

## Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica no Estudo do Impacte Visual de um Parque Eólico

Paulo Fernandez<sup>1</sup> e Sandra Mourato<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Castelo Branco - Escola Superior de Agrária | Telefone: +351 272 339900 | Fax: +351 272 339901 | E-mail: [palex@esa.ipcb.pt](mailto:palex@esa.ipcb.pt)

<sup>2</sup> Instituto Politécnico de Leiria - Escola Superior de Tecnologia e Gestão | Telefone: +351 244 820300 | Fax: +351 244820310 | E-mail: [smourato@estg.ipleiria.pt](mailto:smourato@estg.ipleiria.pt)

**Palavras-Chave:** Bacias de Visão, Parque Eólico, SIG.

**Resumo:** Os Parques Eólicos foram uma das tipologias de projecto, constante das Listas Positivas do DL 69/2000 de 3 de Maio, que mais têm sido sujeitos ao procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental, quer pelo aumento do número deste tipo de infra-estruturas, quer pelas localizações maioritariamente em zonas protegidas.

Os maiores impactes decorrentes deste tipo de projecto verificam-se no descritor Paisagem, no entanto, os impactes visuais nem sempre foram estudados de forma adequada. A construção de perfis visuais e simulações visuais é ainda uma técnica pouco utilizada nos Estudo de Impacte Ambiental destas tipologias.

Assim, foi desenvolvida uma metodologia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para a construção de bacias de visão e permitir a análise do impacte visual.

Neste estudo foi analisado o impacte visual dos aerogeradores de um Parque Eólico nas localidades limítrofes. A aplicação desta metodologia em SIG necessita da seguinte informação geográfica base: altimetria, toponímia e localização dos aerogeradores.

A análise das bacias de visão, utilizando a tecnologia SIG, é um processo eficiente na avaliação do impacte visual de infra-estruturas com efeito negativo sobre a paisagem.

### Introdução

Nas últimas décadas verificou-se, no contexto Europeu, um interesse crescente pelo tema paisagem, que começou a ser reconhecido como um importante recurso ambiental, económico e cultural, assim como um elemento chave na melhoria da qualidade da vida das populações.

Este reconhecimento, propiciou entre outras iniciativas, a elaboração da Convenção Europeia da Paisagem, em vigor desde Março de 2004, e assim surgiu a necessidade de considerar a paisagem nos vários instrumentos de planeamento ambiental.

As alterações climáticas são, presentemente, uma ameaça séria para o ambiente a nível global. A abordagem deste problema é enquadrada no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas e, mais recentemente, em 1997, do Protocolo de Quioto. A produção energética contribui fortemente para este problema, sendo imputável a este sector 94% das emissões de CO<sub>2</sub> geradas pelo homem na Europa, este facto, justifica o aumento do investimento nas energias renováveis.

No Anexo II, ponto 3 alínea i do Decreto lei nº 69/2000 de 3 de Maio alterado pelo DL 197/2005 de 8 de Novembro é referido que são alvo de Avaliação de Impacte Ambiental todos os aproveitamento da energia eólica para produção de electricidade que no caso geral sejam constituídos por 20 torres ou localizados a uma distância inferior a 2 km de outros parques similares e no caso de a sua localização ser em zonas sensíveis todos os parques eólicos com 10 torres ou localizados a uma distância inferior a 2 km de outros parques similares.

O facto dos locais com maior potencial eólico se situarem em cumeadas de serras integrada em áreas protegidas ou mesmo em outras classificadas e, designadamente em sítios da Lista Nacional de Sítios ou Zonas de Protecção Especial, no quadro da Rede Natura 2000, levaram à publicação do Despacho Conjunto n.º 583/2001, de 3 de Julho, do Despacho n.º 11091 de 25 de Maio de 2001 e do Despacho n.º 12006 de 6 de Junho de 2001. Estes Despachos vieram trazer maior exigência à avaliação ambiental, em sede de AIA, por exigir a justificação da compatibilidade entre a aptidão para a conservação e os impactes induzidos pelo projecto.

Os Parques Eólicos têm sido uma tipologia de projecto com elevada expressão nas acções sujeitas a Avaliação de Impacte Ambiental de acordo com a legislação em vigor.

Ao nível do impacte paisagístico durante a fase de exploração está em causa, sobretudo, a sensibilidade visual. Os impactes provocados por este tipo de projecto podem ser considerados de natureza negativa, com magnitude moderada a elevada. A atribuição de uma magnitude moderada a este impacte, em detrimento de uma magnitude elevada, prende-se com o facto de as áreas envolventes possuírem outros focos de perturbação do ponto de vista paisagístico que lhe retiram parte do potencial valor cénico.

