

## **FENÔMENO DE SOMBREAMENTO**

Este tipo de impacto é esperado apenas durante a fase de operação para a parte do parque eólico na costa constituída por 11 turbinas eólicas, com as características indicadas abaixo:

- Diâmetro:125m
- Altura do Hub: 89 m

### **Fase de operação - Componente on shore do parque**

Como previsto no capítulo anterior, não há regulamentação setorial sobre esse fenômeno, valores aceitáveis pela prática técnica são em torno de 100 horas / ano, se os mesmos realmente ocorrerem.

### **Metodologia de análise**

A avaliação técnica foi realizada com o auxílio de um software de simulação específico, utilizado para a projeção de parques eólicos, WIND PRO®, constituído por um conjunto de módulos de processamento orientados para a simulação de uma infinidade de aspectos que caracterizam as diferentes fases do projeto. O módulo SHADOW é o módulo específico para avaliar a evolução da sombra e do flickering.

Os dados de input são:

- modelo DTM do terreno;
- a posição das turbinas eólicas, o modelo e as características dimensionais;
- definição de áreas sensíveis ou receptores (habitações sujeitas ao fenômeno);

No modelo de cálculo de sombra usado pelo windPRO, os seguintes parâmetros definem a propagação da sombra atrás do disco do rotor:

- O diâmetro do sol, D: 1.390.000 km
- A distância do sol, d: 150.000.000 km
- Ângulo de ataque: 0.531 graus

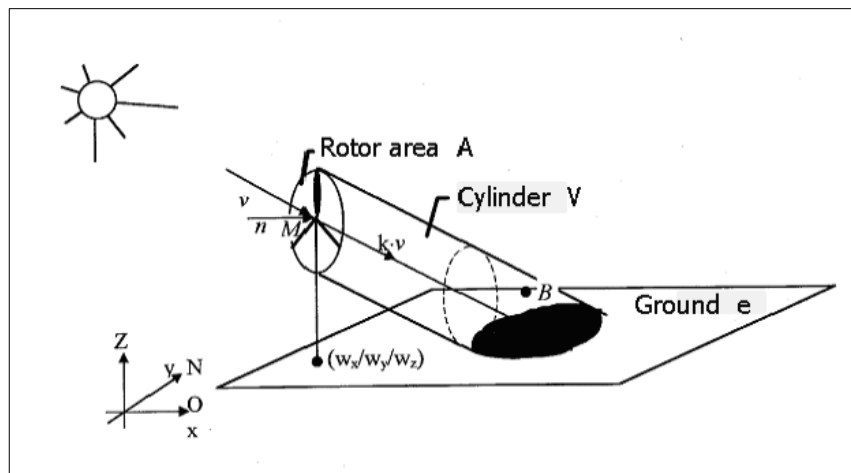
Teoricamente, isso resultaria em um impacto de sombra de até 4,8 km com um rotor de 45 metros de diâmetro. Na realidade, no entanto, as sombras nunca atingem o máximo teórico devido às características ópticas da atmosfera. Quando o Sol se torna muito baixo no horizonte e a distância se torna muito longa, a sombra é

dispersada antes de atingir o solo (ou o receptor). Os receptores de sombra são definidos no modelo pelas seguintes informações:

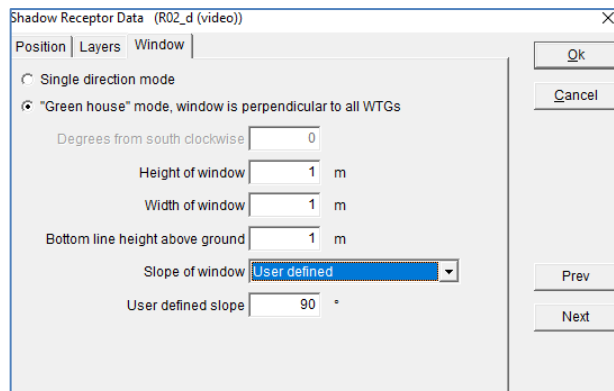
- A posição da "janela" acima do nível do solo e seu tamanho (altura e largura).
- A inclinação da "janela" em relação ao horizontal (você pode escolher entre a janela vertical, horizontal e do teto [45 °]).
- A orientação direcional da janela em relação ao sul (em graus, positivos, a oeste).

