

# O Aproveitamento do Potencial Eólico Sustentável em Portugal

A Fase pós-Kyoto (2012 a 2020):  
Energia Eólica em Ambiente Urbano e Construído.

Ministério da Economia e Inovação  
INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, I.P.

Ana Estanqueiro  
Domingos Correia  
18 de Outubro de 2006

INETI

## Objectivo

Aproveitamento máximo do potencial eólico e renovável em Portugal mantendo a qualidade de operação do sistema electroprodutor, a segurança da sua gestão e os custos nacionais no domínio da produção de energia dentro de limites economicamente exequíveis.

## Valor

Para o País:	aumentar o share de renováveis e auxiliar o cumprimento das metas 77/2001/CE (39% FER), contribuir para a diminuição emissões (Kyoto), reduzir a dependência energética externa e equilibrar a balança comercial.
Para a Gestão do Sistema:	optimizar o despacho da produção renovável (DGS), diminuir fluxo de energia transmitida e perdas na rede diminuir custos operacionais do sistema
Para os Produtores/Consumidores	contribuir para um futuro sustentável, diminuir factura energética, desenvolver um nicho de mercado na área da microgeração.

slide 2 de 49

INETI

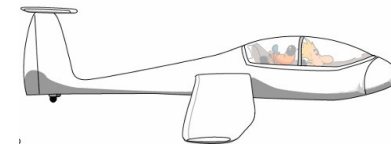
## A tecnologia

slide 3 de 49

INETI

## A tecnologia: Como funciona?

- Para perceber o funcionamento de uma turbina é necessário saber...

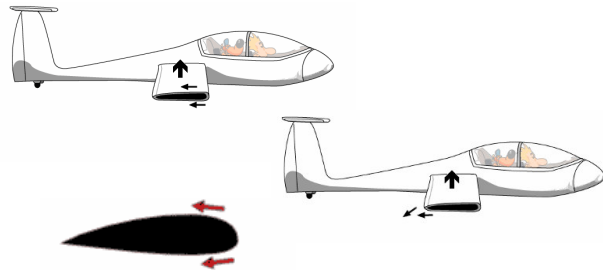


...porque não caem os aviões?

slide 4 de 49

INETI

**Os aviões recorrem a forças...**

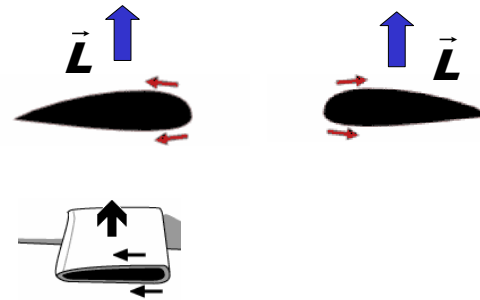


**...com origem na configuração aerodinâmica das asas**

slide 5 de 49

INETI

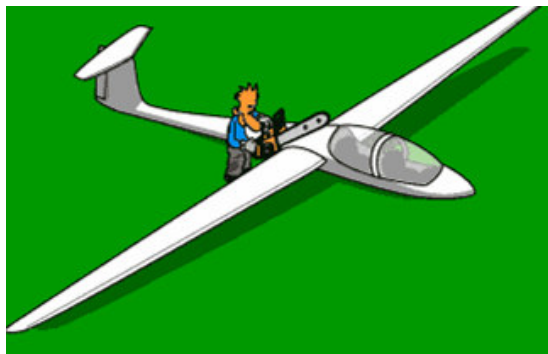
**...chamadas forças de sustentação:**



slide 6 de 49

INETI

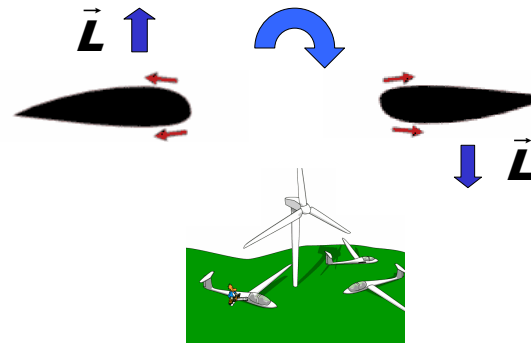
**Se cortarmos a asa de um avião...**



slide 7 de 49

INETI

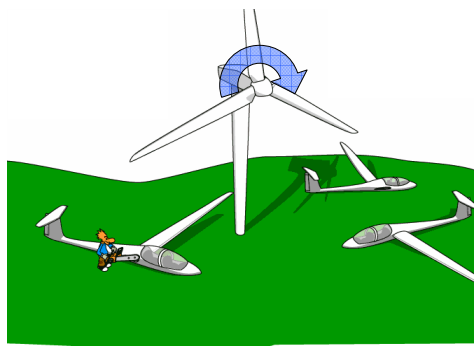
**...e a montarmos invertida:**



slide 8 de 49

INETI

## obtemos uma turbina eólica!



slide 9 de 49

INETI

## O contexto técnico-legal

slide 10 de 49

INETI

## Legislação de Base

### 18 Anos de legislação para produção independente de energia eléctrica (PRE)

#### 1º Pacote legislativo:

- Dec.-Lei 189/88
  - Capacidade limitada a 10 MVA. Não há caducidade da "reserva de potência"