O que se considera ser um efeito visual negativo do parque é a ocorrência de situações que levem a uma sensação de esmagamento de quem o observa. Também se considera negativo que a linha do horizonte fique demasiado obstruída, alterando o espaço que a vista abrange, ou seja, impedindo o desafio de vistas.

Foi identificado por Marcolino (2003) que relativamente ao descritor Paisagem, um dos impactes mais significativos e permanentes deste tipo de projecto, que, por vezes, é menosprezado e não são devidamente avaliados os seus impactes. São poucos os Estudos de Impacte Ambiental (EIA) que apresentam o estudo dos perfis visuais e/ou a simulação visual do projecto a partir de receptores visuais na envolvente, referindo apenas que o impacte na paisagem é subjectivo. Alguns estudos efectuam perfis entre determinados locais e alguns aerogeradores do Parque Eólico e muito poucos apresentam resultados de estudo de bacias de visão com a indicação quantitativa de quantos aerogeradores são visíveis de cada local.

Os perfis visuais permitem o estudo da visibilidade dos aerogeradores mas têm de ser efectuados individualmente entre cada aerogerador que constitui o parque eólico e o local que se pretende estudar. Em alguns estudos apenas são efectuadas montagens fotográficas (antevisões) com os aerogeradores instalados na zona de estudo, apenas permitem perceber a visibilidade do parque de um local em concreto revelando muitas lacunas na análise visual.

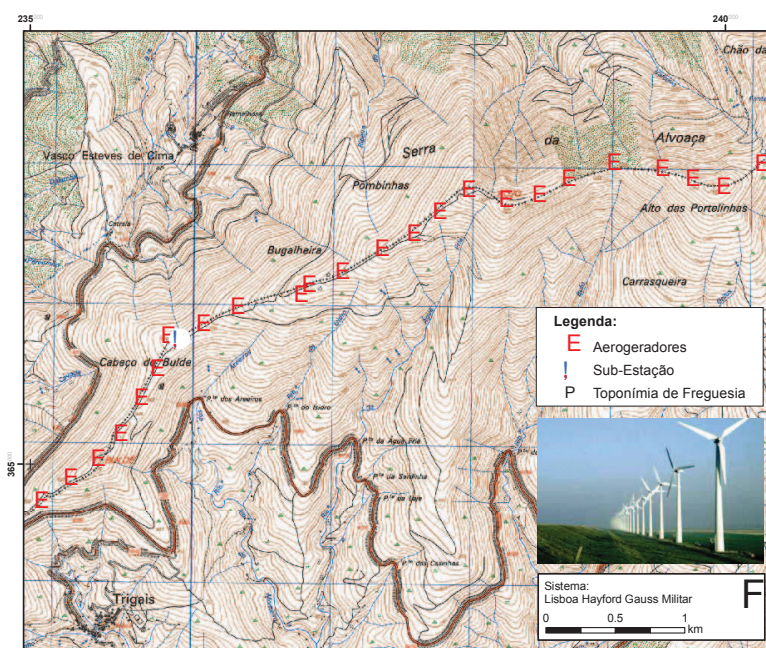
O objectivo deste estudo é determinar o impacte visual que os parques eólicos causam nas populações com recurso a uma metodologia SIG que permite com exactidão e antes da execução do projecto verificar de que locais da área envolvente é visível cada um dos aerogeradores e qual a parte do aerogerador que é visível se todo ou apenas as pás.

## Caso de Estudo

A metodologia desenvolvida foi aplicada para um caso de estudo que de acordo com a

Figura 2, corresponde a um parque eólico a localizar no Parque Natural da Serra da Estrela abrangendo os Concelhos da Covilhã e de Seia. No estudo são consideradas três alternativas que prevêem respectivamente a instalação de 15, 19 ou 21 aerogeradores que corresponderão a uma produção média anual idêntica de energia. Pelo facto da localização dos aerogeradores ser numa zona protegida, qualquer das alternativas propostas deve ser alvo de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA).

As povoações mais próximas do futuro parque eólico são: Alvoco da Serra, Erada, Cortes do Meio, Sobral de São Miguel, Teixeira de Cima e Unhais da Serra.



