



## **A Vida junto a Turbinas Eólicas e a Saúde Pública**

**Eng.<sup>a</sup> Tatiana Pardal**

Se “ não se ouve o ruído então não nos pode fazer mal!”, o que corresponde a dizer pela mesma logica de ideias que “ se os Raio X não são visíveis então não nos podem fazer mal”, o que se sabe e esta provado cientificamente que não é real.

As turbinas eólicas industriais emitem baixa frequência e ruído audível, no entanto, relativamente ao Ruído de Baixa Frequência (RBF), de acordo os defensores das energias renováveis eólicas, se “ não se ouve o ruído então não nos pode fazer mal!”, o que corresponde a dizer pela mesma logica de ideias que “ se os Raio X não são visíveis então não nos podem fazer mal”, o que se sabe e está provado cientificamente que não é real.

Geralmente, na sua maioria, localizam-se em áreas rurais ou remotas que possuem características sonoras típicas, podendo o ruído ser uma preocupação para a vida pública, uma vez que muito do som emitido é mascarado pelo ruído ambiente e/ou de fundo e pelos sons típicos resultantes do vento.

Bellhouse (2004), in Low Frequency Noise and Infrasound from Wind Turbine Generators, referência que os níveis de pressão sonora gerados pelas turbinas se encontram, na sua generalidade, entre 100 a 105 dB (A), o que corresponde a um nível de pressão muito mais baixa do que, por exemplo, a maioria das máquinas de construção.

Para que o infrassom seja audível, até mesmo para uma pessoa com uma audição mais apurada, a uma distância de, por exemplo, 300 metros seria necessário um nível de pressão sonora de 140 dB a 10 Hz, ou mais, no caso de frequências mais baixas a distâncias maiores, não existindo qualquer referência para turbinas eólicas que emitam infrassons próximos dessa grandeza.

Van den Berg, verificou que o ruído audível produzido pelas turbinas poderá ser caracterizado como um fenómeno de batimento pulsado, especialmente em períodos noturnos, devido à diferença entre o ar fresco ao nível do solo e do fluxo constante de energia a nível dos polos da turbina, o que correspondente a uma zona de “atmosfera estável”, em que há pouco movimento vertical do ar.

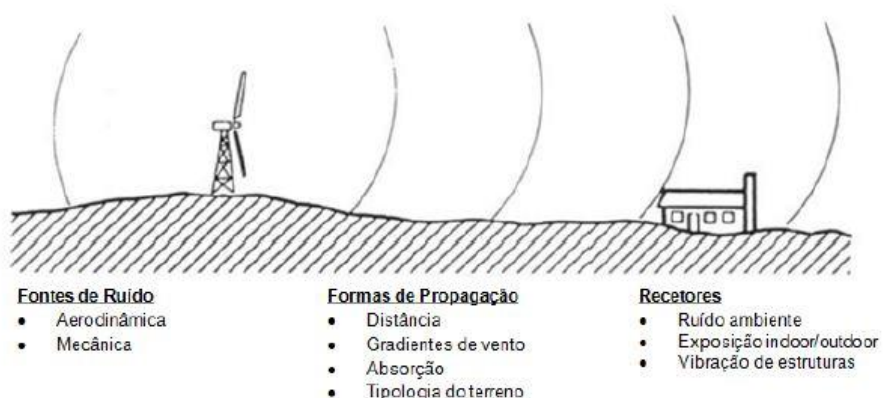
O autor aferiu que, no período noturno, o ruído percorre grandes distâncias, sendo classificado como incomodativo para indivíduos que residem a cerca 2 Km dos parques eólicos, em terreno com relevo regular, e a 2,5 Km de distância em zonas de vale. Apurou ainda que as zonas montanhosas podem propiciar, as condições para que o som se propague a distâncias maiores.

### Infrassons

De acordo com Anthony Rogers, as turbinas eólicas geram sons resultantes da sua mecânica e aerodinâmica.

Com a evolução da tecnologia, o som emitido pelas mesmas, tem vindo a diminuir devido às sucessivas alterações estruturais e aerodinâmicas, que permitiram, para além de um amortecimento mais eficaz das vibrações, aperfeiçoar o movimento do fluxo do vento através das pás o que levou ao aumento da eficiência das mesmas em transformar a energia do vento em energia de rotação, diminuindo assim o nível da energia acústica.

