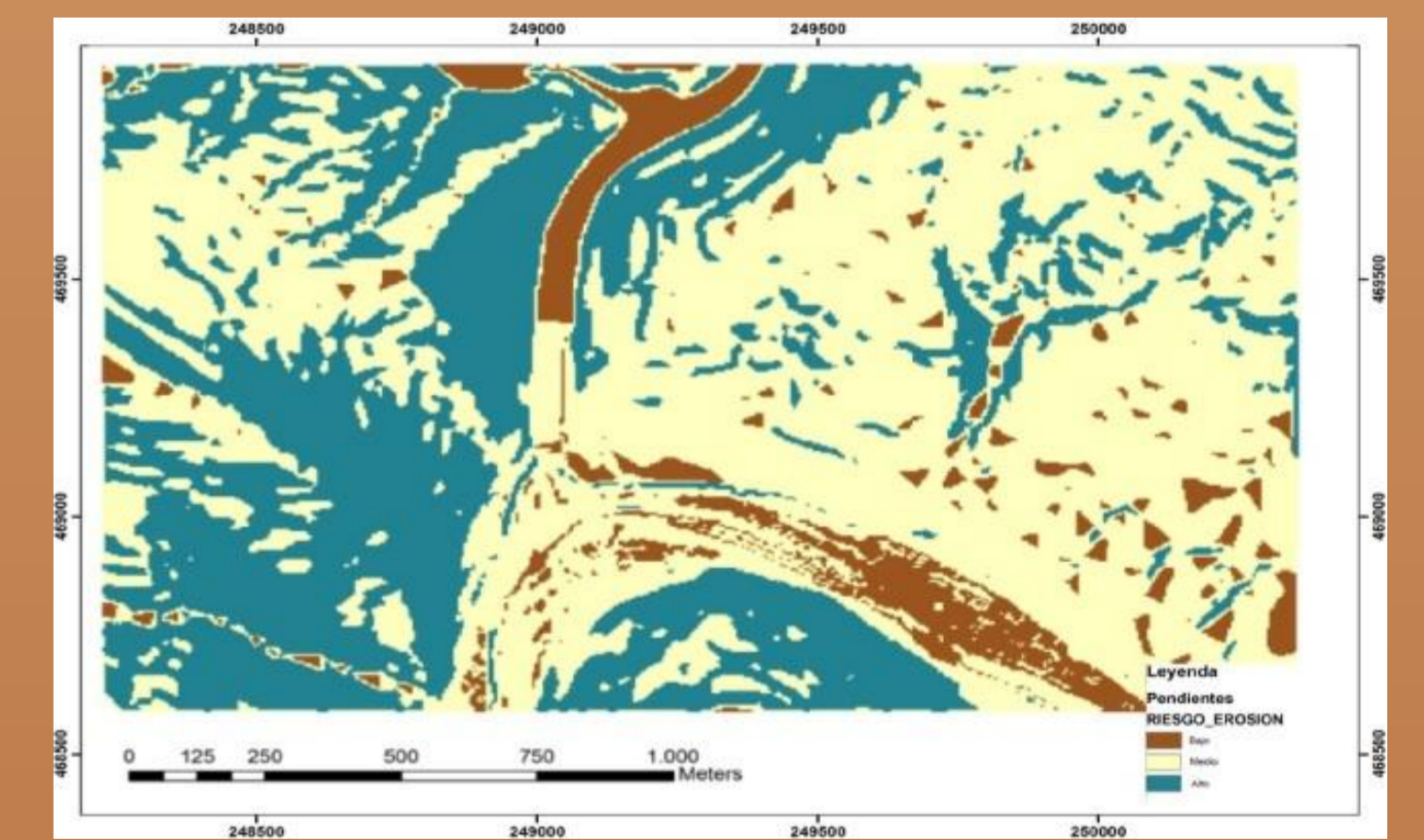
Cavalcamento entre as formações da Bateira, à esquerda, e da Ervedosa, à direita (linha a vermelho).