**Figura 2 – Localização e enquadramento geográfico da área de estudo.**

As localizações dos aerogeradores, para as diferentes alternativas, sobrepõem-se em alguns dos casos. A Sub-estação apresenta a mesma localização nas várias alternativas.

## Metodologia

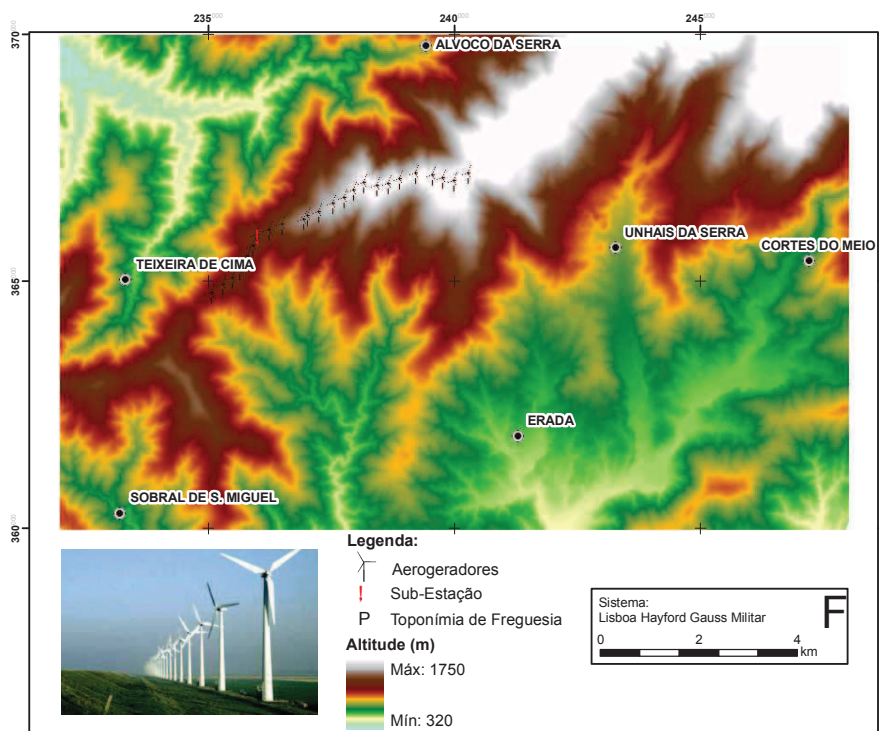
Na construção de Modelos Digitais do Terreno (MDT) intervém, de algum modo, a propagação da altitude conhecida num dado conjunto de pontos para quaisquer outros pontos da região a integrar no modelo. O MDT é fundamental para a determinação de um modelo derivado, como é o caso, das bacias de visão.

Os problemas relacionados com a visibilidade de lugares ou estruturas têm importantes aplicações práticas. O problema básico é a determinação da intercomunicação entre dois pontos, isto é, avaliar a intervisibilidade potencial. Dois pontos no terreno são visíveis se o segmento de recta que os une, não for interrompido por obstáculos físicos.

A intervisibilidade pode ser determinada recorrendo a múltiplos perfis intersectados no ponto de observação ou através de algoritmos de análise célula a célula. Este algoritmo, para cálculo de

zonas de intervisibilidade, é aplicado no modelo matricial, que permite uma discretização do espaço em células justapostas de forma regular e adequa-se à modelação de fenómenos com uma distribuição contínua.

O processo utilizado para a obtenção da informação necessária, no âmbito deste trabalho, para o processo de AIA é baseado na utilização do MDT, sobre o qual foram calculadas as bacias de visão a partir das seis localidades mais próximas da possível implementação do Parque Eólico. De acordo o MDT apresentado na Figura 2, a altitude na área de estudo varia entre 320 m e 1750 m.



