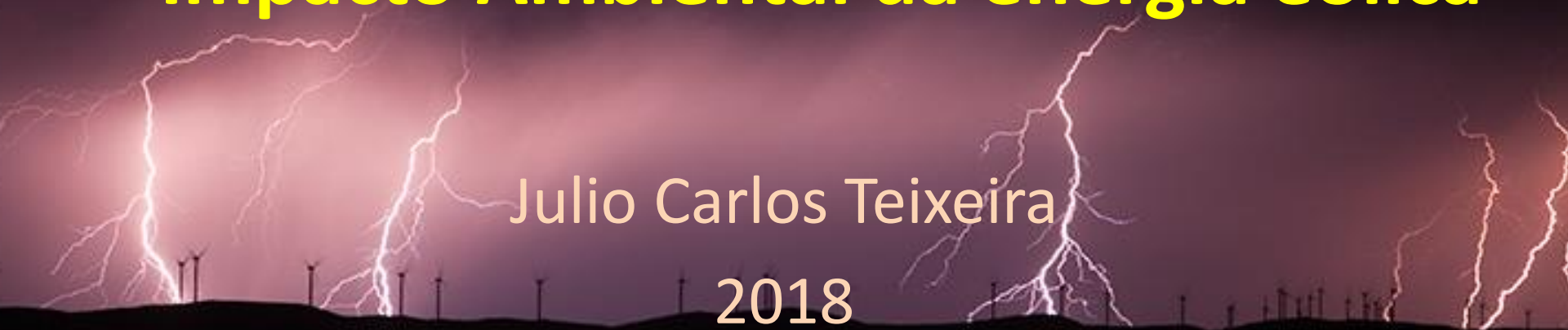


Dark Side of Wind Power

Impacto Ambiental da energia eólica

Julio Carlos Teixeira

2018



Sumário

- Alguns aspectos legais
- Alguns aspectos técnicos citados na literatura

Aspectos Legais

Resolução CONAMA 001 de 1986

Art. 1º Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

Aspectos Legais

Art. 2o Dependerá de elaboração de **estudo de impacto ambiental (EIA)** e respectivo **relatório de impacto ambiental - RIMA**, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA157 em caráter supletivo, o licenciamento de **atividades modificadoras do meio ambiente**, tais como:

I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;

...

VI - Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230kV;

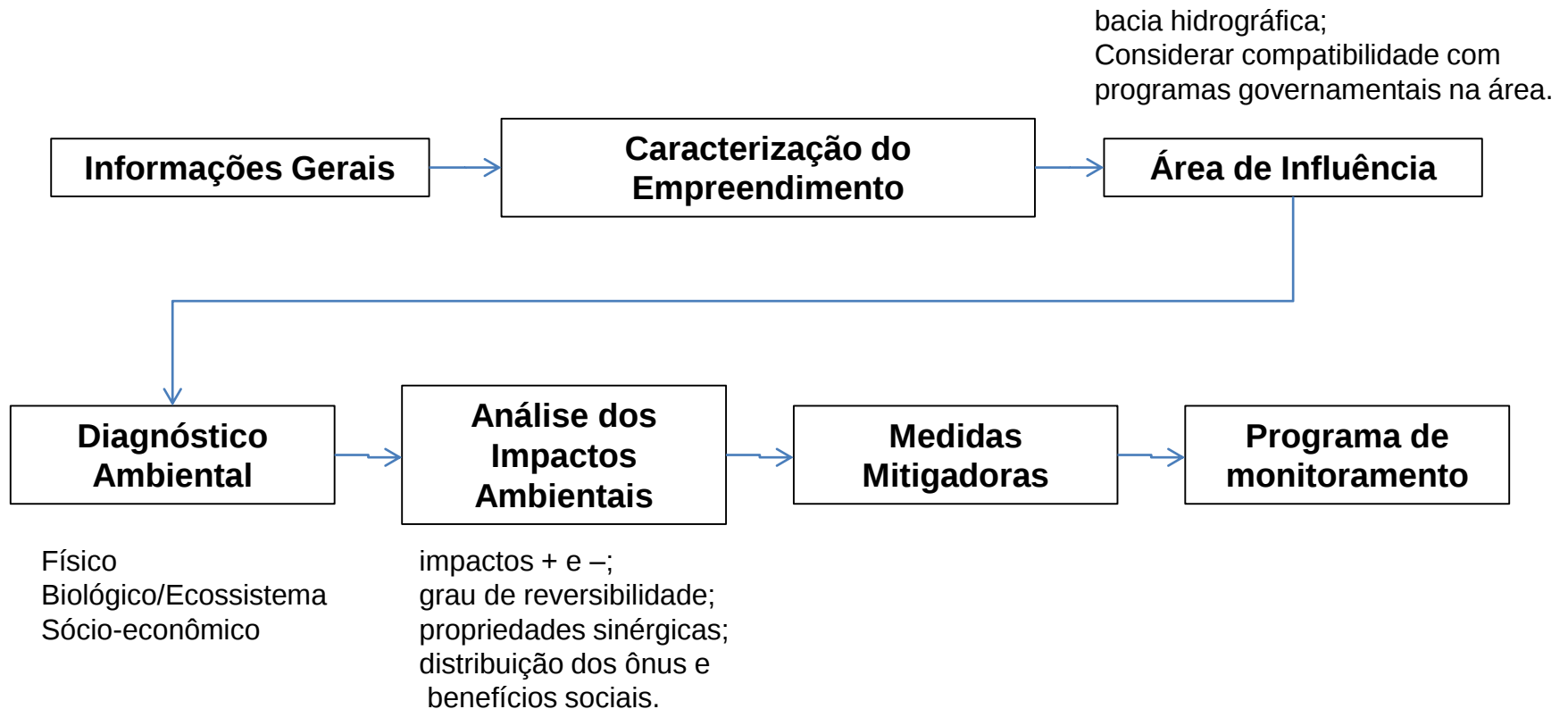
VII - Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, **drenagem** e irrigação, **retificação de cursos d'água**, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;

...

XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW;

...

Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)



Aspectos Legais

Art. 5o O estudo de impacto ambiental, ..., obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

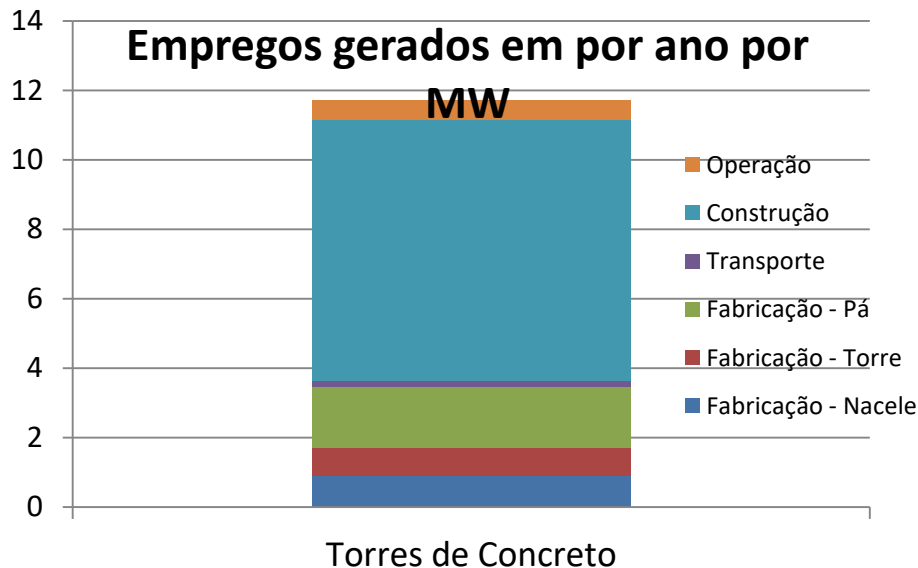
- I - Contemplar **todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto**; (POR QUÊ?)
- II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de **implantação** e **operação** da atividade;
- III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada **área de influência do projeto**, considerando, em todos os casos, **a bacia hidrográfica** na qual se localiza;
- IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Por que fazer um parque eólico?

(algumas justificativas)

- Redução de liberação de gases de efeito estufa (em ton de CO₂) com outras formas de geração de energia elétrica:
 - Depende da matriz energética (e das opções) do país
- Geração de energia renovável em curto espaço de tempo:
 - Comparada com outras soluções, a instalação é rápida;
 - A existência da fonte de energia na região pode melhorar condições locais de abastecimento elétrico;
- Criação de empregos (na região ou não):
- Criação de riqueza local com uma nova utilização da terra;
- etc.

Por que fazer um parque eólico (algumas justificativas)



Arrendamento da Terra:

Brasil: R\$ 4mil/ano/torre?

EUA: US\$ 3-5 mil/ano/torre ?

Inglaterra: £8mil/ano/MW ? preço
proporcional à área usada e à venda da
energia?

in <http://www.ecodebate.com.br/2009/08/29/implantacao-de-parque-eolico-em-brotas-de-macaubas-ba-gera-conflito-fundiario/> consultado em 25/12/12
<http://www.stosyth.gov.uk/default.asp?calltype=windfarmdebate> ,
http://www.awea.org/_cs_upload/learnabout/publications/5094_1.pdf

.Empregos em toda a cadeia produtiva;
.1/3 em empregos diretos no parque?

- Moama Silva Simas: Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa de geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada, 2012 – dissertação IEE-USP
- Parque eólico Bom Jardim 4,5 emprego diretos/MW na construção (93 MW) e 0,22 empregos diretos /MW na operação:
[//www.sondagel.com.br/index.php/noticias/35-noticias-do-setor/51-noticias](http://www.sondagel.com.br/index.php/noticias/35-noticias-do-setor/51-noticias) consultado em 25/10/2012

Aspectos Legais

Art. 5º O estudo de impacto ambiental, ..., obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

- I - Contemplar **todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;**
- II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de **implantação e operação** da atividade;
- III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada **área de influência do projeto**, considerando, em todos os casos, **a bacia hidrográfica** na qual se localiza;
- IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Fases do Parque Eólico

(e alguns aspectos que podem impactar o ambiente)

- Implantação
 - Alocação de um número importante (?) de operários temporariamente
 - Aluguel dos terrenos/moradias para a obra na região
 - Instalação/adequação de infraestrutura de transporte, energia/comunicação para a obra ...
 - Remoção/movimentação de terra
 - Fundações, transporte de material
 - Implantação/Modificação da rede elétrica
 - Recuperação paisagística
- Operação
 - Aluguel dos terrenos para o parque
 - Presença dos aerogeradores, subestação.
 - Presença de rede elétrica
 - **FUNCIONAMENTO DOS AEROGERADORES**
 - Existência de novos caminhos (ruas, estradas)
 - Manutenção e reparo (parte dos efeitos iguais aos da fase de implantação, outros não...)
- Desativação
 - Recuperação paisagística
 - Remoção, transporte e reciclagem de materiais

E OUTROS!!!

Aspectos Legais

Art. 5º O estudo de impacto ambiental, ..., obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

- I - Contemplar **todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;**
- II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de **implantação e operação** da atividade;
- III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada **área de influência do projeto**, considerando, em todos os casos, **a bacia hidrográfica** na qual se localiza;
- IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Lembrar que há efeitos que se propagam no espaço e que a bacia hidrográfica é um dos vetores que carregam efeitos ...

Lembrar que APP (áreas de preservação permanentes) são partes de programas governamentais (assim como assentamentos, áreas indígenas etc.)

Aspectos Legais

Resolução CONAMA 279 de 2001 (crise de energia 2001)

- Considerando a necessidade de estabelecer procedimento simplificado para o licenciamento ambiental, **com prazo máximo de sessenta dias de tramitação**, dos empreendimentos com impacto ambiental de pequeno porte, **necessários ao incremento da oferta de energia elétrica no País (...)**
- Considerando a dificuldade de definir-se, a priori, impacto ambiental de pequeno porte, antes da análise dos estudos ambientais que subsidiam o processo de licenciamento ambiental (...) resolve:
- Art. 1º Os procedimentos e prazos estabelecidos nesta Resolução aplicam-se (...) ao licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, aí incluídos:
 - I - Usinas hidrelétricas e sistemas associados;
 - II - Usinas termelétricas e sistemas associados;
 - III - Sistemas de transmissão de energia elétrica (linhas de transmissão e subestações);
 - IV - **Usinas Eólicas e outras fontes alternativas de energia.**

Aspectos Legais

Resolução CONAMA 279 de 2001

- Art. 2o Para os fins desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:
- I - **Relatório Ambiental Simplificado RAS**: os estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentados como subsídio para a concessão da licença prévia requerida, que conterá, dentre outras, as informações relativas
 - ao diagnóstico ambiental da região de inserção do empreendimento, sua caracterização,
 - a identificação dos impactos ambientais
 - e das medidas de controle, de mitigação e de compensação.
- II - **Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais**: é o documento que apresenta, detalhadamente, todas as medidas mitigatórias e compensatórias e os programas ambientais propostos no RAS.
- III - **Reunião Técnica Informativa**: Reunião promovida pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor, para apresentação e discussão do Relatório Ambiental Simplificado, Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais e demais informações, garantidas a consulta e participação pública (...)

Aspectos Legais

Observação: Resolução CONAMA 462, de 24/07/2014

Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA n.º 279, de 27 de julho de 2001, e dá outras providências.