As emissões de som provindas de turbinas têm vindo a tornar-se uma das áreas mais estudadas, devido ao seu impacto ambiental e respetiva engenharia eólica relacionada. Um dos fatores mais relevantes, nestes estudos, é o ruído proveniente das turbinas eólicas no contexto apresentado na figura 1.



(Fonte: Adaptado de Hubbard e Pastor, 1990 cit in Rogers, 2006)

Toda a tecnologia acústica tem por base as fontes de ruído, as formas de propagação e os recetores. Os níveis de som podem ser medidos mas, à semelhança de outras preocupações ambientais, a percepção do público sobre o impacto acústico das eólicas é em parte uma determinação subjetiva.

Segundo Hubbard, o ruído é definido como qualquer som indesejado, sendo que as preocupações com o mesmo dependentes do 1) nível de intensidade, frequências de distribuição e padrões de ruído da fonte; 2) níveis de ruído de fundo; 3) tipo de terreno entre o emissor e o recetor; 4) da natureza do recetor, e 5) atitude do recetor sobre o emissor.

De uma forma geral, os efeitos do ruído sobre as pessoas podem ser classificados em três categorias gerais tendo em conta: 1) efeitos subjetivos, incluindo irritação, falta de humor e insatisfação; 2) alteração no processo da fala, o sono e aprendizagem e, 3) efeitos fisiológicos, tais como ansiedade, zumbido nos ouvidos ou perda auditiva.

Na generalidade dos factos, antes do desenvolvimento tecnológico, os níveis sonoros associados a turbinas eólicas industriais, provocavam efeitos que se enquadravam geralmente nas duas primeiras categorias, com a evolução, passaram a conter-se maioritariamente na primeira.

Já a terceira categoria inclui situações como o trabalho dentro de produções industriais ou relacionadas com a aviação.

Para que um som seja considerado uma preocupação, têm de ser tidas em consideração as suas características (tonalidade, gama de frequência, impulsividade), assim como as circunstâncias e sensibilidade da pessoa (ou recetor) que o ouve/sente.

Devido à diversidade dos níveis de tolerância individual para o ruído, não existe qualquer forma absolutamente satisfatória que permita medir os efeitos subjetivos de ruído ou das reações correspondentes à falta de humor e insatisfação.

### Fonte Sonora das Turbinas Eólicas

O som produzido pelas eólicas, devido ao seu funcionamento, poder-se-á classificar como fonte industrial sendo o som resultante da sua operação distinguido em quatro tipos:

- Som tonal: Som com frequências discretas, causado por componentes mecânicos como as engrenagens, instabilidades aerodinâmicas que interagem com o rotor à superfície da lâmina, ou fluxos instáveis ao longo de buracos, fendas ou de uma ponta chanfrada;
- Som de banda larga: Caracterizado por uma distribuição contínua de pressão sonora com frequências superiores a 100 Hz, que resulta geralmente da interação das pás com a turbulência atmosférica;
- Som de baixa frequência: Representado por frequências na gama dos 20 a 100 Hz, geralmente associado com rotores - downwind (a favor do vento), resultante do conflito da pá da turbina e fluxos anormais resultantes da corrente em torno da torre;
- Som impulsivo: Caracterizado por impulsos acústicos curtos ou sons de batimento que variam em amplitude com o tempo, originado pela interação das pás com fluxo de ar perturbado em torno da torre e do rotor downwind.

As fontes sonoras podem ser divididas em duas categorias, 1) sons mecânicos, resultantes da interação dos componentes das turbinas e 2) sons aerodinâmicos, consequentes do fluxo de ar sobre as lâminas.

#### **Sons**

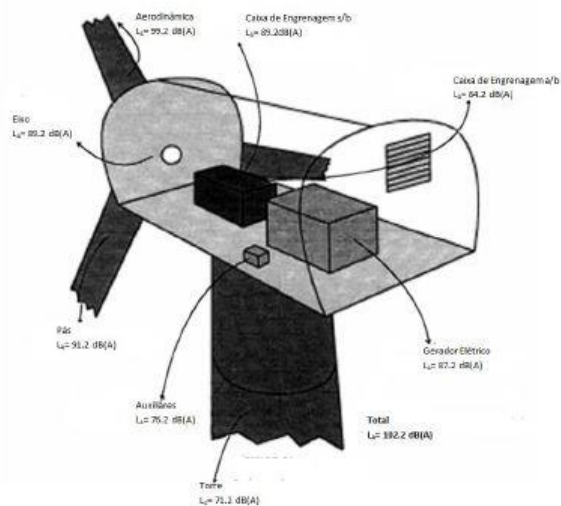
#### **Mecânicos**

Os sons mecânicos têm origem no movimento relativo dos componentes mecânicos e na resposta dinâmica entre eles. Como responsáveis pela produção de tais são referenciados a caixa de velocidades, gerador; Yaw Drives, ventoinhas de arrefecimento e equipamentos auxiliares (por exemplo, sistema hidráulico).