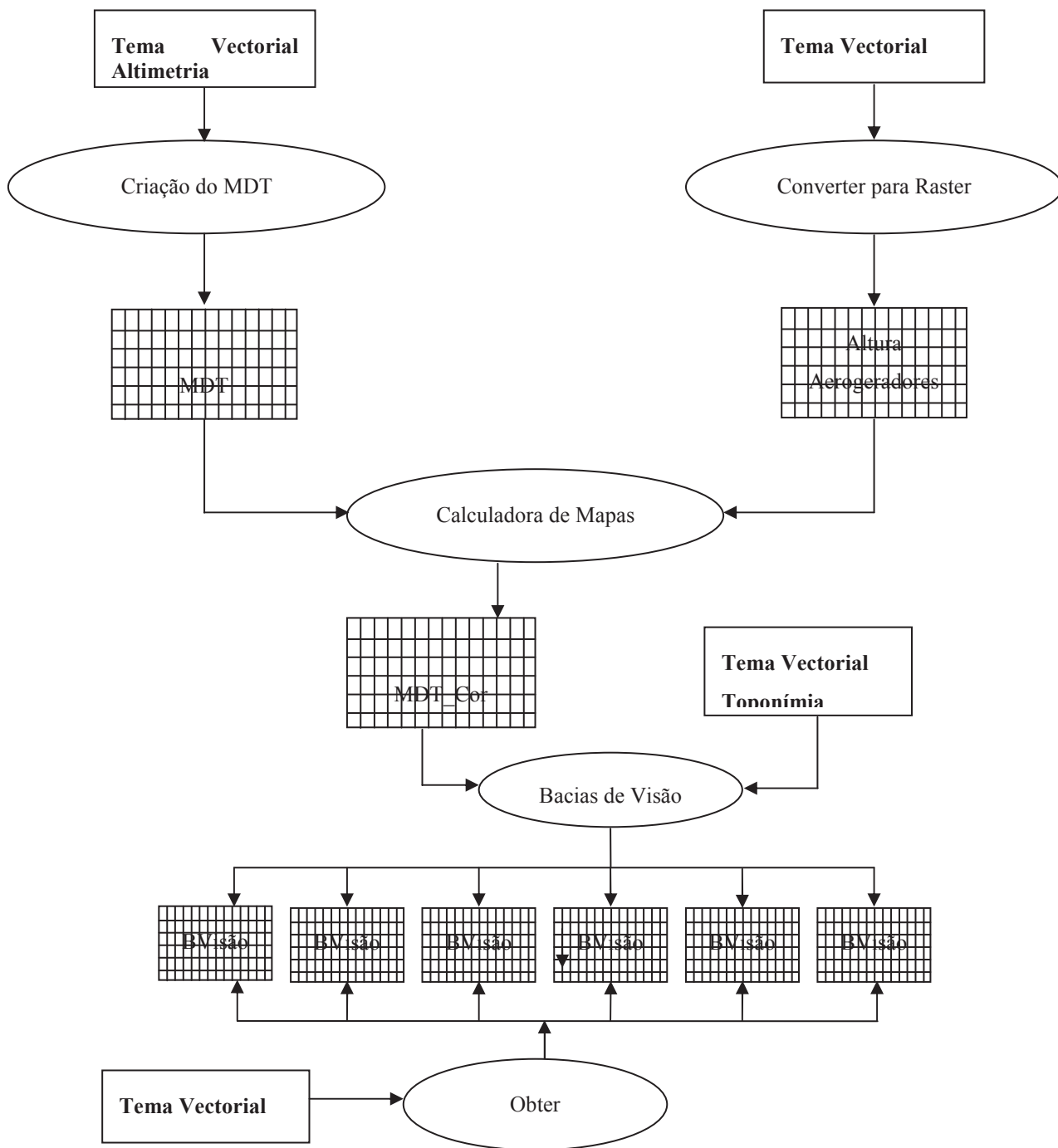
**Figura 3 – Modelo Digital do Terreno.**

Neste estudo foi adoptado um processo de modelação geográfica baseado em análise de superfície e álgebra de mapas sobre o formato matricial (GRID), por se considerar mais eficaz devido às funções a implementar neste procedimento. Neste estudo utilizaram-se matrizes (GRID) com uma resolução de 10 m, assim o rigor das operações implementadas é muito elevado, só sendo condicionado por eventuais limitações nos dados de base.

Os resultados alcançados através da aplicação deste processo de modelação geográfica foram devidamente verificados, garantindo um grau de detalhe e uma qualidade muito elevada, essencial para a fiabilidade dos processos de identificação e avaliação dos impactes ambientais no descritor paisagem.

As operações de análise espacial e modelação geográfica correspondem a uma fase, em que se implementaram um conjunto de procedimentos, destinados à constituição de uma base de elementos, devidamente estruturados em função dos objectivos de análise espacial.

A Figura 4 ilustra o conjunto de procedimentos implementados que permitiu a geração da informação do número de aerogeradores visíveis de cada localidade. Este conjunto de procedimentos também pode ser implementado para a determinação do número de aerogeradores visíveis de qualquer outro local, como por exemplo da rede viária.