- O CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelo art. 8º, inciso I, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno;
 - Considerando que os **empreendimentos de energia eólica se apresentam como empreendimentos de baixo potencial poluidor e tem um papel imprescindível na contribuição para uma matriz energética nacional mais limpa;**
 - Considerando a necessidade de consolidar uma economia de baixo consumo de carbono na geração de energia elétrica de acordo com um o art. 11, parágrafo único da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC;
 - Considerando o compromisso nacional voluntário assumido pelo Brasil de redução das emissões projetadas até 2020, por força do art. 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC;
 - Considerando a obrigação de ações para expansão de oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas a fim de cumprir metas estipuladas para o setor de energia no art. 6º, §1º, III do Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010, resolve:

Aspectos Legais

Observação: Resolução CONAMA 462, de 24/07/2014

Art. 3º Caberá ao órgão licenciador o enquadramento quanto ao impacto ambiental dos empreendimentos de geração de energia eólica, considerando o porte, a localização e o baixo potencial poluidor da atividade.

- § 1º A existência de Zoneamento Ambiental e outros estudos que caracterizem a região, bacia hidrográfica ou bioma deverão ser considerados no processo de enquadramento do empreendimento.
- § 2º O licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos considerados de baixo impacto ambiental será realizado ***mediante procedimento simplificado, observado o Anexo II, dispensada a exigência do EIA/RIMA.***

Art. 16. **Independentemente** do enquadramento quanto ao impacto ambiental dos empreendimentos de geração de energia eólica, caso exista **potencial de impacto ao patrimônio espeleológico**, deverão ser elaborados os estudos conforme estabelecido no Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990.

Art. 17. **Os empreendimentos eólicos deverão ser dotados de tecnologia adequada para evitar impactos negativos sobre a fauna.**

Aspectos Legais

Observação: Resolução CONAMA 462, de 24/07/2014

§ 3º Não será considerado de baixo impacto, exigindo a apresentação de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), além de audiências públicas, nos termos da legislação vigente, os empreendimentos eólicos que estejam localizados:

- I – em formações **dunares, planícies fluviais e de deflação, mangues e demais áreas úmidas;**
- II – no bioma **Mata Atlântica** e implicar corte e supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração, conforme dispõe a Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006;
- III – na **Zona Costeira** e implicar alterações significativas das suas características naturais, conforme dispõe a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988;
- IV – em **zonas de amortecimento de unidades de conservação de proteção integral**, adotando-se o limite de 3 km (três quilômetros) a partir do limite da unidade de conservação, cuja zona de amortecimento não esteja ainda estabelecida;
- V – em **áreas regulares de rota, pousio, descanso, alimentação e reprodução de aves migratórias** constantes de Relatório Anual de Rotas e Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil a ser emitido pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, em até 90 dias;
- VI – em **locais em que venham a gerar impactos socioculturais diretos que impliquem inviabilização de comunidades ou sua completa remoção;**
- VII – em áreas de ocorrência **de espécies ameaçadas de extinção e áreas de endemismo restrito**, conforme listas oficiais.

Aspectos Legais

Observação: Resolução CONAMA 462, de 24/07/2014

- Com a chegada da nova norma, o licenciamento dos empreendimentos de energia eólica foi dividido em **duas categorias: (i) simplificado**, onde será exigida a elaboração do relatório simplificado; e **(ii) geral**, onde se fará necessária a apresentação do Estudo Prévio e Relatório de Impacto Ambiental - "EIA/RIMA". Neste sentido, conforme disposição expressa do artigo 3º, **cabará ao órgão ambiental licenciador a definição dos critérios** de impacto para tal classificação, *sendo que, para a implantação de empreendimentos em determinados locais sensíveis, tais como formações dunares, bioma Mata Atlântica, Zona Costeira, rotas de aves migratórias e outras modalidades ora descritas, a opção pelo processo geral e consequente apresentação do EIA/RIMA já resta determinada.* Nesse contexto, para os procedimentos simplificados, o legislador atribuiu **facilidades no trâmite do licenciamento**, tais como a obtenção direta da licença de instalação, ato em que atestará a viabilidade do empreendimento, aprovando sua localização e de imediato autorizando a implantação.
- Outra novidade trazida pela Resolução é a possibilidade de emissão conjunta das licenças ambientais dos empreendimentos eólicos de **forma singular** (por parque) ou de **forma conjunta** (por complexo), porém sempre com seus respectivos sistemas associados em um único ato administrativo.

Alguns aspectos técnicos citados na literatura

- **Modifica grandes áreas (baixa energia/km²)**
- **Gera/Economiza gases de efeito estufa**
- **Causa ruídos e vibrações**
- Afeta o ecossistema
- Causa efeito visual;
- Causa efeitos eletromagnéticos;
- Causa sombras intermitentes;
- Impacta a temperatura média do ar na superfície;
- Outros (“ice throw” – 200 m, variação do preço da terra, desapropriações etc.) e efeito NIMBY (“not in my back yard!” *)

“Dark Side of Wind Power” By Earl Jones <http://www.poweredgenerators.com/wind/dark-side.html> acessado em nov 2011.

*Aspectos de Parâmetros ambientais no contexto de licenciamento de parques eólico, dissertação de mestrado Carlos Alberto Muniz, UFF, 2010

Potência/km²

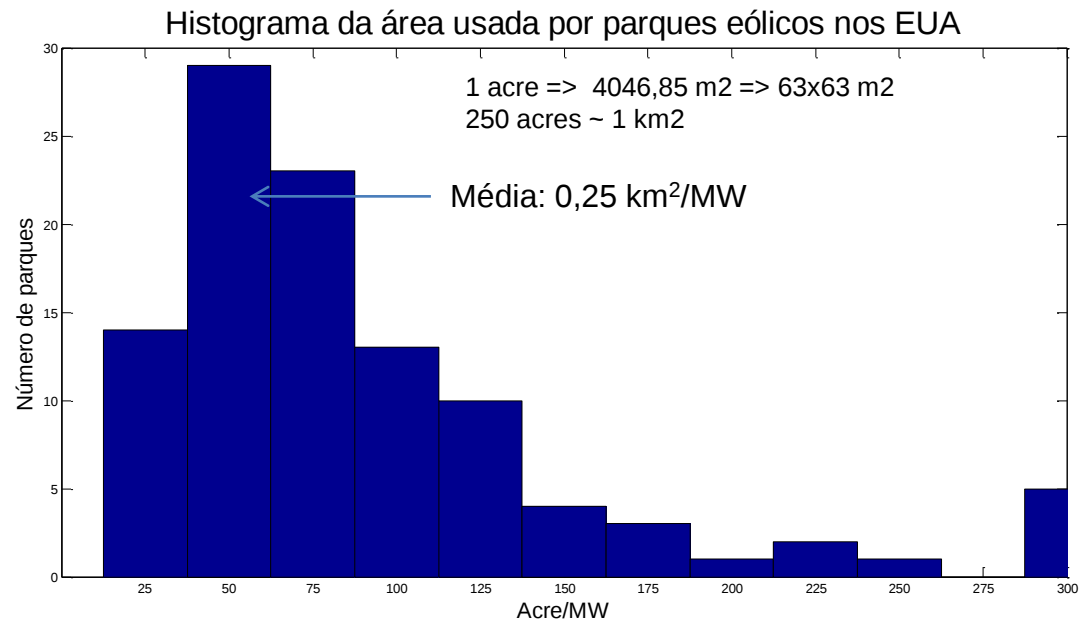
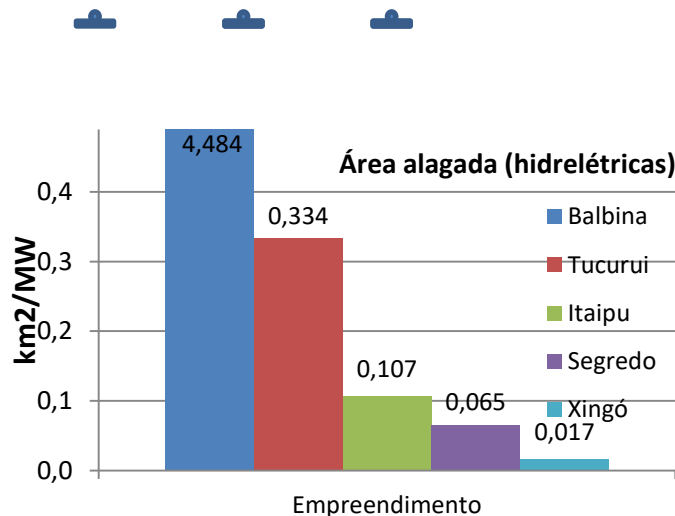
- Área: deve haver uma distância mínima entre as turbinas (3-5 vezes X 5-10 vezes o diâmetro).

IN <http://www.aweo.org/windarea.html>

http://www.joinville.ifsc.edu.br/~edsonh/PIP%20%20Projeto%20e%20Instalacoes%20Eletricas%20Prediais/Material%20de%20Aula/Parte_1_GT_D/Geracao%20%20-%20Geracao%20Hidroeletrica.pdf

Nuclear e biomassa:

http://www.eletronuclear.gov.br/Portals/0/RIMAdAngra3/04_usinas.html



Comparação entre fontes de energia – área

Type of Power Plant Land Area (1000 MWe)	(ha)
Nuclear and natural gas	50
Oil and coal (including storage for fuel)	100
Solar photovoltaic in a sunny place	5 000
Wind in a windy place	10 000
Hydropower	25 000
Biomass plantation	400 000

Table 7

Land Area Needs for Power Plant Sites (1000 MWe)

In “NUCLEAR POWER AND THE ENVIRONMENT”

By INTERNATIONAL NUCLEAR SOCIETIES COUNCIL (INSC)

CURRENT ISSUES IN NUCLEAR ENERGY, January 2002”

Energia/km²

- Perguntas típicas:
 - O fator de capacidade é muito baixo? (de 25%, *onshore*, a 50%, *offshore*)
 - Exemplos: CHESF (53%-2009), FURNAS (63%, 2008), Belo Monte (41%, estimada),
 - Quão definitiva é a modificação do meio ambiente?
 - É possível repontencializar/reutilizar o parque? (P.Ex. Como reutilizar o mesmo espaço no final da vida útil? Deve-se padronizar as fundações?)

Redução de liberação de gases de efeito estufa?

- A fabricação da turbina e a construção de parques eólicos produzem efeito no meio ambiente e tem “pequena” vida útil
 - Fabricação da turbina;
 - Estradas/Transporte para levar o material para o local adequado;
 - Construção de bases de concreto (A indústria cimenteira é responsável por 5% das emissões de CO₂ no mundo. Para cada kg de cimento, cerca de kg de CO₂) in “Avaliação da substituição parcial de clínquer por cinza de bagaço de cana: redução de emissão de CO₂ e potencial de créditos de carbono”
www.revistas.ibracon.org.br/index.php/riem/article/viewFile/170/276 consultado em 15/11/2017;
- Parte do CO₂ emitido no processo pode ser compensado durante a vida. Qual parte? Depende
 - do local (muita energia gerada “compensa” se a matriz energética for muito “poluente”);
 - da qualidade da instalação (materiais e métodos);
 - da reciclagem.

Impacto Ambiental (CO₂ e etc.)

Estudos em uma turbina grande (2MW)

- O artigo considera outros efeitos ecológicos, além da liberação de CO₂
- The following ecological effects are adopted as the impact categories
 - carcinogens (C),
 - organic respiration (OR),
 - inorganic respiration (IR),
 - global warming (GWP),
 - radiation (R),
 - depletion of the stratospheric zone (ODP),
 - ecotoxicity (ET),
 - acidification and eutrophication (Acid./Eut.),
 - land use (LU),
 - minerals(M)
 - fossil fuels (Fuels).
- Usa o conceito de Ecoporto (pt)

Impacto Ambiental (CO₂ e etc.)

