

# Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro

## II - Configuração Optimizada de Potências Sonoras

M. João Zambujo<sup>a</sup>, Dulce Churro<sup>a</sup>, C. César Rodrigues<sup>a,b</sup> e J. L. Bento Coelho<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Acusticontrol - Consultores em Engenharia e Controlo de Ruído, Lda., Av. Almirante Gago Coutinho, 59 - 5º Dtº A, 1700-027 Lisboa, Portugal, [email@acusticontrol.com](mailto:email@acusticontrol.com)

<sup>b</sup> Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 1950-062 Lisboa, Portugal

<sup>c</sup> CAPS - Instituto Superior Técnico, 1047-001 Lisboa, Portugal

**RESUMO:** A implantação de um Parque Eólico pode originar a alteração do ambiente sonoro local, pelo que a sua influência deve ser estudada e, quando necessário, controlada e/ou minimizada.

Os autores deste artigo, cuja experiência em Estudos Acústicos de Parques Eólicos e de aerogeradores é significativa e consistente, apresentam as metodologias seguidas na análise dos efeitos observados no ruído ambiente da zona de implantação de um Parque Eólico, bem como a especificação optimizada das características dos aerogeradores, em 2 artigos subordinados ao tema: *Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro: I) Influência no Ruído Local; II) Configuração Optimizada de Potências Sonoras.*

No primeiro artigo (*I - Influência no Ruído Local*), é mostrado como o ruído gerado num Parque Eólico pode influenciar o ambiente sonoro da zona envolvente.

Neste segundo artigo (*II - Configuração Optimizada de Potências Sonoras*), é apresentada a metodologia seguida para minimizar os acréscimos de ruído no ambiente local devido às emissões acústicas dos diferentes aerogeradores.

Esta minimização passa por, inicialmente, construir um modelo 3-D do Parque Eólico, com todos os aerogeradores implantados no terreno. O modelo inclui os dados relativos aos terrenos e ao edificado bem como às potências sonoras das turbinas. A solução a implementar para a configuração mais favorável das potências sonoras de cada um dos aerogeradores, no sentido de garantir a menor perturbação no ambiente sonoro local, nomeadamente, nos locais com usos do solo com sensibilidade ao ruído existentes na sua proximidade, é encontrada através de métodos previsionais recursivos, que são descritos no artigo.

São apresentados os critérios subjacentes à optimização atrás referida, nomeadamente os constantes no Regime Legal sobre a Poluição Sonora, Anexo ao Decreto-Lei nº 292/2000 de 14 de Novembro - Critério de Exposição Máxima (classificação acústica de zonas) e Critério de Incomodidade.

**ABSTRACT:** The operation of a Wind Farm can lead to a change in the local noise environment. Therefore, its influence must be studied and, if necessary, controlled and/or reduced.

In a set of two complementary papers, *Wind Farms – Acoustical Environmental Impact Study: I) Local Noise Impact; II) Sound Power Optimised Configuration*, the method for the study of noise from wind farms as well as the techniques for optimization of the acoustical emissions of the wind turbines are presented and described. The authors have a large experience in acoustical studies of wind farms and wind turbines.

In the first paper (*I - Local Noise Impact*), the assessment of the contribution of the noise generated by the wind turbines to the local overall noise levels is described.

In this second paper (*II - Sound Power Optimised Configuration*), the method to minimize the contributions of the noise emissions from the wind turbines to the overall noise levels is described. A 3-D model of the wind farm was built. Data on land and all constructions as well as on all wind turbine sound power was included. The solution for the most favourable configuration of the wind turbine sound power levels is found by studying different scenarios using predictive tools and noise maps, in a recursive manner.

The criteria behind the study are presented, namely those required by the Portuguese Noise Pollution Legal Regime, annex to Decree-Law no. 292/2000 of November 14, 2000 - Maximum Exposure Criteria (noise zoning) and Annoyance Criteria.

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme referido pelos autores em artigo complementar (*Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro, I - Influência no Ruído Local*) [1], para o estudo do impacte

resultante do normal funcionamento da totalidade dos aerogeradores que constituem um Parque Eólico deve ser efectuado um trabalho de (i) caracterização do ambiente sonoro local antes da instalação dos aerogeradores, e de (ii) previsão acústica do ruído que será observado no mesmo local durante a fase de exploração normal do empreendimento.