**Figura 4 – Operações de análise espacial e modelação geográfica.**

Neste processo de modelação geográfica, utilizou-se como informação geográfica base a altimetria, a toponímia e o posicionamento geográfico previsto para os areogeradores ao longo da cumeada.

Assim, foi utilizado um processo de análise espacial para transformar a altimetria numa superfície contínua de altitude (MDT). O tema vectorial com a localização dos aerogeradores foi convertido para o formato raster com base no campo altura, para permitir através de um processo de álgebra de mapas elaborar a superfície que, na realidade, deve ser utilizada no processo de cálculo e mapeamento das bacias de visão das várias localidades.

O procedimento final consiste em obter para cada localização geográfica de cada aerogerador, previsto nas três alternativas, o valor respectivo do pixel (0/1) nos mapas de bacia de visão das localidades que foram sujeitas ao estudo de bacia de visão.

### Apresentação de Resultados

Após a aplicação da metodologia apresentada no ponto anterior, resultam os mapas com as zonas visíveis e não visíveis da localidade em estudo. Na Figura 4 é possível ver os aerogeradores da alternativa 24, as localidades e as zonas visíveis e não visíveis da localidade Teixeira de Cima, onde é possível verificar que alguns aerogeradores serão visíveis.

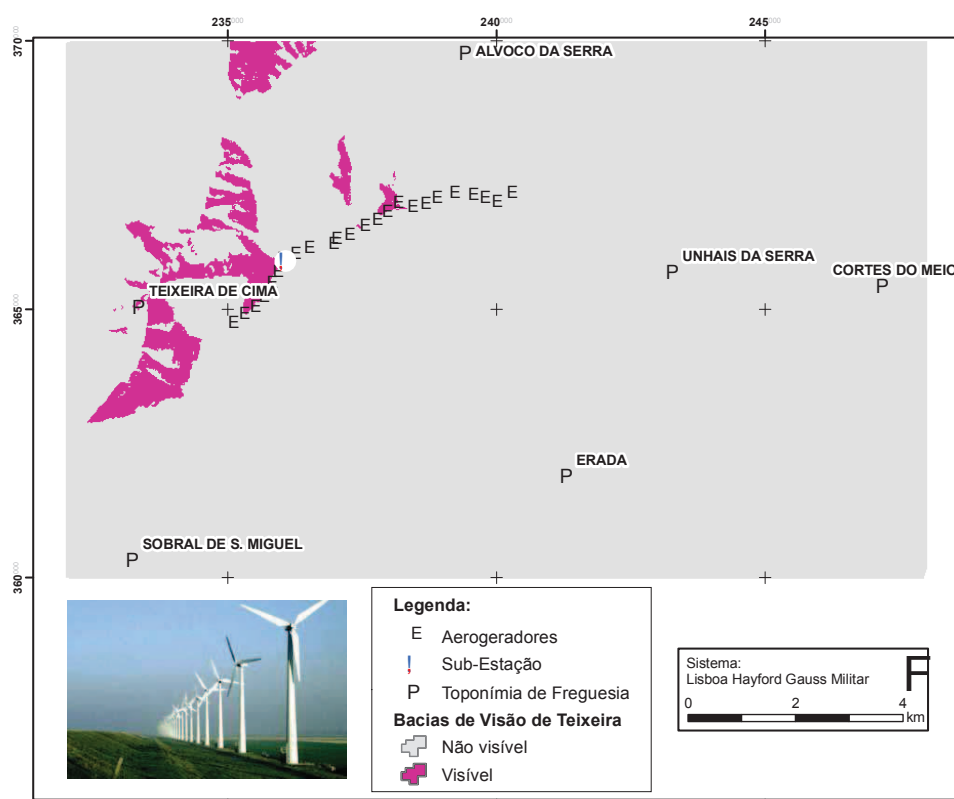


Figura 5 – Mapa de Bacia de Visão da localidade de Teixeira de Cima.

De igual modo se apresenta na Figura 5, as bacias de visão para a localidade de Cortes do Meio. Numa primeira análise parece não existir nenhum aerogerador visível, no entanto quando se efectua uma ampliação da resolução sobre alguns aerogeradores, nomeadamente os aerogeradores 22, 23 e 24 da Alternativa 24, é possível verificar que o aerogerador 23 corresponde a um ponto visível. Pode-se concluir que nesta situação o terreno não é visível, e que provavelmente na fase de construção não existem impactes visuais por parte das máquinas mas que na fase de exploração parte do aerogerador será visível.