Estudos em uma turbina grande (2MW)

Table 3

Payback time of wind turbine

Category	Turbine environmental impact (pt)	Environmental cost avoided by power generated in 1 year (pt)	Payback time (days)	% 20 Years
C	322.33	5221.82	22.53	0.31
OR	28.54	26.27	396.56	5.43
IR	28040.85	26482.92	386.47	5.29
GWP	2349.87	9134.37	93.90	1.29
R	16.40	0.00	Never	Never
ODP	7.11	6.60	393.42	5.39
ET	3156.05	5495.57	209.62	2.87
Acid /Eut	2117.28	3758.59	205.61	2.82
LU	2951.07	0.00	Never	Never
M	46.32	0.00	Never	Never
Fuels	26902.26	58336.21	168.32	2.31

Ruídos

- O problema completo

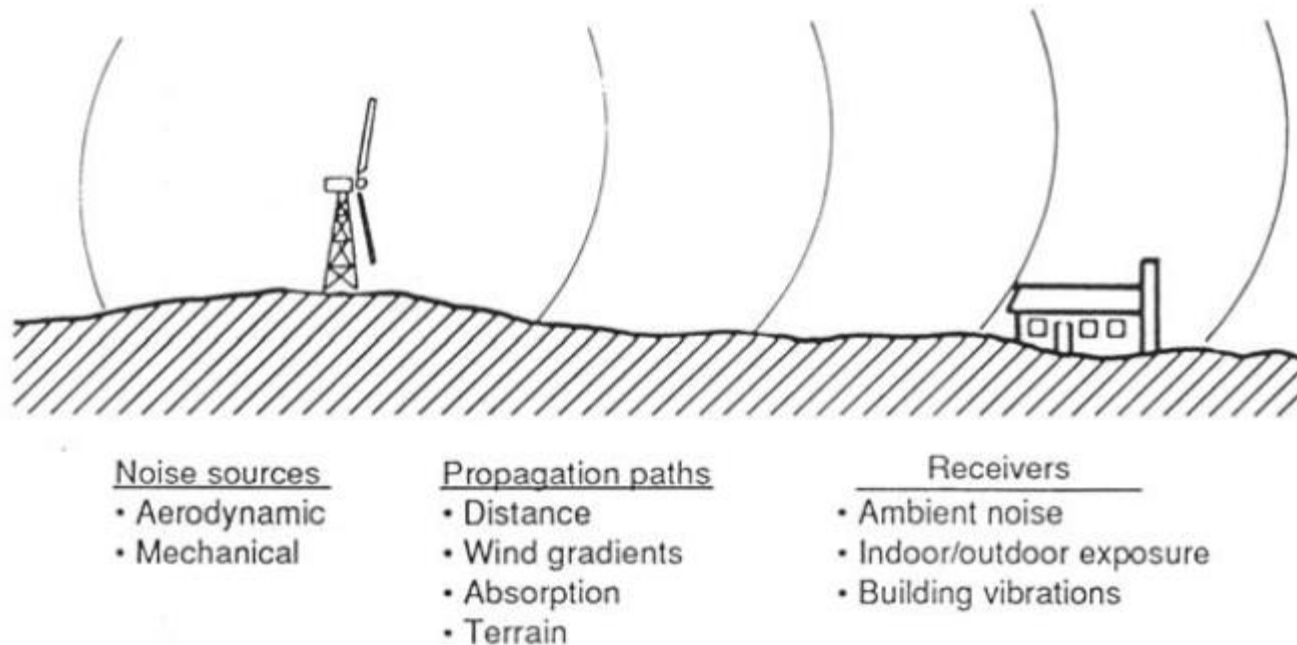


Figure 1: Examples of sources, receivers, and propagation paths

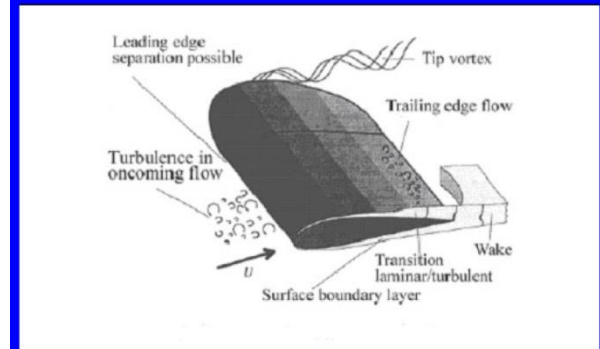
Ruídos

Caracterização

- As diversas fontes de ruído de uma turbina eólica geram sons que podem ser caracterizados:
 - Tonal: em um conjunto específico de frequências
 - Banda Larga (Broadband), distribuição contínua de pressão sonora a partir de 100 Hz
 - Baixa frequência de 20 a 100 Hz
 - Infrassom < 20 Hz *
 - Impulsiva

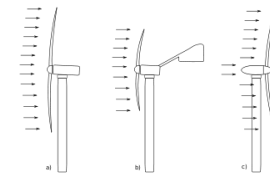
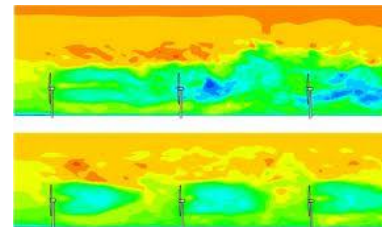
Uma criança em um balanço (rápido) chega a sofrer uma variação de 120 dB (~ 1 Hz)

Ruídos fontes



Source 'Wind Turbine Noise' Warner, Bareiß & Guidati

- Fontes aerodinâmicas:
 - Próprias da pá (tipicamente alguns kHz)
 - Causadas pela turbulência do vento (tipicamente $< 1\text{kHz}$)
 - Erro de “yaw”
 - alto nível de cisalhamento (velocidade de vento variável com h)
 - Efeitos topográficos e de outras turbinas
 - Alta turbulência causa infrassom: típico de turbinas antigas sem controle de yaw, com downwind (pás passam atrás da torre).



- Fontes mecânicas
 - caixas redutoras,
 - gerador, controle de Yaw, sistema de refrigeração, etc.

Fontes aerodinâmicas

formas de mitigar o ruído

- Reduzir a velocidade de ponta de pá ($\omega.R$)
 - Ruído aerodinâmico é tipicamente proporcional a ωR^5
 - Mas $P=T.\omega \Rightarrow$ reduzir ω , significa aumentar torque,
 - O volume do rotor do gerador é proporcional ao torque, e portanto, peso e custo aumentam.
- Controlar o ângulo de passo da pá
 - Evita o aparecimento das causas do ruído aerodinâmico
- Melhorar o projeto da pá e sua condição de operação
 - Projetar usando ferramentas adequadas à modelagem de ruído, evitar instabilidades da camada limite
 - Manter superfícies limpas, consertar defeitos (trincas, por exemplo)
- Posicionar corretamente a turbina (no parque e da direção)

Como diminuir o ruído das turbinas eólicas

Redação do Site Inovação Tecnológica - 05/10/2015

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=como-diminuir-ruído-turbinas-eolicas&id=010125151005&ebol=sim#.VhUf0PIVikg> acessado em

15/11/2017

Fontes mecânicas

formas de mitigar o ruído

- **Caixa de redução**
 - Projete bem a caixa de redução e faça manutenção
 - Evite que o som se propague pelas estruturas: acoplamentos, montagens corretas
 - Trate as superfícies para reduzir a emissão do ruído
 - “Direct drive”: retire a caixa...
- **Outros**
 - Projete/escolha componentes adequados e faça manutenção

Como diminuir o ruído das turbinas eólicas

Redação do Site Inovação Tecnológica - 05/10/2015

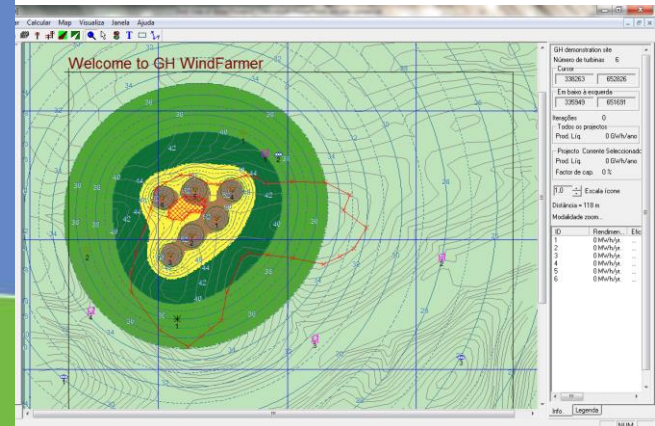
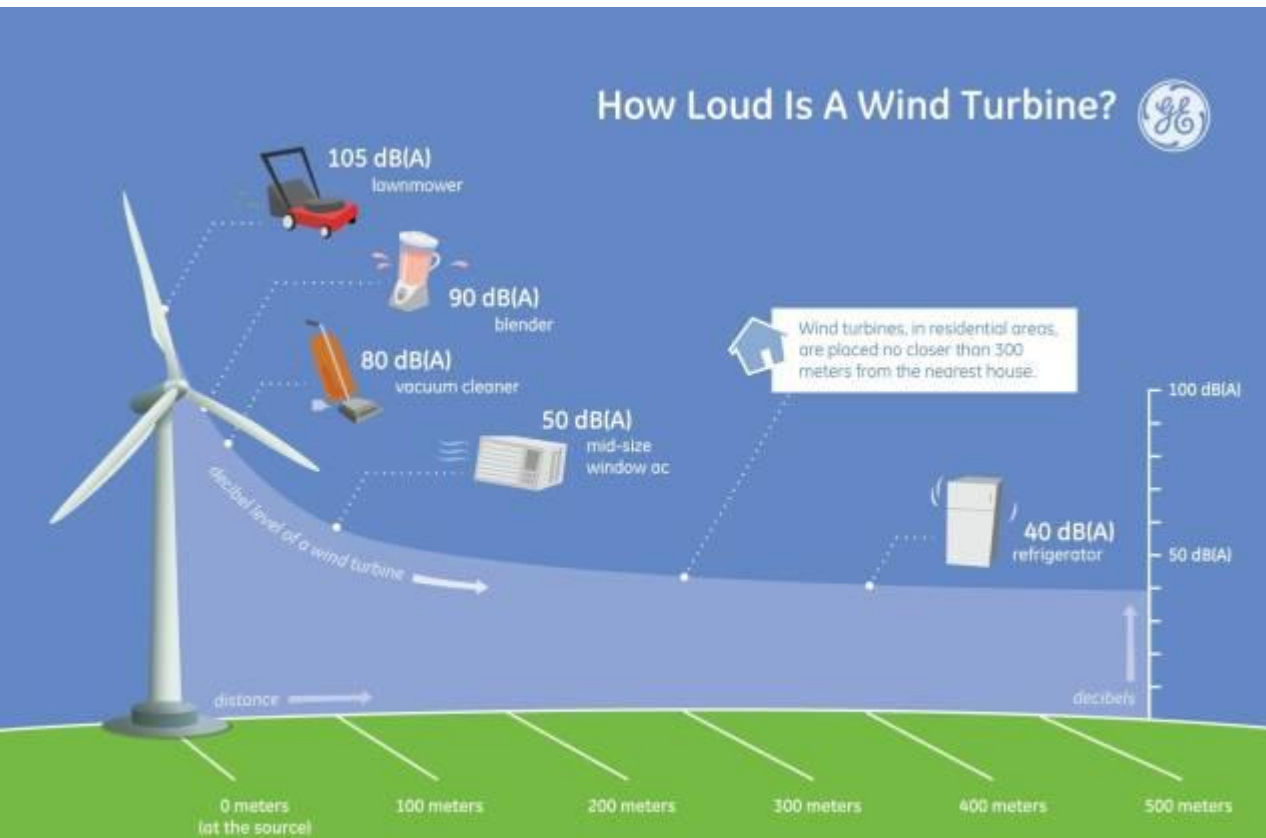
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=como-diminuir-ruído-turbinas-eolicas&id=010125151005&ebol=sim#.VhUf0PIVikg> acessado em

15/11/2017



Forma de mitigar ruídos: afaste-se...

- Afaste-se n (3?) vezes a altura das pás
- Calcule e não se esqueça do ecossistema!



Afetam a vida selvagem

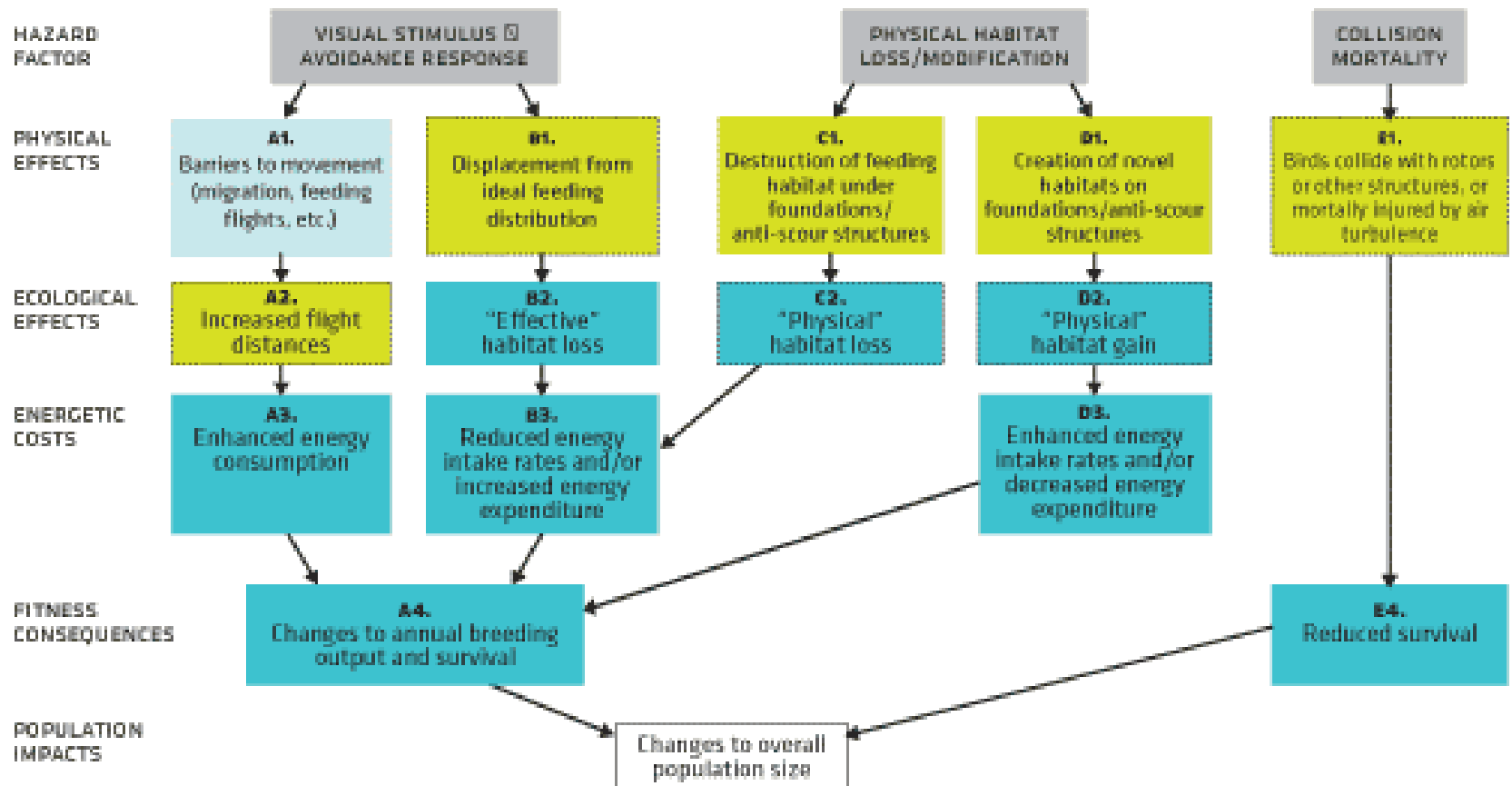
- Afetam o meio ambiente, e portanto toda flora e fauna.
- Matam aves e morcegos, particularmente se as fazendas forem mal instaladas.
- Há efeito nos peixes, ou outros animais, como focas e (baleias)? (Offshore)
 - Ruídos, vibrações
 - Plataformas (mudam o tipo de fauna na região ...)
 - Campos elétricos das linhas de transmissão subaquáticas (parecem desprezíveis*)