Os resultados obtidos nas previsões acústicas são,

então, comparados com os medidos localmente, concluindo-se, à luz do enquadramento legal vigente, da eventual existência de situações de incumprimento.

Tal pode levar à necessidade de realização de um trabalho de re-configuração do Parque Eólico através de um processo de optimização que permita que os níveis de ruído gerados se insiram em intervalos que respeitem os critérios legais sem comprometer os objectivos de rentabilidade de produção de energia eléctrica.



## 2. ENQUADRAMENTO LEGAL

A situação de ruído ambiente em Portugal é, actualmente, enquadrada do ponto de vista legal pelo RLPS - Regime Legal sobre a Poluição Sonora (anexo ao Decreto Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro). Este documento estabelece uma estrutura legal que limita os níveis de ruído ambiente, apresentando requisitos para alguns tipos de construções e instalações, bem como critérios para a definição de incomodidade devida ao ruído e respectiva protecção.

➤ O artigo 8º do RLPS, estabelece que a “*instalação e o exercício de actividades ruidosas de carácter permanente em zonas classificadas como mistas, ou na envolvente das zonas sensíveis ou mistas, ficam condicionadas ao respeito pelos limites fixados no n.º 3 do artigo 4º e pelo requisito acústico fixado no número seguinte.*”

O número seguinte daquele artigo estabelece que “A diferença entre o valor do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A,  $L_{Aeq}$ , do ruído ambiente determinado durante a ocorrência do ruído particular da actividade ou actividades em avaliação e o valor do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A,  $L_{Aeq}$ , do ruído ambiente a que se exclui aquele ruído ou ruídos particulares, designado por ruído residual, não poderá exceder 5dB(A) no Período Diurno e 3dB(A) no Período Nocturno, consideradas as correcções indicadas no Anexo I”. Estas correcções dizem respeito tanto às características do sinal acústico (no caso de incluírem componentes tonais e/ou impulsivas) como ao tempo de ocorrência do ruído particular, no caso deste não ser contínuo.

De acordo com o Anexo I do RLPS, à diferença entre o ruído ambiente corrigido ( $L_{Ar}$ ) e o  $L_{Aeq}$  do ruído residual, estabelecido no nº 3 do artigo 8º, deverá ser adicionado a constante correctiva D indicada no quadro seguinte, em função da duração acumulada de ocorrência do ruído particular:

Duração acumulada de ocorrência do ruído particular, T	D [dB(A)]
$T \leq 1$ h	4
$1$ h < $T \leq 2$ h	3
$2$ h < $T \leq 4$ h	2
$4$ h < $T \leq 8$ h	1
$T > 8$ h	0

Este diferencial só é aplicável durante o período diurno ou para o período nocturno para “actividades com horário de funcionamento até às 24 h”. Para aquelas que ultrapassem este horário não se aplicam as correcções de D iguais a 4 e a 3 “mantendo-se  $D = 2$  para qualquer  $T \leq 4$ ”.

Ora, desde que as condições meteorológicas assim o permitam, o funcionamento dos aerogeradores de um Parque Eólico é permanente, isto é, 24/24 horas, pelo que neste caso será  $D = 0$ .

➤ O artigo 4º do RLPS estabelece como limites para o valor do índice  $L_{Aeq}$ : 55dB(A) no período diurno e 45dB(A) no período nocturno, nas zonas sensíveis e 65dB(A) no período diurno e 55 dB(A) no período nocturno, nas zonas mistas.

O artigo 4º do RLPS estabelece que a “classificação de zonas sensíveis e mistas ... é da competência das câmaras municipais”.

No entanto, como até à data nenhuma Autarquia levou a cabo a classificação acústica de zonas, torna-se necessário a correcta caracterização do ambiente sonoro existente na zona envolvente à área de implantação de um Parque Eólico, com vista à adequada definição da correspondente Situação de Referência.

O conjunto destes aspectos constitui o quadro de critérios legais subjacentes ao Estudo Acústico que terá de ser levado a cabo antes da instalação de qualquer Parque Eólico.