Para a análise da litologia tomou-se como base do reconhecimento de campo, a respectiva Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000. Na região existem duas formações autóctones do Super-Grupo Dúrico Beirão: as formações da Bateira e da Ervedosa do Douro, que contactam entre si por cavalcamento (NW-SE e inclinando para SW), identificado no local e, mais a NE, existe um carreamento sin-sedimentar. Estas estruturas resultam, respectivamente, das fases de deformação sarda e hercínica. A natureza destes terrenos é bem diferente, distinguindo-se a primeira formação da segunda pelas persistentes e espessas intercalações grauvacóides e a composição mais silicatada em oposição a filitos e metaquartzitos menos resistentes; estas diferenças de composição confere-lhes uma morfologia muito típica e distinta e permite identificar no terreno a primeira daquelas estruturas tectónicas.

A carta de áreas potencialmente instáveis por movimentos de massa utilizou ainda os resultados da campanha de ensaios e prospecção geotécnica, que identificou uma espessura de solos aluvionares e de alteração sob as estruturas portuárias, que variou entre 3,9 m (a sul) e 10,0m (a norte), bem como alguns valores de referência de ângulos de atrito para as litologias presentes na encosta a montante do cais, para obter uma carta derivada no SIG. As ocorrências de movimentos de massa observadas no levantamento de terreno foram utilizadas para validar esta carta.



Carta de declives segundo a classificação da Tabela.



Carta de susceptibilidade à erosão.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

Da análise da carta de declives, verifica-se que uma percentagem significativa da encosta situada a montante do cais de Sabrosa possui declive superior a 45%. Este facto, associado à cobertura de alteração dos terrenos xistosos da Formação da Ervedosa, situados a NE do cavalcamento, e divididos em socacos para produção do vinho do Porto, possibilita que uma área significativa (num total aproximado de 2,6 km²) da encosta na zona envolvente ao cais de Sabrosa se apresente como potencialmente vulnerável a sofrer erosão do seu solo.

A estabilidade da zona pode, no entanto, ser comprometida também pela presença do cavalcamento que afecta as formações da Bateira e Ervedosa, que indicia a elevada deformação que os terrenos apresentam nesta zona. De facto, embora o risco potencial de ocorrência de movimentos de terrenos na encosta ocupe uma área relativamente reduzida (cerca de 400 m²) deverá, todavia, ser tida em conta devido ao elevado declive dos taludes envolvidos e à fracturação apresentada por estes.