Electromagnetic fields and Marine Organisms <http://www.wind-energy-the-facts.org/en/environment/chapter-2-environmental-impacts/electromagnetic-fields-and-marine-organisms.html>

Effects of Electromagnetic Field on Marine Species: A Literature Review in <http://www.oregonwave.org/wp-content/uploads/1-Effects-of-electromagnetic-fields-on-marine-species-A-literature-review.pdf>

Afetam de várias formas a vida

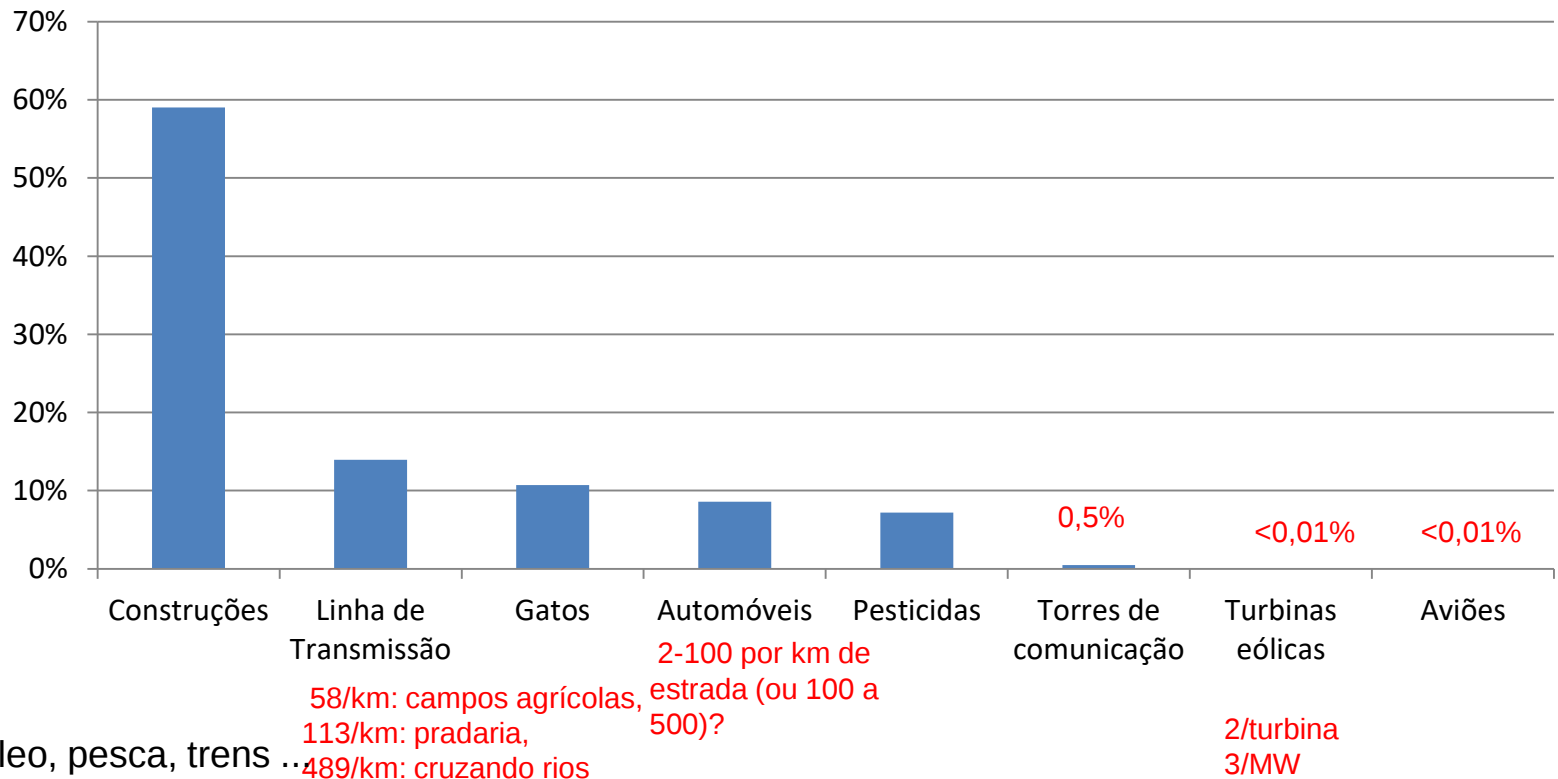
- Há vários efeitos (ex: análise offshore)



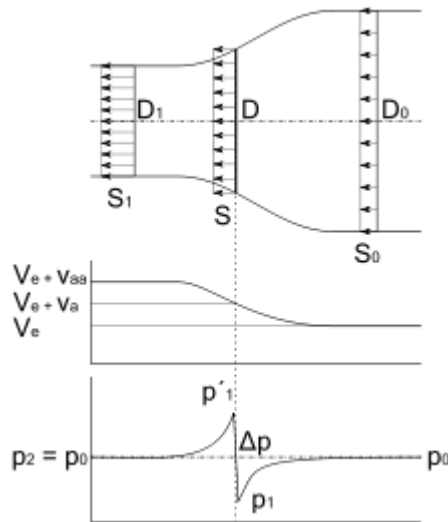
Morte de aves

- A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions Wallace P. Erickson, Gregory D. Johnson, and David P. Young Jr. in https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/psw_gtr191_1029-1042_erickson.pdf consultado em 15/11/2017

Mortalidade anual de aves estimada por ação antropogênica (% do total) total ~ 1bi nos EUA

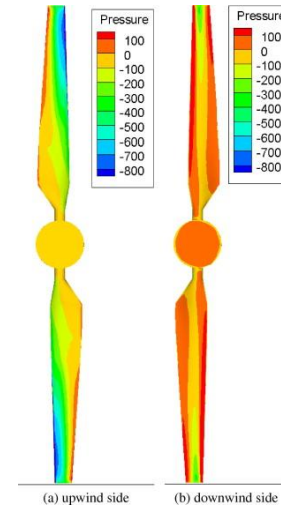


Morcegos



Teoria da quantidade de movimento

Variação de pressão na passagem da pá mata morcegos. Mas também morrem por batidas...



Simulation of flowfields induced by windblades based on a parallelized low-speed flow solver, [Yang-Yao Niu](#), [Han-Wei Tang](#), [Lung-Cheng Lee](#), [T.I. Tseng](#) <http://dx.doi.org/10.1016/j.compfluid.2010.11.007>, consultado em 15/11/2017

- Variação de pressão típica: $\Delta p = 5-10 \text{ kPa}$, *
- É muito? Para morcegos, é. Em lab aguentam 4kPa...
 - Na atmosfera: $\Delta p = 10 \text{ hPa}$ (1kPa) para cada 100 m de altura. Portanto corresponde a uma variação de mil metros de altura em milésimos de segundo. Não dá tempo de entrar em equilíbrio estático de pressão: estoura o partes do sistema respiratório ...
 - $10 \text{ kPa} = 10 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow 1 \text{ N/cm}^2$

• *On a Wing and Low Air: The Surprising Way Wind Turbines Kill Bats, [David Biello](#) in <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=wind-turbines-kill-bats>, consultado em 15/11/2017

Morcegos

Mitigando o Dano: aumento da velocidade de partida (cut-in)

Observação: Aumento da fatalidade de morcegos com a introdução de gerador funcionando foi de ~5 vezes

- Solução: aumento de cut-in:
 - Redução <1 % da energia em um ano
 - Queda de 44% a 93% nas mortes de morcegos

Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities, Edward B Arnett, Manuela MP Huso, Michael R Schirmacher, and John P Hayes

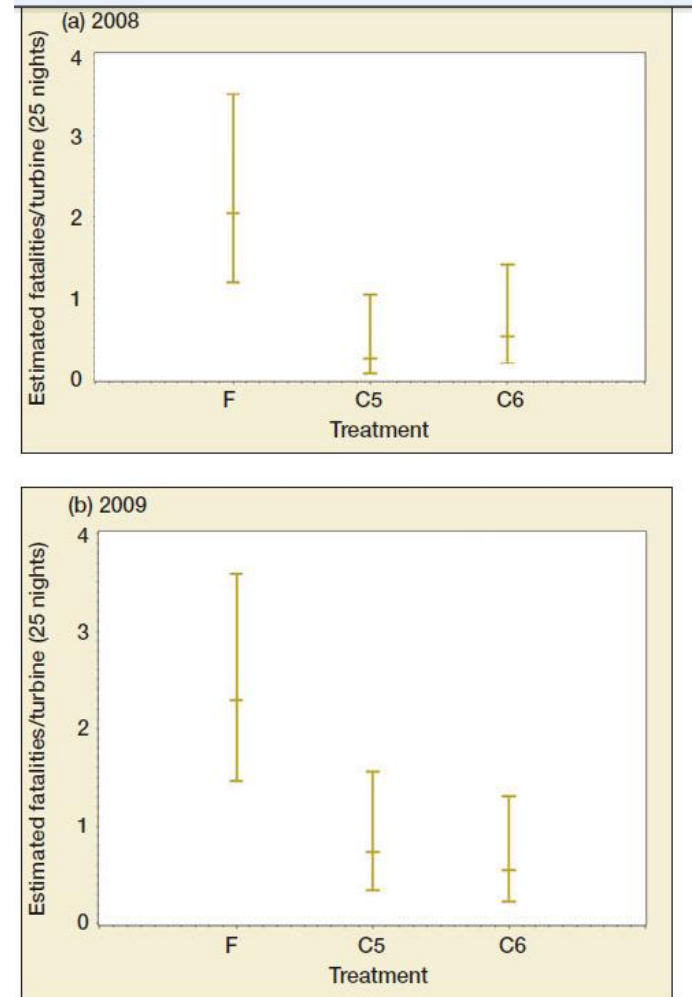


Figure 4. Estimated number of fresh carcasses of bats per turbine, and 95% confidence intervals, over 25 nights for each of three treatments: cut-in speed at 5.0 m s^{-1} (C5), cut-in speed at 6.5 m s^{-1} (C6), and fully operational (F, no change to cut-in speed) for 12 turbines at the Casselman Wind Project in Somerset County, Pennsylvania; (a) 27 July to 9 October 2008 and (b) 26 July to 8 October 2009.

Aves

- As aves interagem com o parque de diversas formas
 - Algumas nidificam na proximidade das torres
 - Algumas são da região e comem na proximidade
 - Algumas apenas passam (migratórias)
 - ficam por um período ou
 - nem param ...

Influence of Behavior on Bird Mortality in Wind Energy Developments, K. SHAWN SMALLWOOD, LOURDES RUGGE, MICHAEL L. MORRISON
JOURNAL OF WILDLIFE MANAGEMENT 73(7):1082–1098; 2009, Estudo realizado em Altamont Pass Wind Resource Area (Califórnia, EUA).
Para repetir o trabalho leia “Guidance on Methods for Monitoring Bird Populations at Onshore Wind Farms”, Dr. Andy Douse, January 2009
https://www.researchgate.net/publication/229503814_Influence_of_Behavior_on_Bird_Mortality_in_Wind_Energy_Developments acessado em 15/11/2017

As aves são espertas

- Quanto mais turbinas estão funcionando, menos aves se aproximam.

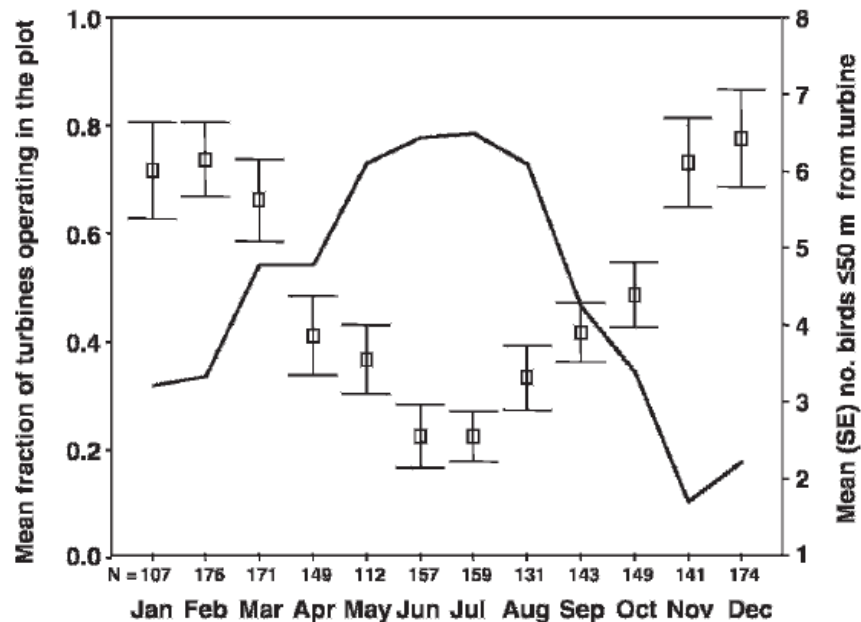


Figure 5. Mean fraction of turbines operating during behavior observation sessions (solid line) peaked over summer and was least during winter, whereas mean number of flights/bird within 50 m of turbines peaked in winter and was least during summer in the Altamont Pass Wind Resource Area, California, USA, 1998–2000.