### 3. SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

#### 3.1. Medições Acústicas do Ruído Residual (vento a 4 m/s)

No artigo complementar *Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro, I - Influência no Ruído Local* [1] é mostrado que os valores registados para o Ruído Residual, num local de referência em estudo podem ser da ordem de:

- $L_{Aeq}$  (período diurno) = 48,2 dB(A)
- $L_{Aeq}$  (período nocturno) = 41,1 dB(A)

Conclui-se, portanto, que o local monitorizado revela valores de  $L_{Aeq}$  inferiores a 55dB(A) no período diurno e inferiores a 45dB(A) no período nocturno, cumprindo assim os limites legalmente estabelecidos para zonas que venham a ter a classificação acústica de “zonas sensíveis”. No presente caso, no entanto, a zona do local de referência incluía outros usos sem qualquer sensibilidade ao ruído, nomeadamente de tipo comercial e industrial, o que permitia concluir da sua possível classificação como “zona mista”.

#### 3.2. Ruído Residual “Corrigido” (vento a velocidades diferentes de 4 m/s)

No artigo acima referido, os autores mostraram que os valores registados para o Ruído Residual se alteravam para situações correspondentes a diferentes velocidades de vento.

Os valores então obtidos e que caracterizam a Situação de Referência (a diferentes velocidades de vento), são os constantes do quadro seguinte:

Velocidade do Vento [m/s]	Período Diurno	Período Nocturno
	$L_{Aeq}$ [dB(A)]	$L_{Aeq}$ [dB(A)]
4	48,2	41,3
5	48,2	41,3
10	49,1	44,6
13	49,7	46,1
15	50,2	47,2

### 4. PREVISÕES DE RUÍDO

#### 4.1. Metodologia

A caracterização acústica do Ruído Particular, correspondente ao funcionamento simultâneo da totalidade dos aerogeradores que constituem o Parque Eólico, foi efectuada recorrendo a um programa previsional de análise acústica ambiente.

Foi, então, construído um modelo 3-D do Parque Eólico, com todos os aerogeradores e todos os dados relativos às respectivas potências sonoras, bem como aos terrenos e ao edificado existente na área de influência do ruído gerado no Parque Eólico.

As previsões efectuadas seguiram todos os procedimentos dispostos na Norma Portuguesa NP 4361-2 (ISO 9613-2) [2], sendo o método de cálculo utilizado o recomendado pela EU Noise

Policy Working Group 4 on Noise Mapping / on Assessment of Exposure to Noise, de que o último autor do presente artigo é membro.

#### 4.2. Resultados

Foram estudadas diferentes configurações possíveis (CENÁRIOS) do Parque Eólico, tanto em termos da implantação dos aerogeradores, como da potência eléctrica nominal de cada máquina. A potência sonora emitida pelas turbinas é um valor directamente dependente da sua potência eléctrica.

Considerando as potências sonoras dos Aerogeradores de acordo com as especificações técnicas fornecidas pelos respectivos fabricantes para as velocidades de vento consideradas para cada CENÁRIO, são apresentados em seguida os valores obtidos bem como as Cartas de Ruído correspondentes a 3 dos vários CENÁRIOS estudados.