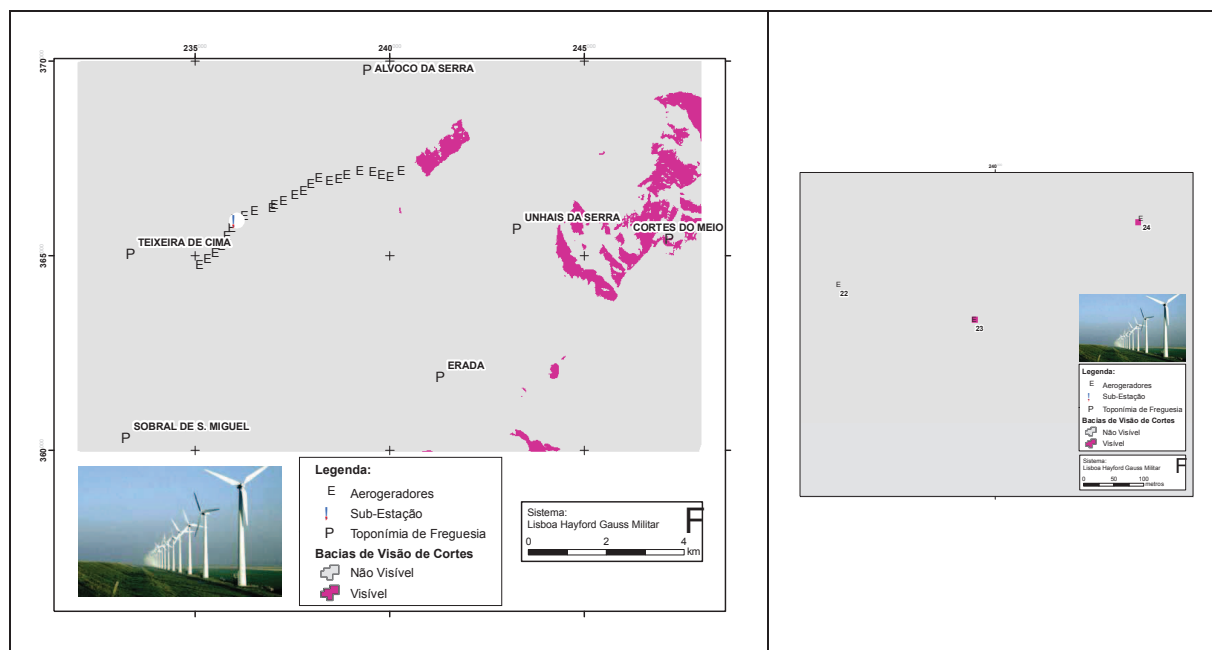


Figura 6 – Mapas de Bacia de visão da localidade de Cortes do Meio e respectiva ampliação sobre um aerogerador.

Como foi possível observar nas figuras anteriores, a identificação dos aerogeradores visíveis ou não visíveis pode passar pela análise dos mapas obtidos, no entanto a informação que resulta do processo de análise espacial apresentado permite identificar o número de aerogeradores visíveis de cada localidade e também quais são os aerogeradores que se encontram nessas condições. No Quadro 2 é indicado o número de aerogeradores visíveis a partir das localidades, para as três alternativas estudadas.

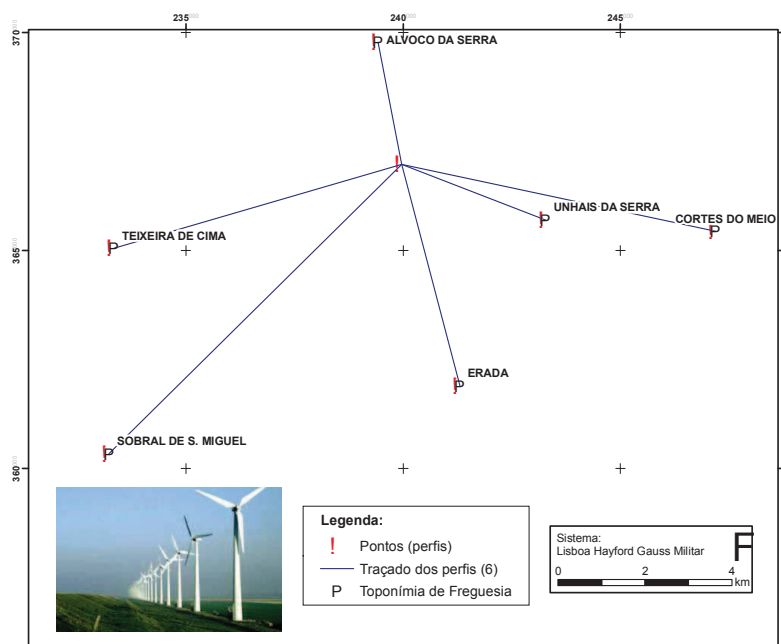
Quadro 2 – Número de aerogeradores visíveis de cada localidade para as três alternativas