Épocas do ano x fatalidade

- Há épocas piores que outras (associadas ao tipo de atividade da ave – acasalando, comendo, nidificando, aprendendo a voar ...).
- Obs: As aves estudadas fazem pouco ninho em torres.

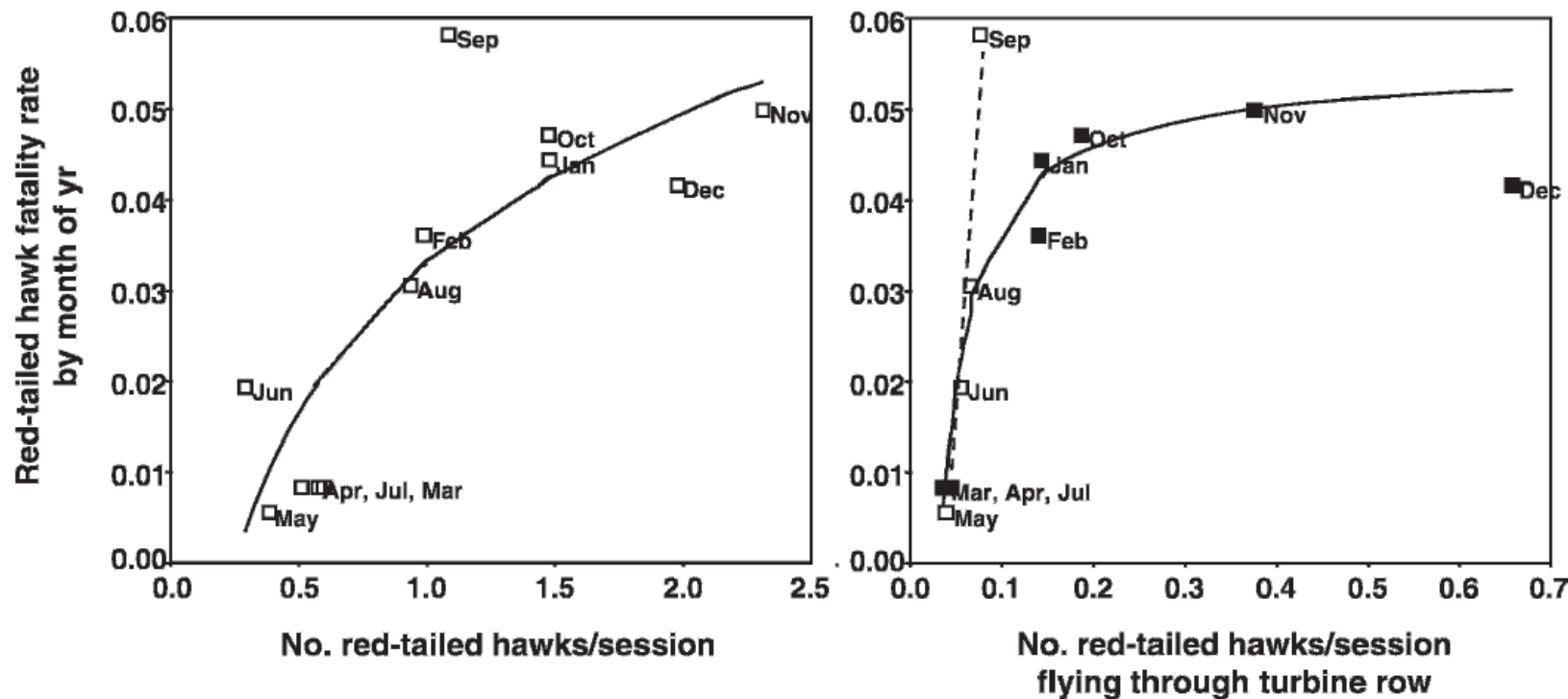
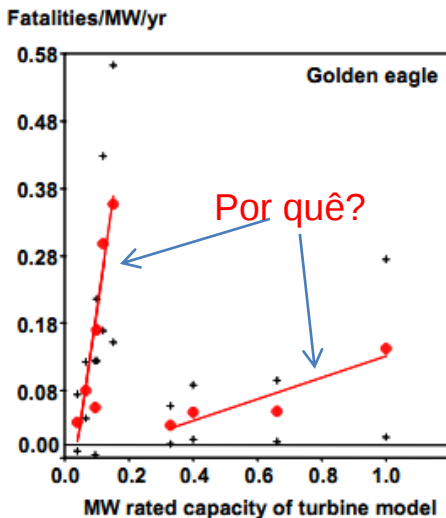


Figure 10. Mean monthly fatality rate estimates of red-tailed hawks increased with utilization rate (left) and rate of flights through turbine rows (right) during observation sessions in the Altamont Pass Wind Resource Area, California, USA, 1998–2000.

Efeito da Potência da Turbinas na morte de pássaros

- Depende do “pássaro”...



Morte de morcego é significativamente maior que de aves. E aumenta com potência...

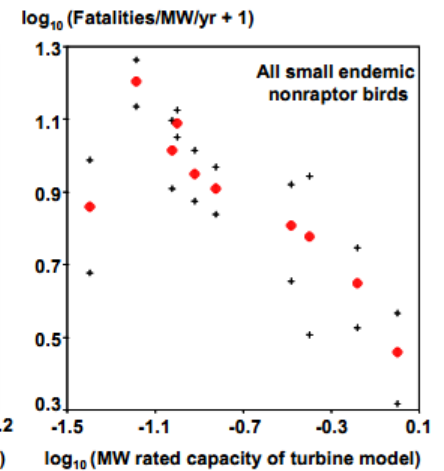
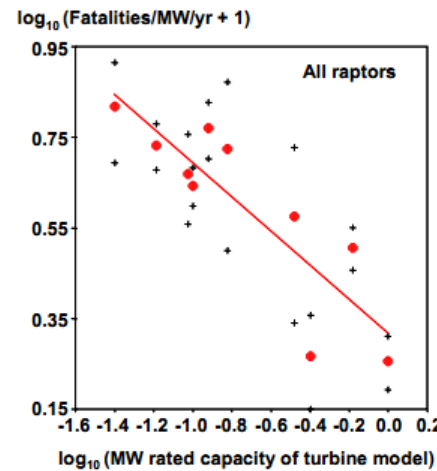
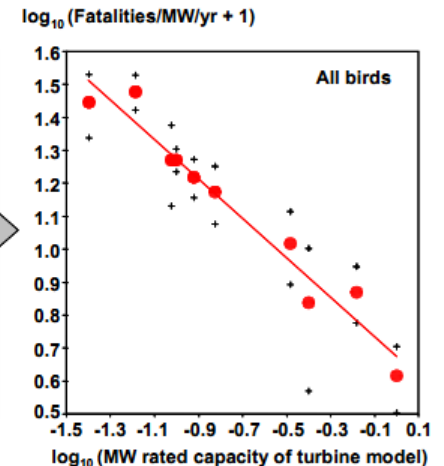
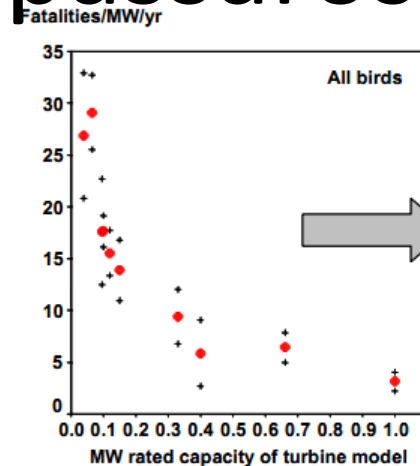
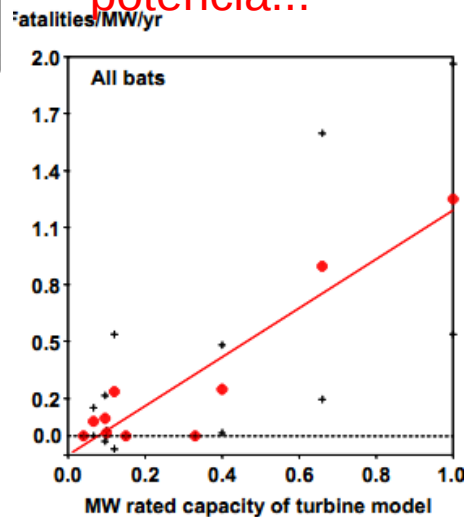


Figure 3A. Mean fatality rates (red circles) and lower and upper bounds of 80% confidence intervals (black crosses) by wind turbine size in the Altamont Pass Wind Resource Area, 2005-2009. Due to small sample size (3 turbine rows), 150-KW turbines were excluded from the comparisons.

Observação sobre offshore

- Há muito a ser feito...

Table 3. Section of the offshore activity comparison matrix (showing previous scoring system, without positive and negative values, and physical pressures only—biological and chemical pressures are included in the full version).

Coastal & Maritime Activities/Events		Environmental Pressures												
		Physical												
		Loss of Area (seabed)	Loss of Area (water column)	Loss of Area (airspace)	Substratum loss	Smothering	Changes in suspended sediment	Desiccation	Changes in emergence regime	Changes in water flow rate	Changes in currents	Changes in temperature	Changes in turbidity	Changes in wave exposure
Sub-activities/events														
Aquaculture	Fin-fish	2	2	0	0	2	2	0	0	2	2	0	2	0
	Macro-algae	2	2	0	0	1	1	0	0	1	2	0	1	0
	Predator control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	Shellfisheries	2	2	0	0	2	2	0	0	2	1	0	2	2
	Current change	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0
Climate Change	Sea level change	2	2	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2
	Temperature change	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	2	0
	Weather pattern change	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0
Coastal defence	Barrage	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2
	Beach replenishment	2	1	0	1	2	2	2	2	2	0	0	2	2
	Groynes	1	1	0	1	1	2	2	0	2	2	0	2	2
	Sea walls/ breakwaters	2	1	0	1	1	2	2	2	2	2	0	2	2

Afeta rotas, cria recifes artificiais? É bom ou ruim? Aumenta a probabilidade de acidentes ?

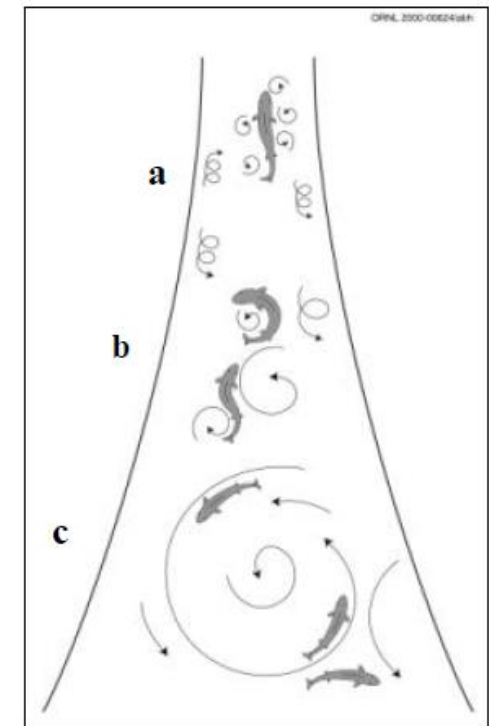


Figure 2. Turbulence scales compared to the size of a fish.

Mitigando o risco

- Evite funcionar com ventos críticos e épocas críticas ...
- Não deixe torres sem funcionar. Algumas espécies interagem com as torres paradas, que naturalmente ficam próximas das que funcionam. Solução:
 - ligue/desligue “todas” ao mesmo tempo
 - Faça manutenção logo
- Separe fisicamente grupos de turbinas (dê espaço para as aves interagirem, podendo ficar na região e afastarem-se das torres, interagindo através de corredores);
- Estude o ambiente **local**. Proponha ações apropriadas para o **local**.

Insetos

- Prejudicam o desempenho da turbina

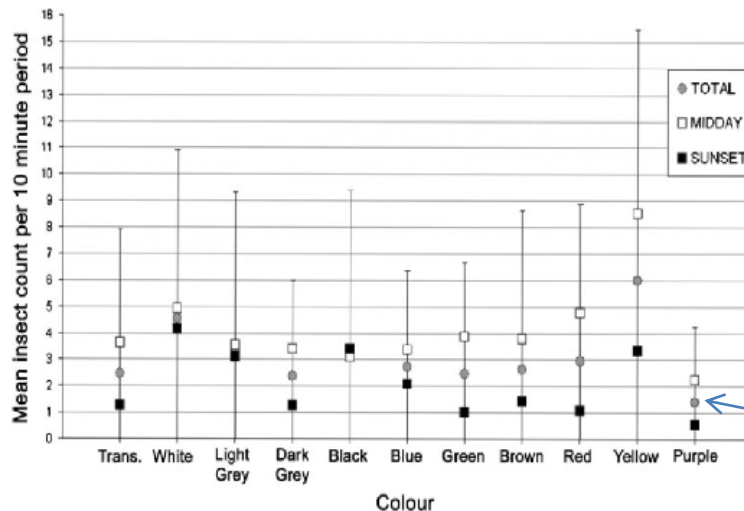
- Potência;
- Ruído;
- Atraem pássaros e morcegos

- Mitigando: pintar de púrpura?