Uma vez que a emissão de som se associa à rotação dos componentes mecânicos e elétricos, o mesmo tende a apresentar características tonais (frequência constante), embora possa também apresentar componentes de banda larga. Também o eixo, o rotor e a torre podem atuar como amplificadores, transmitindo o som mecânico e irradiando-o.

A propagação do som pode ser feita por via aérea a partir da superfície dos componentes ou do interior para o ar, ou por estruturas suportadas onde o som é transmitido ao longo de outros componentes estruturais antes de ser irradiado para o ar.

Na figura 2 é apresentado o caminho de propagação dos níveis de potência sonora relativamente aos componentes individuais para uma turbina de 2 MW. De notar que a principal fonte de sons mecânicos neste exemplo é a caixa de velocidades, que irradia sons da superfície da nacele e da caixa de engrenagem.



(Fonte: Adaptado de Wagner, *et al*, 1996, cit in Rogers, 2006).

Figura 2 - Componentes e nível de potência sonora total numa turbina eólica de acordo com a estrutura, ar e forma de propagação

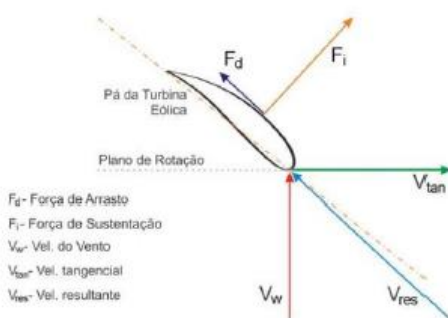
Cada uma das três pás numa turbina pode atingir até 70 metros de comprimento, 5 metros de largura no núcleo e pesar cerca de 15 toneladas que, com ventos fortes, as pontas das pás podem girar a velocidades de até 320 km/h, exercendo uma enorme pressão sobre a nacela e a torre com cada rotação.

Para além do ruído associado à atividade das turbinas, também outros riscos/perigos são coligados ao seu funcionamento.

De acordo com a ABB (2012), tendo em conta as velocidades referidas e as baixas temperaturas existentes á altura da ponta das pás (70 m + altura da torre), poderá ocorrer formação de gelo, que no seu desprendimento pode atingir habitações/pessoas ou outros nas imediações da mesmas e que, em casos extremos, pode ter um efeito devastador levando mesmo em casos extremos à destruição da turbina.

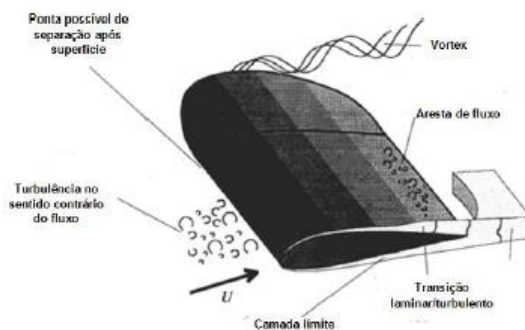
### Som Aerodinâmico

O som de banda larga, aerodinâmico, é geralmente a maior componente das emissões acústicas das turbinas resultante do fluxo de ar em torno das pás, que resultam de forças aplicadas sobre as mesmas (figura 3). Como representado na figura 4, ocorrem fenômenos complexos alusivos ao fluxo de ar onde cada um deles gera um som.