Nº de aerogeradores	Alvoço da Serra	Unhais da Serra	Cortes do Meio	Teixeira de Cima	Erada	Sobral de São Miguel
Alternativa 15	0	0	0	12	2	0
Alternativa 19	0	0	0	16	2	0
Alternativa 24	0	0	2	16	7	0

A localidade de Teixeira de Cima é aquela que sofre um impacte de maior magnitude no descritor paisagem. A localidade de Erada, é afectada pelo impacte de dois aerogeradores nas alternativas 15 e 19 aerogeradores e de sete aerogeradores na alternativa com 24 aerogeradores.

Os resultados obtidos ao nível do impacte visual na paisagem, da possível implementação do parque eólico, mostram que a opção pela alternativa 24 apresenta impactes com uma magnitude mais elevada. A opção pela construção, de acordo com a localização geográfica dos aerogeradores previstos na alternativa 15, traduziria um menor impacte visual na paisagem envolvente ao parque eólico.

De acordo com a Figura 7, foram calculados seis perfis para um aerogerador da alternativa 24, com o objectivo de validar o processo de mapeamento obtido através da análise espacial utilizada no cálculo das bacias de visão.

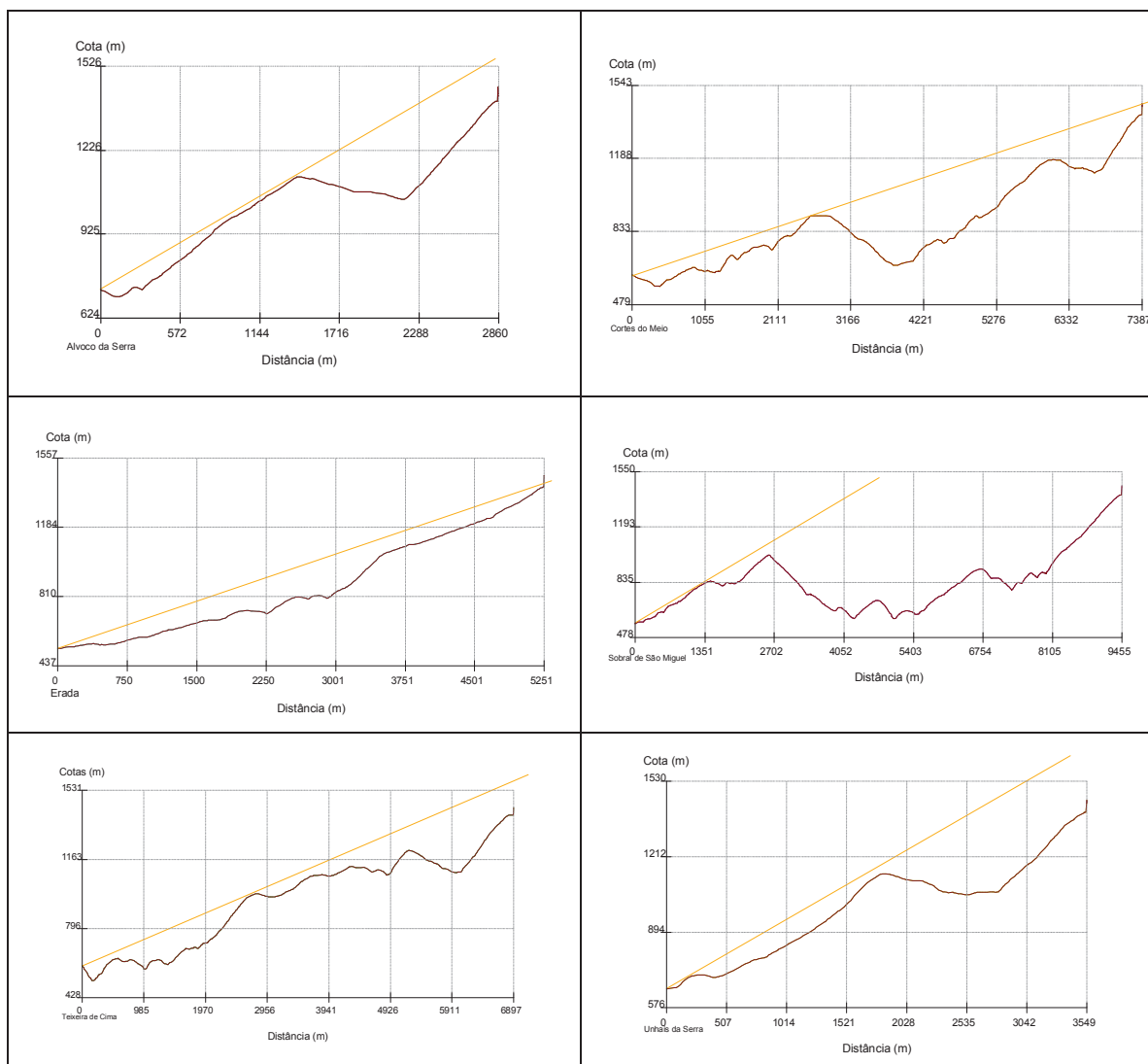


**Figura 7 – Localização geográfica dos perfis estudados a partir das localidades.**

No processo de validação do procedimento de modelação geográfica utilizado para calcular a intervisibilidade dos aerogeradores e das localidades, verificou-se que a simulação da bacia de visão através do software traduz de forma correcta o cenário de impacte visual na paisagem (visível / não visível).

Assim, de acordo com a Figura 8, apenas a partir das povoações de Cortes do Meio e Erada é visível o aerogerador que foi utilizado no processo de validação, de todas as outras localidades a visibilidade do aerogerador ficou comprometida por um qualquer obstáculo físico.

Os resultados obtidos através do método do cálculo de perfis e da metodologia das bacias de visão são iguais, o que permite validar esta metodologia com a vantagem da sua maior rapidez no processamento da informação.



**Figura 8 – Perfis calculados entre as várias localidades e um mesmo aerogerador.**

As bacias de visão são um método eficaz na identificação dos aerogeradores que maiores impactes provocam na paisagem. No entanto as simulações de SIG tridimensionais comunicam mais eficazmente que as de duas dimensões. Assim, a utilização de aplicações SIG que permitam a visualização de imagens da superfície do terreno em três dimensões (3D), a navegação e a geração de vídeos, podem contribuir para a melhoria do EIA