326

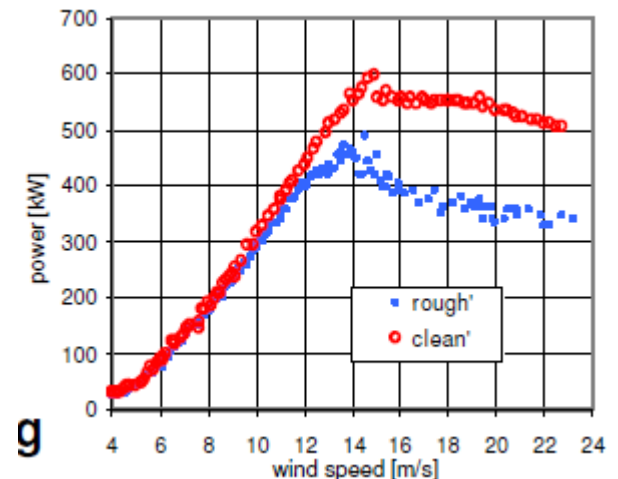
Eur J Wildl Res (2011) 57:323–331

Fig. 2 Mean insect count per 10-min period for each colour tested. Grey circles indicate total means with $\pm$ standard deviation whiskers; white and black boxes indicate means for midday and sunset +1 h counts, respectively



Potência

- cai após dia sem muito vento (aumenta número de insetos)
- sobe após limpeza



Insects **can** halve wind-turbine power. Corten, G.P., Veldkamp, H.F. in <http://www.nature.com/nature/journal/v412/n6842/pdf/412041b0.pdf>

Solução?



<http://seedorama.com/2010/11/04/purple-wind-turbines-will-keep-wildlife-at-bay/>

Linhas de Transmissão também matam !



http://www.birdlife.org/migratorysoaringbirds/?page_id=91 consultado em 11/2012



- As aves morrem eletrocutadas ou por colisão (~2-500 aves/km/ano).
- As linhas de transmissão criam campos eletromagnéticos, também no mar. Há efeito sobre a vida marinha? Não altera rotas migratórias de animais que se movem baseados no campo da terra? CA diferente de CC?

Mitigando o risco

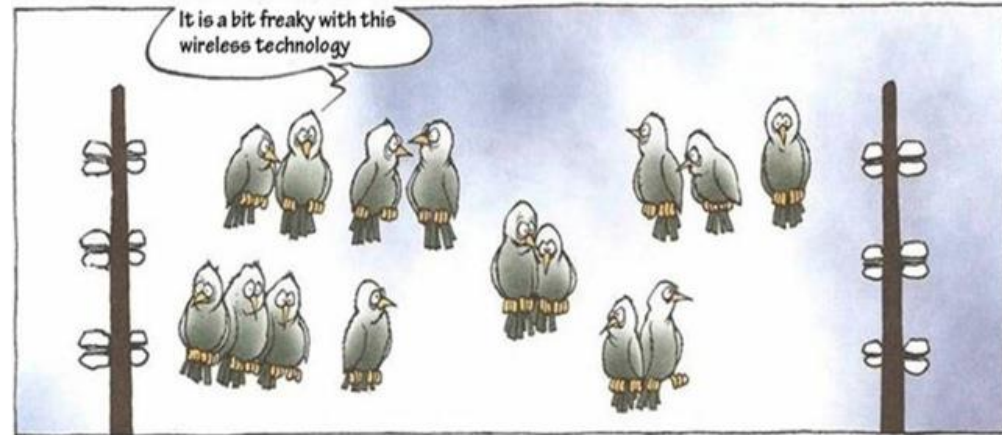
- Projetos de isoladores especiais

<http://worldofdifference.vodafone.co.uk/blogs/alice-ramsay/> consultado em 11/2012

- “Bird flight diverters” para os pássaros não baterem nos fios

<http://www.poweng.com.au/birdflight.html>

- Outras? Enterrar linhas de transmissão , mudar trajetos etc...



Complementando o tema

- É necessário estudar a espécie da região antes de instalar, e monitorar durante vários (15*) anos após a instalação;
- Parece que as aves aprendem com o tempo *
- Estudos também são feitos para offshore**
- Parques eólicos podem modificar a rota migratória de aves***
- É possível que menos turbinas com maior potência individual produzam menos mortes, mas não é certo ****
- Há muito para se conhecer sobre o tema, particularmente da fauna brasileira.
- O efeito do campo eletromagnético causado pelo sistema ainda é mal conhecido, particularmente no mar.

*Guidance on Methods for Monitoring Bird Populations at Onshore Wind Farms ;

http://www.nationalwind.org/assets/publications/Comprehensive_Guide_to_Studying_Wind_Energy_Wildlife_Interactions_2011.pdf

** “Risk evaluation for federally listed (roseate tern, piping plover) or candidate (red knot) bird species in offshore waters: A first step for managing the potential impacts of wind facility development on the Atlantic Outer Continental Shelf” Joanna Burger , et alli , Renewable Energy 36 (2011) 338-351; “danish offshore wind” -Key Environmental Issues” in http://193.88.185.141/Graphics/Publikationer/Havvindmoeller/danish_offshore_wind.pdf

*** Radar monitoring of migrating pink-footed geese: behavioral responses to offshore wind farm development, Journal of Applied Ecology, DOI: 10.1111/j.1365-2664.2012.02181.x

**** http://www1.eere.energy.gov/wind/pdfs/birds_and_bats_fact_sheet.pdf consultado em 11/2012

Complementando o tema

- Os parques modificam a vida dos seres humanos, que modificam a chance de vida dos animais:
 - Parque onshore nos EUA: caça é permitida, e a mortalidade por turbina é reduzida ...
 - Parque offshore: ao dificultar a pesca, aumenta a probabilidade de sobrevivência (in Danish Off shore Wind – Key Environmental Issues)

Campo Eletromagnético (EMF) e Interferência Eletromagnética (EMI)

- EMF pode ser causado por alguns mecanismos:
 - Efeito de campo próximo;
 - Difração/ Sombra
 - Reflexão/dispersão (scattering);
 - Raios ...
- A EMI interfere:
 - Equipamentos, incluindo os da própria turbina
 - Comunicações
 - Radares
 - Saúde

Electromagnetic Interference on Large Wind Turbines, Electromagnetic Interference on Large Wind Turbines *Energies* 2009, 2, 1118-1129; doi:10.3390/en20401118

The Health Effects of Magnetic Fields Generated by Wind Turbines in <http://www.windrush-energy.com/update%20Jul%202024/Appendix%20D%20-%20Magnetic%20Field%20Survey/Magnetic%20Field%20Report.pdf>

Algumas consequências

Televisão

- As pás e a torre podem causar sombras (raras, às vezes as turbinas são colocadas sobre morros, e, no vale, a sombra prevalece);
- E pode e ser pior se houver movimento;
- Os ecos produzem “fantasmas”

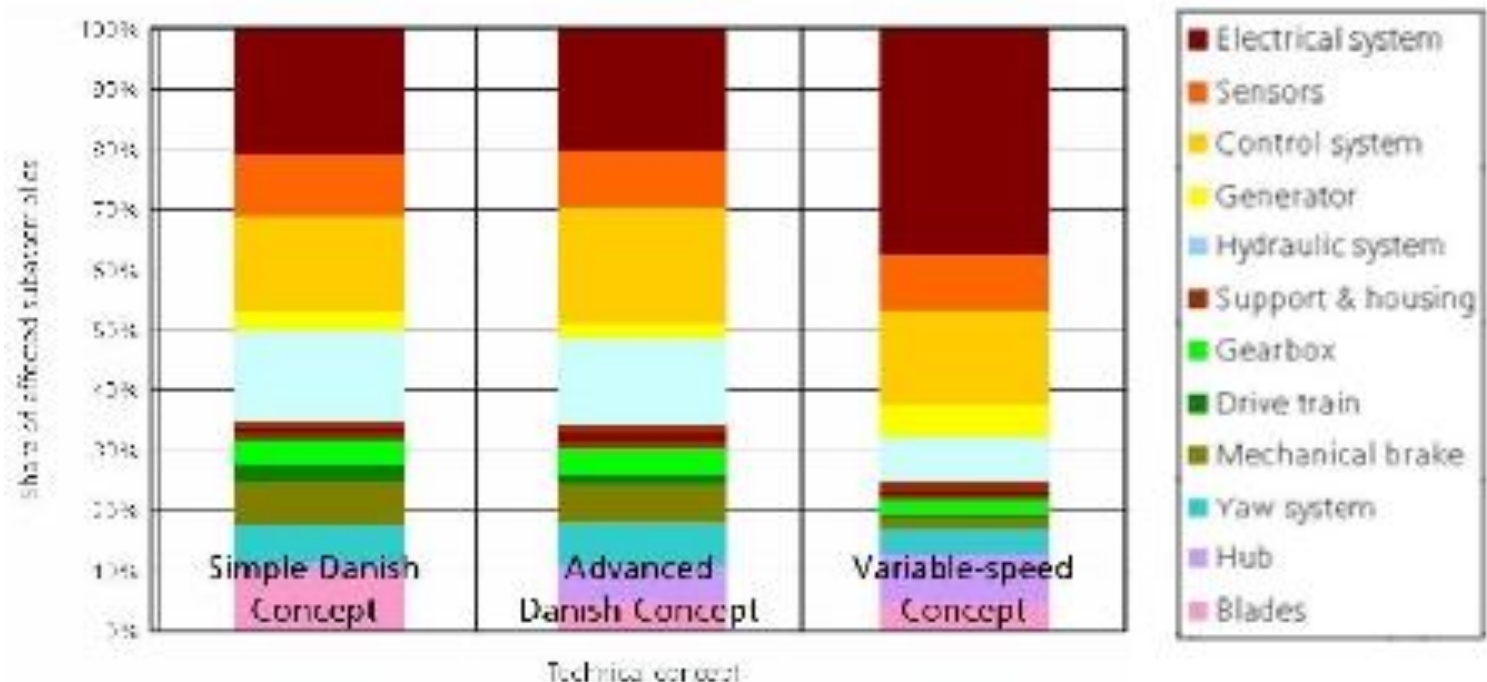


(in) Compatibilidade eletromagnética

- EMI causadas pelos campos gerados pelos equipamentos
 - Estes campos podem afetar equipamentos na proximidade da fonte (há normas de Compatibilidade entre equipamentos (CEM, EMC));
 - Podem afetar a saúde, mas são bem regulamentados;
 - Podem afetar a vida animal/vegetal mas há muito a se descobrir ... *

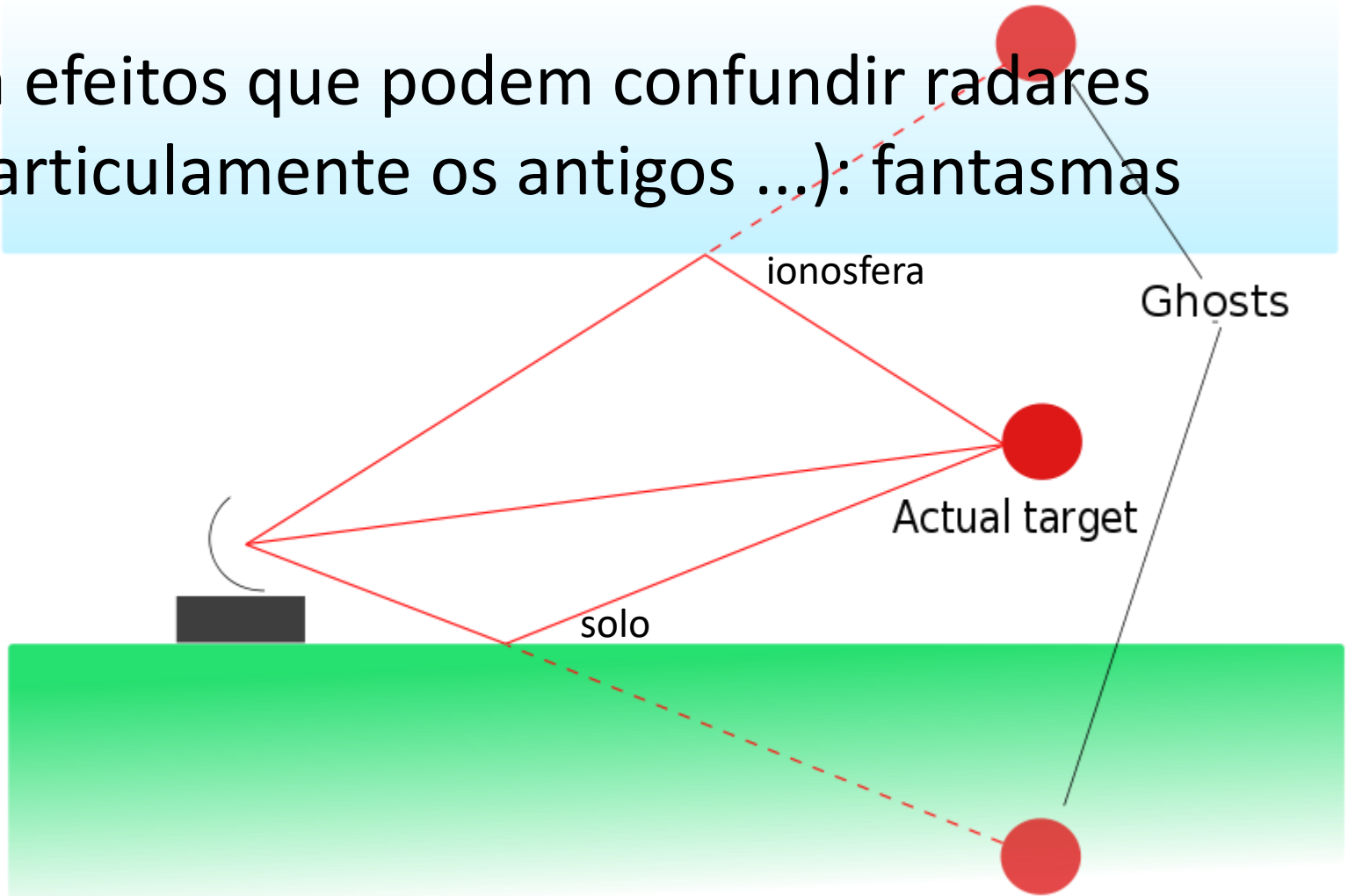
(in) Compatibilidade eletromagnética

- Falha em equipamentos elétrico em turbinas eólicas são mais frequentes em tecnologias propensas a mais EMI (velocidade variável)?*



Radares

- Há efeitos que podem confundir radares (particularmente os antigos ...): fantasmas



Radares

- A torre (muito visível pelo radar se for de metal) fica estática (o sistema elimina...)
- A nacelle (ou a parte interna, visível) fica praticamente estática;
- As pás (pouco visíveis) podem ser “vistas” à velocidade de aviões (principalmente as pontas, ora numa direção, ora na oposta ...). Várias em “série” podem aparecer como um piscar.
- E as reflexões podem impedir o funcionamento de softwares que eliminam sinais estáticos.