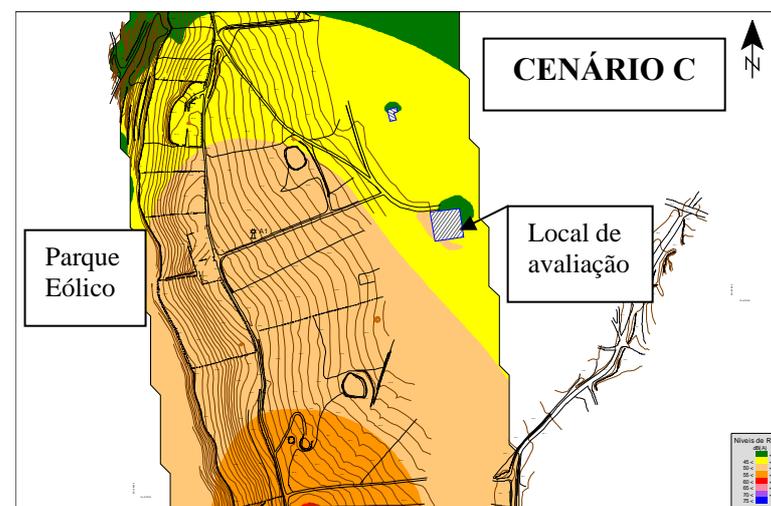
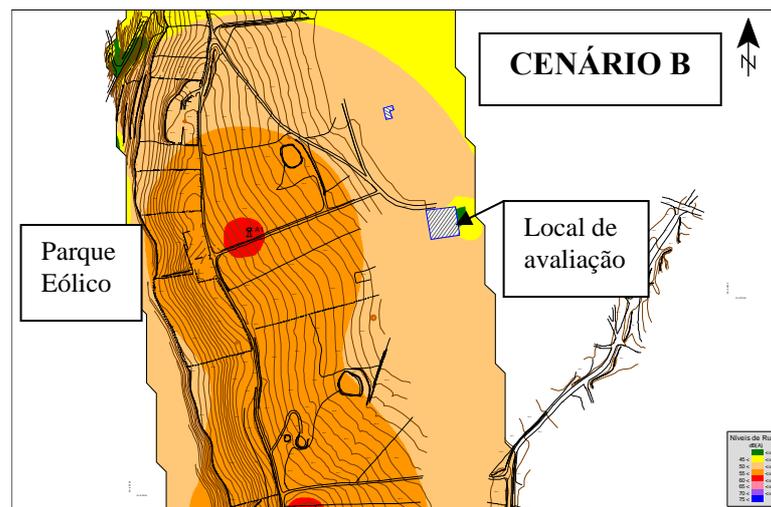
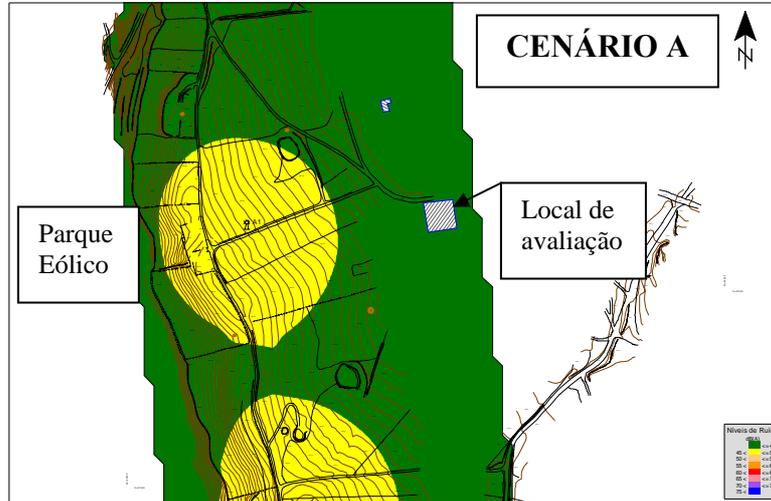
Estes são os CENÁRIOS já referidos no anterior artigo *Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro, I - Influência no Ruído Local*, tendo sido obtidos os valores indicados no quadro seguinte:

CENÁRIO	Velocidade do Vento [m/s]	Potência Sonora dos Aerogeradores [dB(A)]	$L_{Aeq}$ [dB(A)]
A	4	$L_{WA}$ (A1 a A9) = 94,0	40,5
B	10	$L_{WA}$ (A1 a A9) = 105,1	51,6
C	15	$L_{WA}$ (A1) = 100,0 $L_{WA}$ (A2) = 101,0 $L_{WA}$ (A3 a A9) = 105,1	46,9

Refira-se que, de acordo com os dados disponíveis, foi considerado que a radiação máxima dos aerogeradores (caso mais desfavorável) se observava para velocidades de vento iguais ou superiores a 10 m/s.

Apresentam-se seguidamente extractos das Cartas de Ruído desenhadas para cada um dos CENÁRIOS constantes do quadro anterior.