Alternativamente, é possível selecionar o modo "Green house", ou seja, o receptor é modelado com características de uma "estufa" que recebe sombra de qualquer direção, pois é completamente exposta ao fenômeno da sombra intermitente.

**Figura 1 - Esquema de cálculo do módulo Shadow**

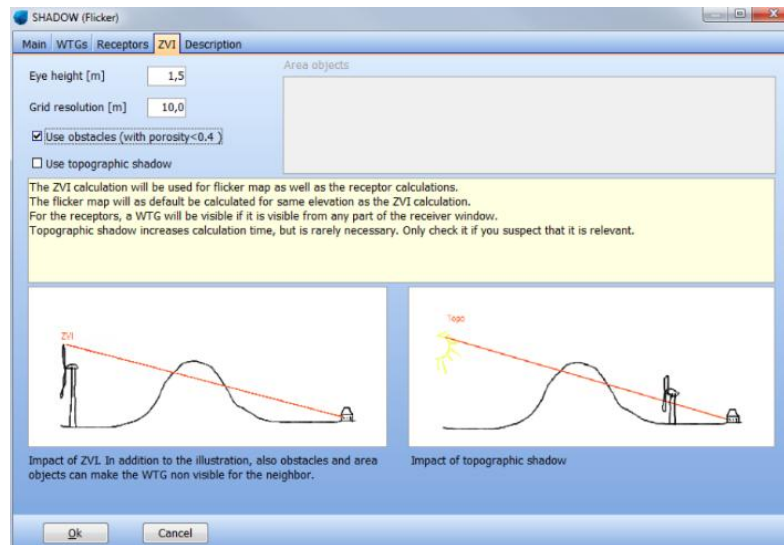


**Figura 2 - Janela de entrada das características do receptor**



O software leva em conta o obstáculo natural formado pela orografia e não são inseridos obstáculos específicos (por exemplo, florestas, barreiras naturais, paredes, obstáculos artificiais, etc.).

**Figura 3 - Janela da opção ZVI que leva em conta os obstáculos naturais e artificiais introduzidos no software**



No estudo, um modelo de "worst case" foi usado na avaliação dos impactos, ou seja, o cálculo e estimativa avaliados nas condições mais desfavoráveis, ou considerando que:

- o sol brilha o dia todo, do amanhecer ao anoitecer (ou seja, se está sempre na ausência de cobertura de nuvens);
- o plano de rotação das pás é sempre perpendicular à diretriz do sol-aerogerador (o aerogerador "persegue" o sol);
- o aerogerador está sempre operando;

Além disso, para as simulações, cada receptor individual é considerado no modo "green house", ou seja, como se todas as paredes externas estivessem expostas ao fenômeno, sem considerar a presença de janelas e / ou portas, por onde realmente o efeito adentra na habitação. Ao mesmo tempo, a presença de árvores e outros obstáculos colocados nas bordas das estradas foi negligenciada, ao