As entidades responsáveis pelo EIA se criarem a possibilidade de se experimentar um projecto antes da sua execução, podem por exemplo através da simulação de voos sobre a zona, criar condições propícias à maior participação pública.

Neste estudo foram efectuadas simulações de voo entre as localidades e os aerogeradores. O objectivo foi criar a possibilidade dos habitantes das localidades afectadas, experimentarem a presença dos aerogeradores durante a participação pública, através da apresentação de vídeos.

## **Conclusões**

Os projectos de parques eólicos foram identificados como os correspondentes às tipologias que mais deram entrada com processos de AIA. No entanto os seus EIA apresentam muitas vezes lacunas no estudo dos impactes provocados no descritor Paisagem.

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia SIG para identificação dos aerogeradores visíveis ou não visíveis de qualquer localidade ou outro ponto de interesse.

A metodologia consistiu na determinação das bacias de visão dos locais para os quais era necessário estudar o impacte visual dos aerogeradores e a respectiva actualização da base de dados das três alternativas de aerogeradores propostas.

As bacias de visão mostraram ser um método eficaz na identificação dos aerogeradores que maiores impactes provocam na paisagem e demonstrou-se que esta metodologia apresenta vantagens em relação a outro método de estudo da intervisibilidade (construção de perfis), porque permite diminuir o tempo utilizado no processo de análise.

A aplicação dos SIG na simulação visual em 3D, permitiu criar cenários tridimensionais que podem ser utilizados no âmbito da participação pública de modo que os vários intervenientes possam experimentar a presença do projecto numa fase anterior à sua construção.

## **Referências**

Marcolino, A. 2003. *Adequação da informação nos Estudos de Impacte Ambiental (EIA) e suas implicações no processo de Avaliação de Impacte ambiental (AIA)*. Encontro: Balanço de três anos de aplicação do novo regime de avaliação do impacte ambiental. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 69/2000 de 3 de Maio alterado pelo Decreto-Lei 197/2005 de 8 de Novembro.

Despacho Conjunto n.º 583/2001, de 3 de Julho de 2001.

Despacho n.º 12006 de 6 de Junho de 2001.

Despacho n.º 11091 de 25 de Maio de 2001.