(Fonte: Montezano, 2008)

**Figura 3 – Principais fontes atuantes numa pá de uma turbina eólica**



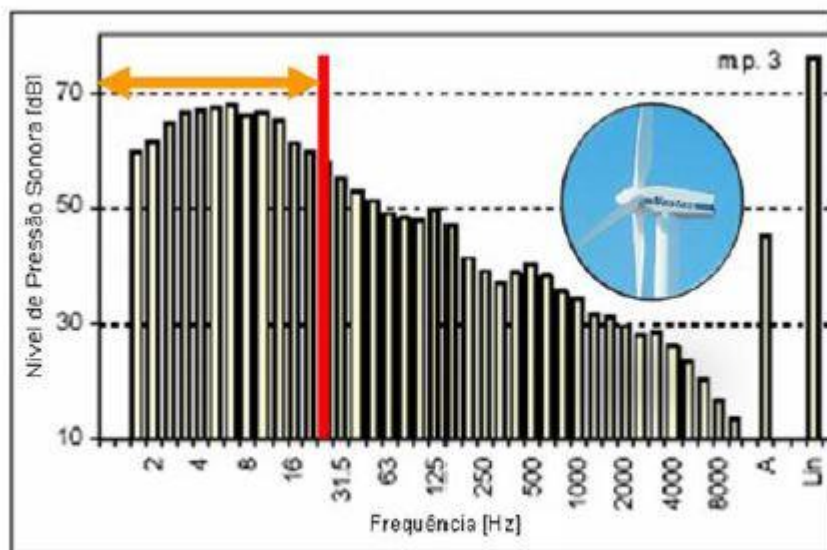
(Fonte: Adaptado de Wagner, et al. 1996 cit in Roger et al. 2006)

**Figura 4 - Esquematização do fluxo através da pá do rotor**

O som aerodinâmico geralmente aumenta com a velocidade do rotor, sendo os vários mecanismos que geram som aerodinâmico divididos em três grupos que são:

- Som de baixa frequência: Correspondente à componente de baixa frequência do espectro sonoro resultante da passagem da pá contra o fluxo em torno da torre resultante das alterações da velocidade do vento ou na vertente das restantes pás;
- Som Turbulento: Depende da agitação atmosférica e dos resultados em relação com os locais ou flutuações de pressão local em torno da pá;
- Som do aerofólio: Específicos de componentes de banda larga, no entanto poderão resultar de componentes tonais devido aos bordos sem corte ou do fluxo de ar sob as fendas e buracos.

Um exemplo de infrassons resultantes da operação de uma turbina eólica moderna é apresentado na figura 5.



(Fonte: Adaptado de Rogers, 2006)

**Figura 5 – Exemplo de um espectro de 1/3 de oitavas de uma Vestas (V80) 2MW (Dawnwind)**



### Ruído de Banda Larga

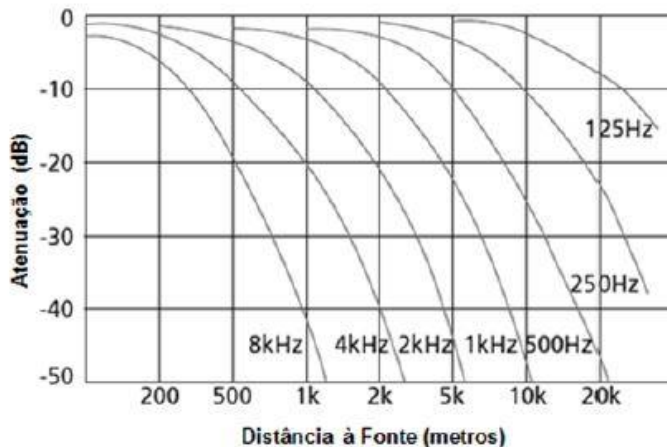
Bellhouse, com base na norma australiana Measurement, Prediction and Assessment from Noise and Wind Turbine Generators, define o som resultante das turbinas eólicas como um ruído de banda larga, ou seja, como um som que não tem frequências características diferentes que lhe confirmam tonalidade, mas que é composto de um amplo espectro de frequências que cobrem todo o espectro audível.

Não existem evidências que demonstrem quaisquer efeitos aquando da presença de infrassons a um nível abaixo do limiar da audição (20 Hz), o que impossibilita evidenciar as consequências do mesmo advindo das turbinas eólicas.

Para Bellhouse é de extrema importância determinar o nível de infrassons presentes em localidades habitacionais onde se encontram as turbinas de forma a evidenciar a sua predisposição para o desenvolvimento de efeitos adversos no Homem.