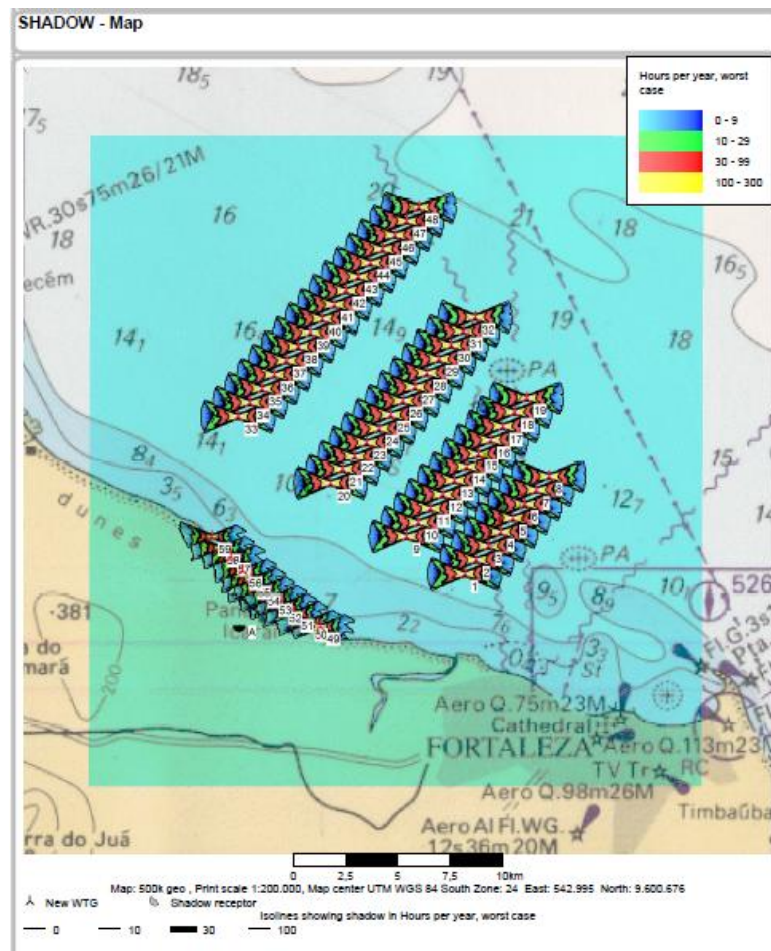
“interceptar” a sombra das turbinas eólicas, eles poderiam reduzir o incômodo do flickering. Isso significa que os resultados a serem alcançados são superestimados.

A partir de uma estimativa do fenômeno da habitação na costa, os valores de sombreamento chegaram a pouco mais de 100 horas / ano apenas para alguns edifícios, enquanto que, para a maioria dos edifícios nas áreas próximas à usina estima-se que tenham valores inferiores a 100 horas de sombreamento por ano.

Portanto, o fenômeno é considerado aceitável, que para o caso específico é consideravelmente superestimado.

Para as turbinas no mar, o fenômeno é completamente irrelevante, pois não há receptores expostos no oceano.

**Figura 4 - Cones de sombreamento estimados em condições de "worst case" para a usina eólica proposta**



Reporta-se agora um detalhe do fenômeno na costa, destacando a curva de sombreamento onde eles excedem 100 horas / ano.

Como podemos observar nos poucos locais da costa onde isto acontece, na maioria dos casos não há edifícios (ver detalhes nas figuras subsequentes), e onde eles estão presentes, localizam-se próximos a faixa de 100 horas / ano, que são, portanto, valores aceitáveis. Observa-se que os edifícios próximos da costa, muitas vezes têm muros altos e são de altura modesta, de modo que o fenômeno em si é superestimado, e em grande parte atenuado por esses elementos.

**Figura 5 - Detalhes dos cones de sombreamento em ortofotos, estimado em condições de "worst case" para usina eólica Parte On-shore (próximo da costa)**



**Figura 6 - Detalhes dos cones de sombreamento em ortofotos, estimado em condições de "worst case" para usina eólica Parte On-shore (próximo da costa) – Entre as turbinas n.59 e n.57 (Turbinas mais ao norte).**



**Figura 7 - Detalhes dos cones de sombreamento em ortofotos, estimado em condições de "worst case" para usina eólica Parte On-shore (próximo da costa) – Entre as turbinas n.56 e n.53 (Turbinas mais ao norte).**



**Figura 8 - Detalhes dos cones de sombreamento em ortofotos, estimado em condições de "worst case" para usina eólica Parte On-shore (próximo da costa) – Entre as turbinas n.52 e n.49 (Turbinas mais ao sul).**



A estimativa realizada para o sombreamento foi realizada com máquinas incluídas na faixa proposta para a planta do projeto. Na etapa de definição da escolha das máquinas, especifica-se que modelos de diferentes tamanhos podem ser utilizados, identificados na faixa a seguir, pois os valores de medidas preventivas

estimadas também podem ser respeitadas por máquinas de maiores dimensões. Em particular, quando o modelo de turbina para o campo for escolhido, considerando as condições climáticas reais, as especificações precisas das máquinas, os reais obstáculos presentes, as paredes com janelas (e não a modalidade green house que considera todo o edifício como envidraçado), bem como as horas reais de sombreamento, os valores encontrados serão muito inferiores aos estimados, para máquinas com essas características:

- Diâmetro : 110-130 m
- Altura do Hub: 89 -105 m:
- Potência entre: 2 Mw