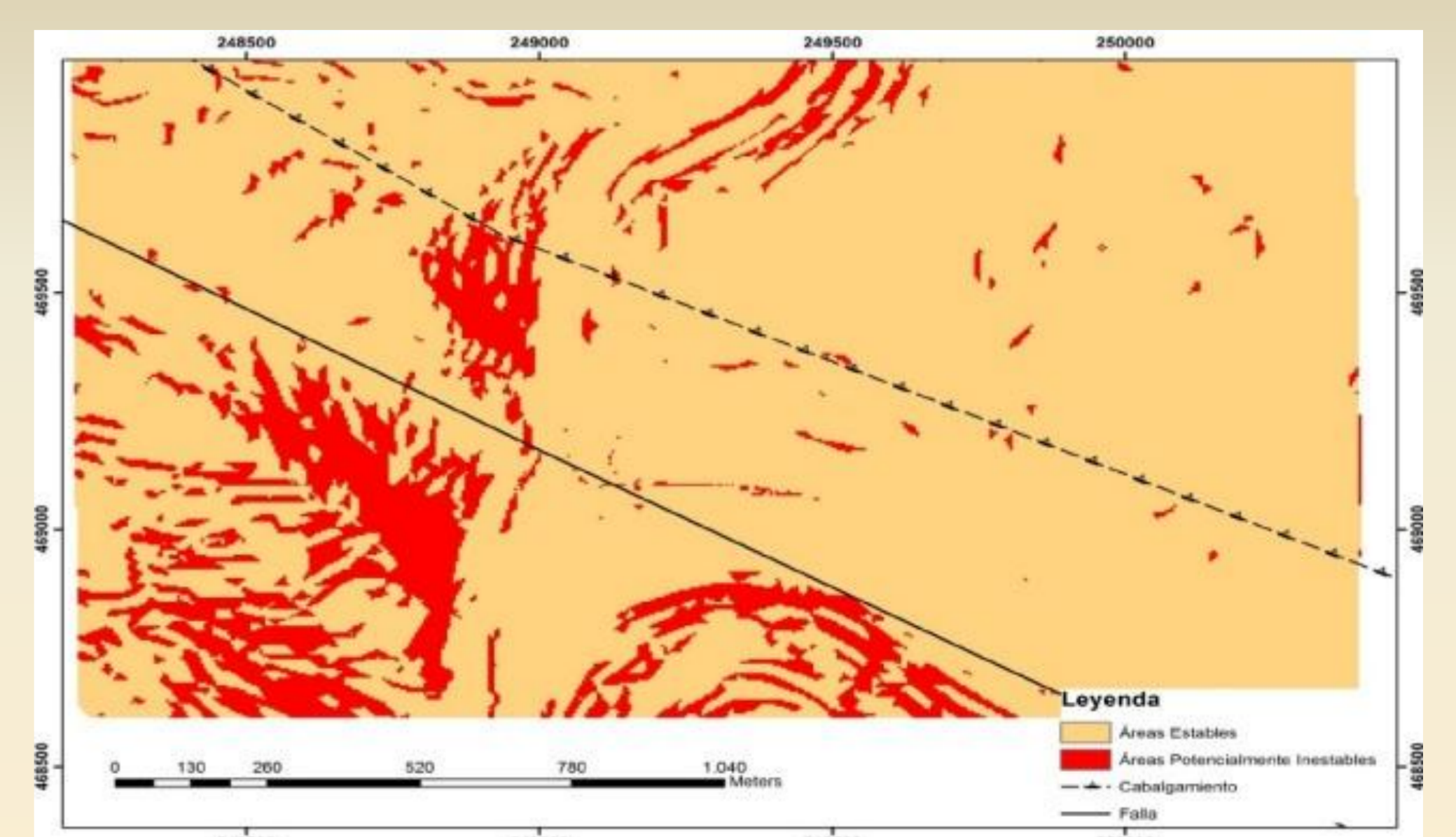
O estudo apresentado visou ampliar o conhecimento envolvente ao cais de Sabrosa, situado a jusante da confluência do Rio Pinhão com o Rio Douro, a fim de analisar se poderiam existir fenómenos de instabilização na encosta que pudessem fazer perigar a estabilidade futura da reconstrução deste cais, associados à deformação tectónica intensa que os terrenos do substrato paleozóico apresentam.

A metodologia adoptada permitiu uma compreensão adequada dos fenómenos geológicos ocorrentes e confirmar que os acidentes verificados no cais de Sabrosa, nomeadamente a rotura do muro de suporte em gabiões, não tem causa geológica e geotécnica, mas antes se deve à própria concepção da solução, nomeadamente à não consideração da corrosão dos elementos metálicos dos gabiões, quando sujeitos a períodos de molhagem e secagem, com a variação dos níveis de água da albufeira na barragem da Régua.

Como solução para a recuperação deste cais, está prevista a execução de uma cortina contínua de estacas prancha ancoradas, aumentando também a zona de atracagem para um valor próximo dos 350 m, permitindo a atracagem simultânea de quatro barcos-hotel.

Agradecimentos

Os autores agradecem à DGRM a possibilidade de utilização de dados do ex-IPTM, IP para a realização desta comunicação.



Carta de risco potencial de movimentos de massa, com distinção entre áreas potencialmente instáveis (a vermelho) das tendencialmente estáveis.