Radares

- Identificação de posição de avião
 - Rosa: posição correta do avião
 - Azul: quando o radar militar acertou
 - Amarelo: onde o radar militar achava que o avião estava



Figure 23. Commander AR327 - Type 101 air defense radar

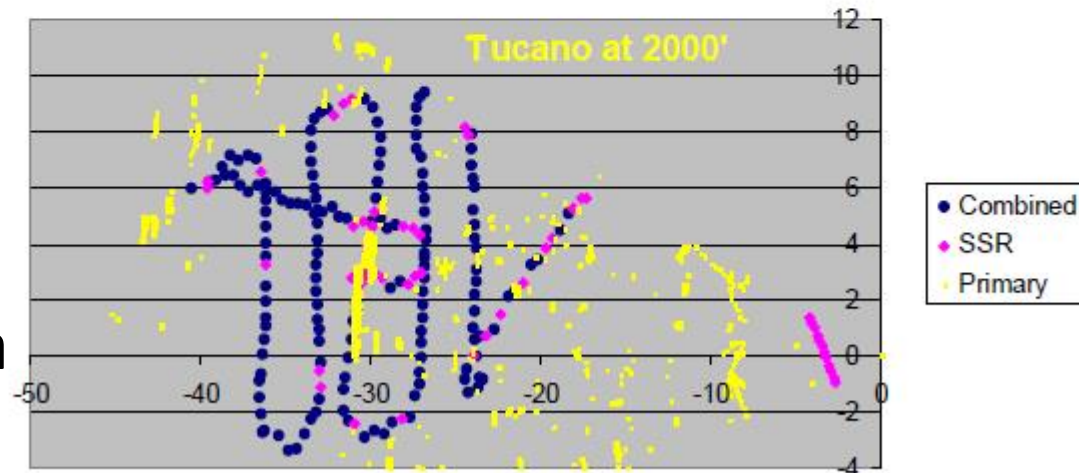
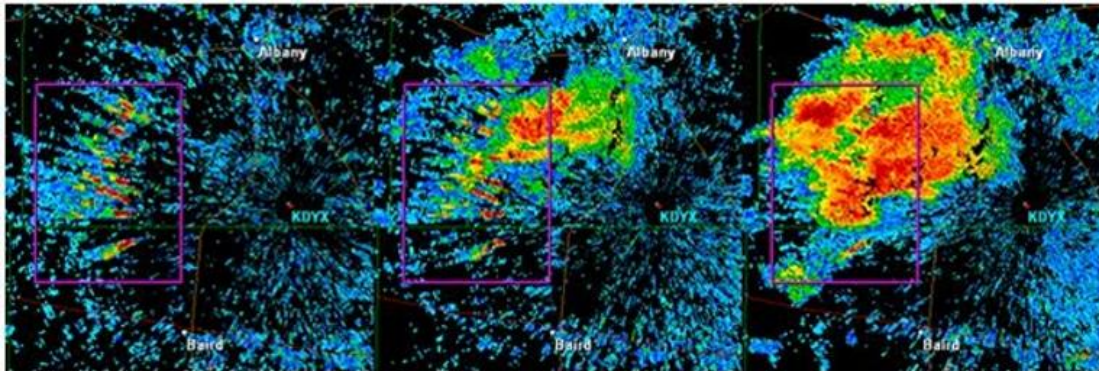


Figure 24. Example of data obtained during Fall 2004 flight trial

Radares

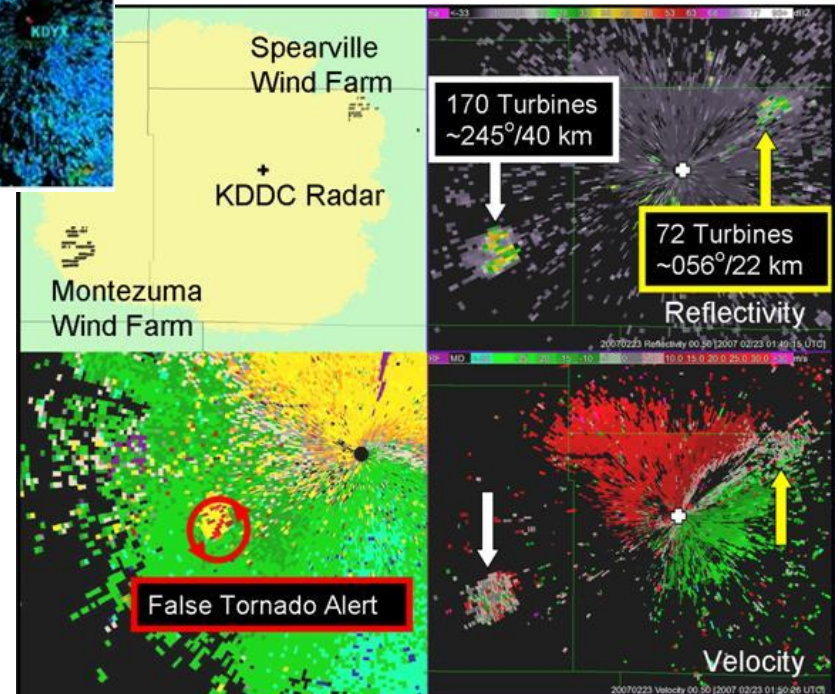
- Podem dificultar a identificação de situações climáticas.

Um sistema automático de detecção de tornados pode ser enganado.



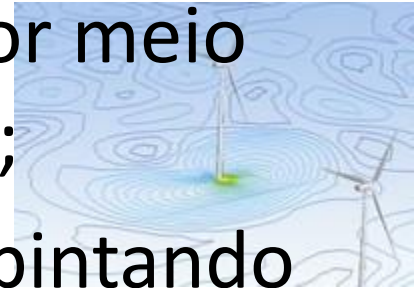
Tempestade se formando. No extremo esquerdo parece tempestade, mas é o parque eólico. No centro, o parque se mistura com a tempestade. À direita, a tempestade se sobressai, **finalmente**.

<http://www.roc.noaa.gov/wsr88d/WindFarm/TurbinesImpactOn.aspx?wid=dev>



Mitigação de riscos

- Projetando corretamente o parque, por meio de softwares de propagação de ondas;
- Projetando as turbinas, por exemplo, pintando com tintas não refletivas (“stealth turbines”*);
- Fazendo um estudo de compatibilidade eletromagnética;
- Atualizando os hardwares e softwares com ferramentas adequadas para filtrar os sinais indesejados, e, quase sempre, previsíveis (a partir da assinatura da turbina).



<http://www.esi-group.com/industries/energy-power/renewable-energies>

Impacto Visual

- Mudança na paisagem;
- Causa distração, ofuscamento;
- Sombras intermitentes incomodam muita gente (causa epilepsia? vários estudos mostram que o efeito é desprezível).
- E tem gente que acha feio. Ao menos todos acham alguma coisa, afinal é facilmente visível. Ao menos “on shore”.



Impacto Visual

- Offshore: Efeito no turismo, depende fortemente das estratégias de divulgação e da distância ...

Welfare estimates (euro/per week/per tourist) for every possible destination management scenario.
(típico EUR 212/week/tourist)

	No wind farm No environmental policy recreational activities	Coherent environmental policy at tourist resort	Reef and wind farm associated recreational activities	Coherent environmental policy & wind farm associated recreational activities
No wind farm	EUR 0,0	EUR 101,6	EUR 39,6	EUR 141,2
Wind farm 5 km offshore	- EUR 115,8	- EUR 14,2	-EUR 76,1	EUR 25,4
Wind farm 8 km offshore	- EUR 52,9	EUR 48,6	-EUR 13,3	EUR 88,3
Wind farm 12 km offshore	EUR 4,3	EUR 105,9	EUR 43,9	EUR 145,5

Mitigando os danos

- Qual é o parque mais bonito? E o mais feio?

a)



b)



d)



c)



e)



f)



g)



Mitigando os danos

Seja um bom vizinho

- Mantenha-as funcionando, afinal, se elas estão lá, devem ser úteis;
- Garanta uma uniformidade estética:
 - Projete as turbinas de forma proporcional (torre, nacelle, pás)
 - Distribua o parque de forma homogênea (imagem repetitiva: equidistantes, mesmo tipo de turbina);
 - Use grandes áreas, evitando grandes concentrações de turbina;
 - Enterre linhas de transmissão;
 - Evite deixar as nacelles abertas.
- Mantenha o público informado:
 - Solicite participação do público na escolha do local de instalação;
 - Informe o público das vantagens do parque;
 - abra para visitação.

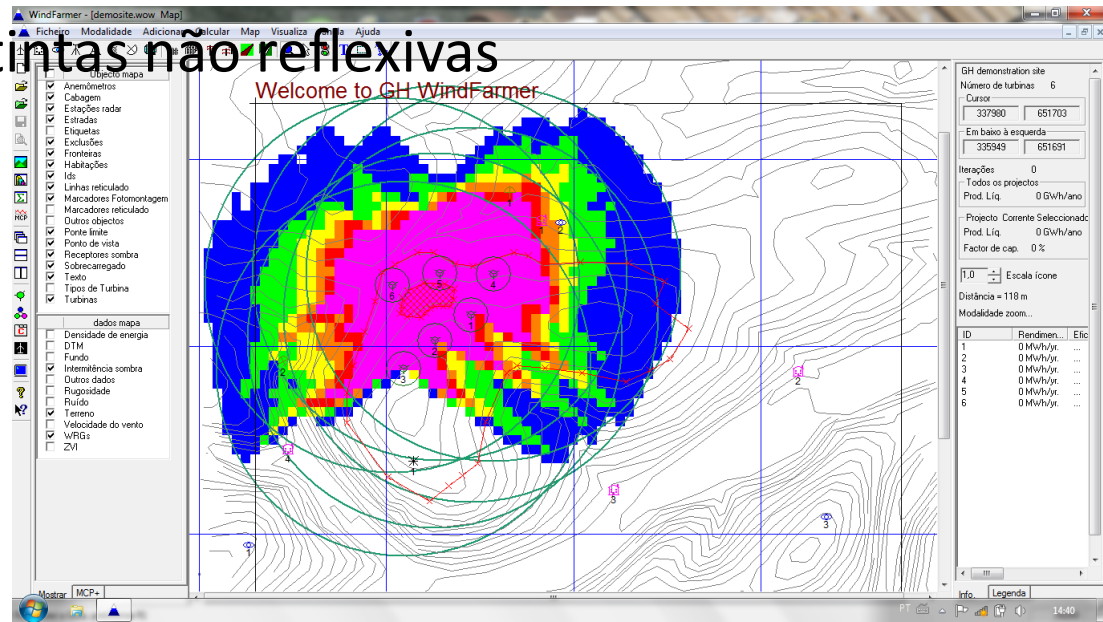
Mitigando os danos

Seja um bom vizinho

- Harmonize estruturas com o ambiente local:
 - Construções de apoio (subestações, casas etc.) devem seguir o estilo da região ou usar materiais adequados (pedras, cores etc.);
 - Pintura deve ter cor adequada à região, evitando contrastes com o ambiente (castanho claro para ambientes áridos(?), cinza claro para climas mais temperados(?) verde(?));
 - Evite tentativa de camuflagem, as turbinas são grandes demais;
 - Evite luzes à noite (torres, subestações);
- Mantenha tudo limpo:
 - Faça controle de erosão;
 - Evite placas;
 - Limpe vazamentos de óleo, particularmente se a torre for branca ...
 - Garanta depósito seguro de lixo etc;
- Design as if People Matter: Aesthetic Guidelines for the Wind Industry, Paul Gipe [In http://www.wind-works.org/articles/design.html](http://www.wind-works.org/articles/design.html), consultado em 11/2012

Sombras piscantes e cintilação

- A sombra é intermitente, e é uma reclamação comum das pessoas que moram perto. Há também o problema de reflexão da luz nas pás.
- Mitigando o dano:
 - Projete a distribuição de turbinas de forma adequada;
 - Pinte as pás com e tintas não reflexivas



Saúde

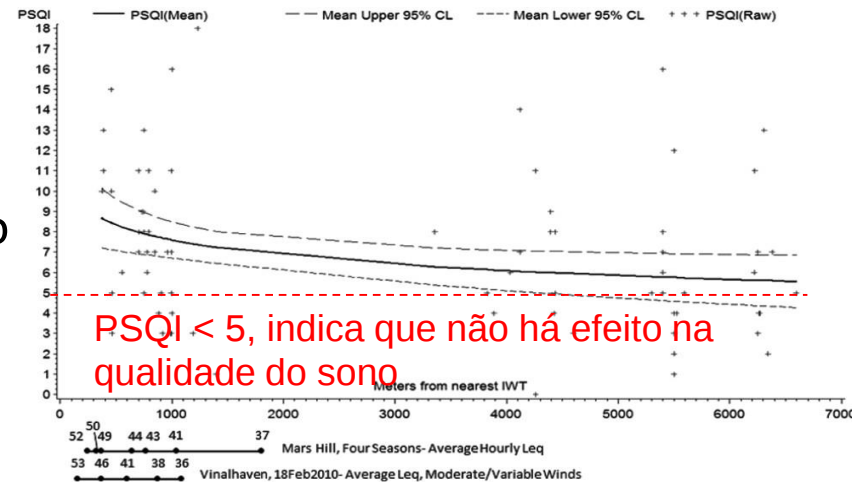
- Dermatitis na fabricação (fibras de vidro).
- Acidentes (em todo o processo produtivo)
 - assustam...
 - e podem machucar ... Gelo pode ser atirado a 200 m.
- Distúrbio no sono, depressão ...