Indica-se, ainda, o local de avaliação acústica de referência



No local de avaliação acústica em estudo, prevêem-se para os níveis sonoros, durante a plena exploração do Parque Eólico, para cada CENÁRIO de simulação, os valores indicados no quadro seguinte:

CENÁRIO	Velocidade do vento [m/s]	Período Diurno	Período Nocturno
		$L_{Aeq}$ [dB(A)]	$L_{Aeq}$ [dB(A)]
A	4	48,9	43,9
B	10	53,5	52,4
C	15	51,9	50,1

## 5. OPTIMIZAÇÃO ACÚSTICA

### 5.1. Artigo 4º do RLPS - Critério de Exposição Máxima

Para qualquer dos CENÁRIOS apresentados, os valores do parâmetro  $L_{Aeq}$  correspondente ao Ruído Ambiente no local em estudo durante o pleno funcionamento do Parque Eólico, não ultrapassam os limites legais previstos para as zonas que venham a ter a classificação acústica de “zonas mistas”.

Aliás, apenas nos CENÁRIOS B e C e só no período nocturno, é ultrapassado o limite máximo legalmente estabelecido para zonas que venham a ter a classificação acústica de “zonas sensíveis”.

### 5.2. Artigo 8º do RLPS - Critério de Incomodidade

Como (i) o ruído produzido pelos aerogeradores não apresenta nem características tonais nem impulsivas e (ii) os aerogeradores funcionarão, sempre que as condições atmosféricas o permitirem, em 24/24 horas, não haverá lugar a qualquer correcção sobre os valores de  $L_{Aeq}$  indicados no quadro anterior.

Assim sendo, a análise do cumprimento do critério estabelecido no artigo 8º do RLPS é feita comparando, para cada um dos períodos de referência, os valores do  $L_{Aeq}$  constantes do quadro anterior, com os correspondentes à respectiva Situação de Referência.

Obtém-se, então, para cada CENÁRIO apresentado, os acréscimos de Ruído Ambiente indicados no quadro seguinte:

CENÁRIO	Velocidade do vento [m/s]	Período Diurno	Período Nocturno
		$\Delta$ [dB(A)]	$\Delta$ [dB(A)]
A	4	0,7	2,6
B	10	4,4	7,8
C	15	1,7	2,9

### 5.3. Optimização

Da leitura do quadro anterior imediatamente se pode concluir que, assumindo que a zona correspondente ao local em estudo venha a ter a classificação acústica correspondente a “zonas mistas”, é o CENÁRIO C o mais favorável, já que são cumpridos os critérios legalmente estabelecidos nos artigo 4º e artigo 8º do Regime Legal sobre a Poluição Sonora e permite maiores potências sonoras dos aerogeradores e, conseqüentemente, uma maior produção de energia.

A metodologia consiste em considerar distintos cenários e maximizar a produção de energia eléctrica, respeitando os critérios acústicos legais.

## 6. CONCLUSÕES

A análise de impactes de um Parque Eólico no ruído ambiente envolvente pode implicar um estudo da sua optimização. Esta pode incidir sobre localização ou potências dos aerogeradores.

Foi apresentada uma metodologia que permite, de forma eficaz, alterar quer as potências sonoras dos aerogeradores quer a sua localização espacial e efectuar previsões de Ruído Ambiente em qualquer local situado na proximidade do Parque Eólico, desde que este e a sua área envolvente sejam correctamente modelados em 3-D.

São desenhadas as Cartas de Ruído correspondentes a diferentes CENÁRIOS em estudo (com alteração das potências sonoras dos aerogeradores, com a alteração da localização espacial dos aerogeradores, com a alteração dos locais receptores), com vista à avaliação dos impactes de ruído introduzidos por um Parque Eólico no ambiente sonoro local e à sua minimização.

## REFERÊNCIAS

- [1] Dulce Churro, M. João Zambujo, C. César Rodrigues e J. L. Bento Coelho; *Parques Eólicos - Estudo dos Impactes no Ambiente Sonoro, I - Influência no Ruído Local*; In Proceedings of ACUSTICA 2004, Guimarães, Portugal, 2004.
- [3] Norma Portuguesa NP 4361-2; “Acústica - Atenuação do Som na Sua Propagação ao Ar Livre. Parte 2: Método Geral de Cálculo”. Instituto Português da Qualidade, Dezembro 1997.