Segundo o autor, existem três fatores principais que afetam o som, reduzindo-o em nível à medida que se afasta da fonte sonora (diagrama 1):

- Efeito terra: Uma vez que o som viaja pelo ar perto do chão, parte da energia da onda sonora é removida devido à absorção do som pela cobertura do solo;
- Absorção Molecular: Ocorre uma interação das moléculas do ar com o som que se propaga fazendo com que a energia sonora seja reduzida devido a essa interação;
- Radiação esférica: Uma onda sonora que se propaga em todas as direções a partir da fonte faz com que a energia sonora seja distribuída ao longo de uma área cada vez maior, o que provoca a diminuição da intensidade sonora à medida que a distância à fonte aumenta.



(Fonte: Adaptado de Brüel, 2001)

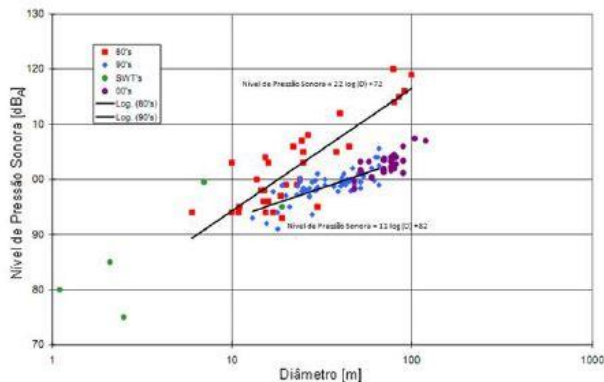
**Diagrama 1 – Atenuação do Ruído pela Atmosfera**

Rogers, in Wind Turbine Acoustic Noise refere, que nos Estados Unidos da América (EUA), a norma internacionalmente aceite para a medição de níveis de potência sonora de turbinas eólicas numa escala utilitária é a International Electrotechnical Commission (IEC 61400-11 Standard): Sistemas de energia eólica - Parte 11: Técnicas de medição de ruído acústico [IEC, 2002], que define:

- A qualidade, o tipo e a calibração dos instrumentos a serem utilizados para as medições de som e velocidade do vento;
- Os Locais e tipos de medições a serem feitas; e
- Os dados de redução e requisitos de informação.

O referencial normativo, exige medições de som de banda larga, níveis sonoros em um terço de oitavas e tonalidade. Essas medições são também utilizadas para determinar o nível de potência sonora da turbina eólica na nacela, bem como a existência um qualquer som específico com frequências específicas.

Segundo a IEC, as medições devem ser efetuadas para velocidades de vento a uma altura de 10 m de 6, 7, 8, 9 e 10 m/s, sendo as medições diretas de ruído infra sónico (<20 Hz), ruído de baixa frequência (20-100 Hz) e impulsividade (magnitude dos fenómenos de batimento) opcionais. Os níveis de potência sonora medidos para uma amostra de turbinas eólicas são apresentados na figura 6 em função da potência elétrica nominal.



(Fonte: Adaptado de Rogers, 2006)

**Figura 6 – Níveis de Pressão Sonora registados para uma amostra de turbinas eólicas**

Os dados mostram que as emissões de som geralmente aumentam com o tamanho da turbina, evidenciando também a evolução dos esforços dos projetistas na década de 90, na tentativa de solucionar os problemas de ruído que resultaram em turbinas significativamente mais silenciosas do que os desenhos iniciais da década de 80.

### Referências:

- Bellhouse, G. (2004). Low Frequency Noise and Infrasound from Wind Turbine Generators: A Literature Review, Bell Acoustic Consulting. Wellington, New Zealand;
- AS 4959 (2010) - Measurement, Prediction and Assessment of Noise from Wind Turbine Generators. - (1ª Edição). Standards Australia. Austrália.
- Van der Berg, GP. (2006). The sound of high wind: The effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Dissertação de Doutorado, Universidade de Groningen, Holanda.

### Sobre a Autora:

Tatiana Pardal, licenciada em Eng<sup>a</sup> Biomédica ramo de Biomecânica e Mestre em HST. À cerca de 3 anos, iniciou funções como técnica de HST inicialmente ao nível de auditorias de HST, entre outras atividades inerentes de encontro às diversas realidades. Mais recentemente desenvolveu funções como técnica de HST ao nível do acompanhamento de serviços de descontaminação de solos e limpezas industriais, inclusive em Refinarias. LinkedIn: [pt.linkedin.com/pub/tatiana-pardal/16/4a9/51a/en](https://www.linkedin.com/pub/tatiana-pardal/16/4a9/51a/en)

<http://blog.safemed.pt/a-vida-junto-a-turbinas-eolicas-e-a-saude-publica/>