Vestas turbine failure following lightning strike July 2, 2009 <http://www.lr-online.de>, **flew 150 meters** through the air landing about 50 meters from federal highway Nr. 169. No one was injured. The approximately 40 meter blade broke several trees as it cut a track through the forest. The blade showed signs of lightning damage. The turbine was a **Vestas V80- 2MW with a height of 140 meters**.

Saúde

- Há trabalhos que mostram que há efeitos na saúde.
 - Provavelmente ligado ao ruído;
 - Há efeito do medo da redução do preço da terra no sono e do impacto visual na percepção do ruído ...
 - Por outro lado, há também efeito do aumento da renda (e redução do preço da eletricidade) na saúde e na percepção do ruído.



Transporte



- Problema

- Milhares de pás vão circular pelo NE nos próximos 2 anos (estradas)

- Ruas devem ser construídas até locais remotos

- São leves para nossas estradas. Mas pode exceder o peso máximo.

- Ocupam 2 pistas;

- E obstáculos? Fios, rotatórias etc.

- Mitigando o risco

- Construir na região que serão instaladas

- Trens, navios?

- Zeppelin?



Aracati - Ceará



Eólicas no Ceará

“Para conhecer a situação atual do local após a instalação e início das operações dos parques eólicos em Beberibe, a Tractebel Energia foi até a comunidade e **entrou em contato com a população** para descobrir como estavam convivendo com a nova realidade. E, a partir de um depoimento de **Hélio Nascimento**, presidente da **Associação de Bugueiros de Beberibe**, com mais de 300 associados, foi possível conhecer **a influência positiva que a vista dos aerogeradores** trouxe para os bugueiros. **Turistas de todos os lugares do mundo**, acostumados com a produção de energia eólica em seus países, aprovam a prática e gostam de tirar fotografias e chegar perto para ver as torres. Os bugueiros estão animados com as novidades! ”

[In http://eolicastrairi.com.br](http://eolicastrairi.com.br)



Eólicas no Ceará

“Dunas são degradadas no Trairi” (Melquíades Jr.) In

<http://diariodonordeste.globo.com/materia.asp?codigo=1125733> 24/10/2012

- "Queremos deixar claro que nós não somos contrários à energia eólica (...). O que somos contra é a forma como a usina eólica está sendo instalada, degradando o meio ambiente, afetando o ecossistema e prejudicando os trabalhadores do turismo local", afirma Gláucia Sena, líder comunitária.
- "A gente nunca teve seca, pois sempre existiram os lagos. Porque instalar as eólicas em cima das dunas, não poderia ser em outro lugar? Aqui mesmo existem áreas mais altas, como as matas de tabuleiro", lamenta a líder comunitária Gláucia Sena.
- Aterrar lagoas? Terraplanar dunas? Poluição sonora? Fechar acessos da população? Prejudicar turismo? Afastar pássaros? Arqueologia local?
- Fechar canais de água com estradas modifica o estuário/mangue.



<http://g1.globo.com/ceara/noticia/2011/11/moradores-de-trairi-ce-questionam-instalacao-de-parque-eolico-na-regiao.html>



Outros

- Problemas fundiários:
 - De quem é o terreno?
 - Privatização de dunas e praias
- Interferência no local:
 - Dunas móveis são “estacionadas”
 - Estradas são construídas sobre as dunas
 - Dunas movem-se devido à modificação dos ventos, aterrando lagoas
- variação do preço da terra, desapropriações etc.) e efeito NIMBY (“not in my back yard!”)

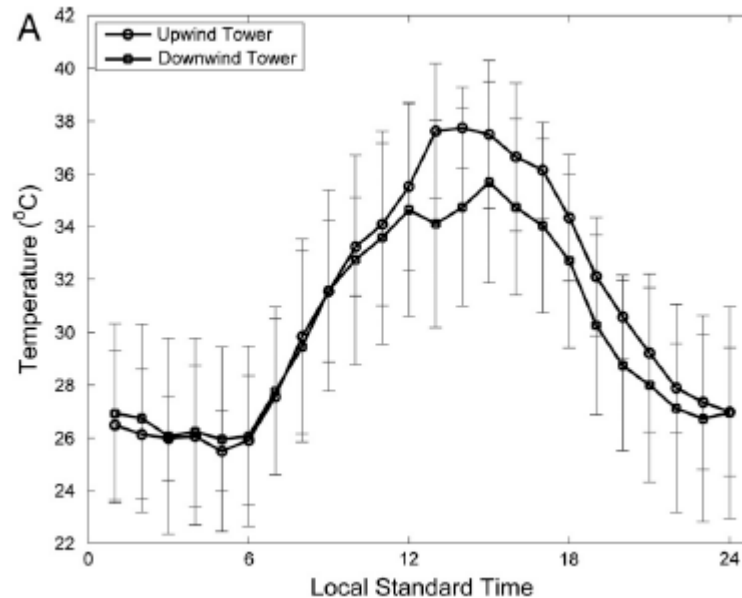
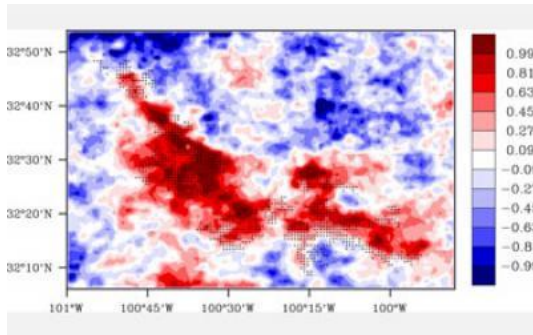


Impacto na temperatura

- Local
- Global, o que aconteceria com o clima se toda a energia necessária hoje viesse da energia eólica?

Aquecimento local

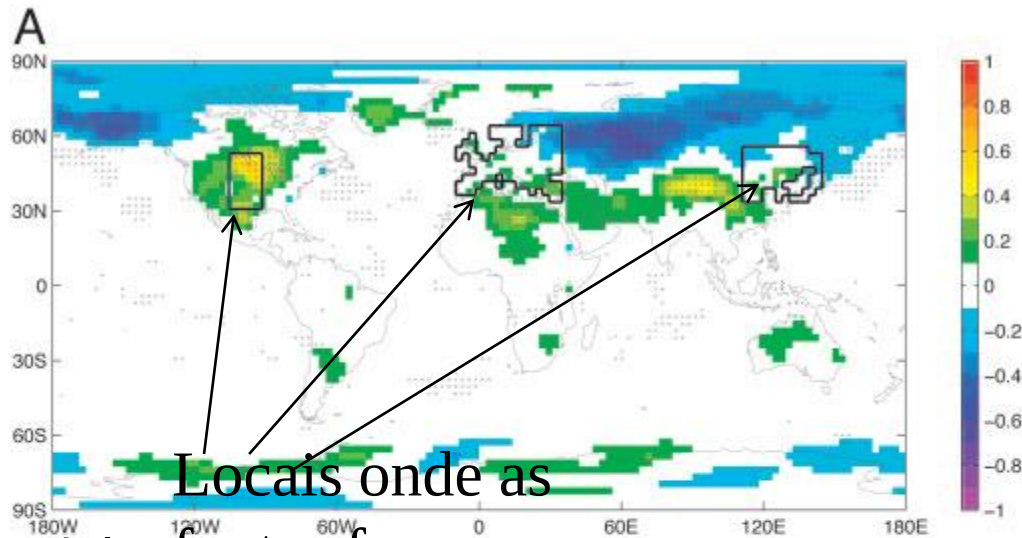
- “According to Roy, the nocturnal warming effect could offer farmland some measure of **frost protection** and may even slightly **extend the growing season**. ”



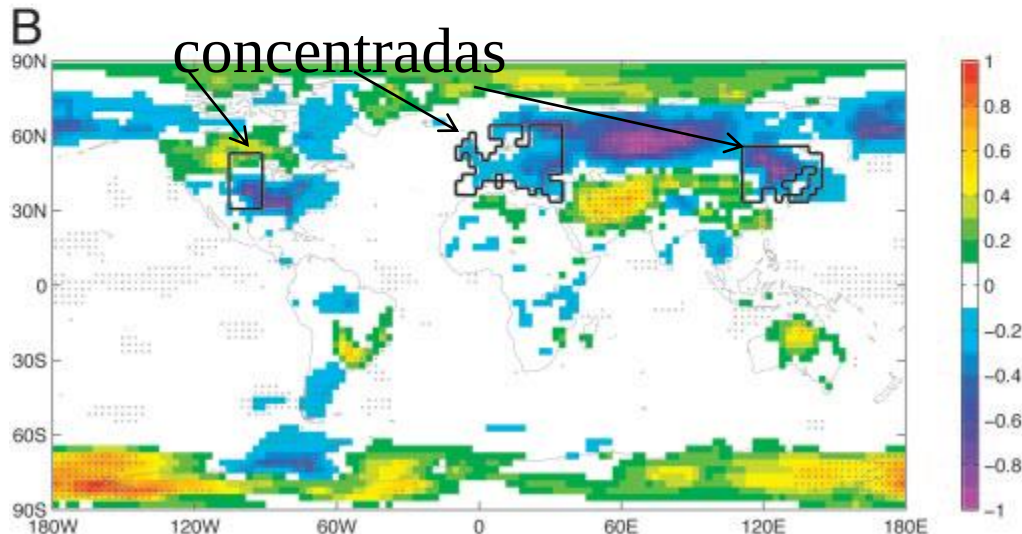
Impacts of wind farms on surface air temperatures, Somnath Baidya Roy and Justin J. Traiteur, PNAS | October 19, 2010 | vol. 107 | no. 42 | 17899–17904
Nature Climate Change 2, 539–543 (2012) doi:10.1038/nclimate1505 <http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n7/extref/nclimate1505-s1.pdf>

Aquecimento Global

modelo



modelo fontes foram concentradas



- Maiores efeitos devem ser causados pela troca de fonte de energia ...

Valores médios no ano:

-Global: não mudam

-Local: aquecem ou esfriam

The influence of large-scale wind power on global climate

David W. Keith, Joseph F. DeCarolis, David C.

Denkenberger, Donald H. Lenschow, Sergey L. Malyshev,

Stephen Pacala, and Philip J. Rasch

in www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0406930101

Maior mina de Terras Raras do mundo

O ímãs de terras raras são importantes para as novas tecnologias eólicas, mas ...

- 85 a 90 % da produção mundial

RARE-EARTHS: FROM THE EXTRACTION TO THE APPLICATION

Marcos Flavio de Campos, José Adilson de Castro in *2015 SUSTAINABLE INDUSTRIAL PROCESSING SUMMIT* Volume 3: Takano Intl. Symp. on Metals and Alloys FLOGEN 2015



Maiores reservas mundiais	10 ⁶ ton
China	55
Brasil	22
Austrália	3,2
India	3,1
EUA	1,8

Busquem referências que tratam o problema ambiental da energia eólica:

- **Caithness Windfarm information Forum:**
<http://www.caithnesswindfarms.co.uk/index.htm>
- **Energia eólica e os desafios socioambientais** Por Heitor Scalabrini Costa, in
<http://www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/energia-eolica-e-os-desafios-socioambientais/> de 12.01.2016 consultado em nov/2017

Algumas ideias para mitigar os efeitos nas aves e morcegos

<http://www.birdlife.org/worldwide/policy/technology-design-shut-down-demand>

1. [MSB Wind Farm guidelines](#): provides guidelines on various mitigation actions for wind energy developments pp.3-4
2. [MSB Power Line guidelines](#): provides guidelines on various mitigation actions for power line developments p.4
2. [CMS Renewable energy technology guidelines](#): provides guidelines on wind farm configuration pp.54-56
3. [EUROBATS](#): provides guidelines various mitigation measures that can be applied to bats pp.40-51
4. [MSB Shutdown on demand](#): provides a review and guidance on the use of “shutdown-on demand” for wind turbines to conserve migrating soaring birds in the Rift Valley/Red Sea Flyway
5. [BESTGRID project handbook](#): Shows examples of possible power lines mitigation measures and their feasibility p.14