#### Actualizações

- Dec.-Lei 313/95
  - Retira-se a limitação à capacidade. Introdução do conceito de "produtor de reactiva"
- Dec.-Lei 168/99
  - Introdução da caducidade da reserva de potência e de pressupostos tecnológicos.

#### 2º Pacote legislativo:

- Dec.s-Lei 312/01 e 339-C01
  - Introdução dos PIP's e novo tarifário.
- Dec.-Lei 68/02
  - Introdução do conceito de "produtor/consumidor" limitado a 150 kW e BT

#### Actualização:

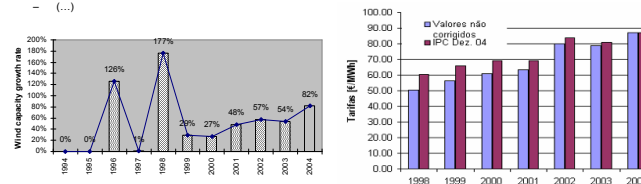
- Dec.-Lei 33-A/05 (16 Fevereiro 2005)
  - .....

slide 11 de 49

INETI

## Impactos da Legislação

- Dec.-Lei 189/88
  - Perfeitamente adequado ao estado de evolução tecnológica e economia dos projectos de mini-hídricas e co-geração. 10 MVA não são problema à data. Não existência de caducidade da "reserva de potência" introduz problemas que ainda hoje se sentem.
- Dec.-Lei 313/95
  - Prever PPA para projectos >10MVA não teve impacto prático. Tarifário não fomenta o desenvolvimento de parques eólicos. Problemas técnicos muito graves com tg phi=0.4
- Dec.-Lei 168/99
  - Introdução da caducidade da reserva de potência (não retroactiva). Problemas mantêm-se. Leve actualização nas tarifas.
- Dec.s-Lei 312/01 e 339-C01
  - Introdução dos PIP's e novo tarifário. Dá-se o "boom" da eólica em Portugal
- Dec.-Lei 68/02
  - Conceito de produtor/consumidor quase sem aplicação prática (!). Porquê as limitações (150 kW e BT)?
- Dec.-Lei 33-A/05
  - (...)



slide 12 de 49

INETI

## As vantagens e desvantagens da eólica...

### Desvantagens das centrais eólicas face às centrais convencionais (T+H):

- **Fonte flutuante de produção dificilmente previsível**
  - **Dá garantia de energia (à escala anual)**
    - A variabilidade intra-anual é elevada mas a variabilidade inter-anual é inferior a 25% (muito menor que a hídrica);
- **É dificilmente despachável e pouco controlável**
  - **Para o gestor da rede as piores centrais são as não reguláveis.**
    - Contribuem só para a produção de base: e.g. centrais renováveis (excluindo hídrica c/albufeira) e nucleares
- **Não dá garantia de potência (ou dá muito pouca)**
  - Logo não dispensa a instalação de novas centrais reguláveis
  - Ou então requer uma criteriosa (e difícil...) gestão de produção/consumo (why not?).

slide 13 de 49

INETI

## As vantagens e desvantagens da eólica...

### Vantagens:

- **Permite diminuir as emissões de CO<sup>2</sup> na geração de energia eléctrica;**
  - Cerca de 34% com 3750 MW instalados e 40% com 4500 MW
    - indexado à produção de energia eléctrica via centrais térmicas de 2004
- **Contribui fortemente para a diminuição da dependência energética (vertente electricidade...);**
- **É muito competitiva quando todos os custos das outras formas de energia são internalizados;**
- **Permite distribuição de riqueza em zonas carenciadas;**
  - e acrescenta valor a áreas até agora sem qualquer perspectiva de desenvolvimento económico.
- **Os investimentos são exclusivamente do sector privado.**

slide 14 de 49

INETI

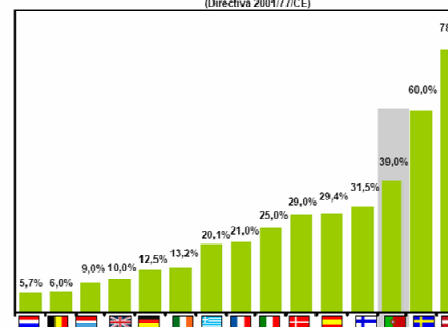
## A situação actual (Maio 2006)

slide 15 de 49

INETI

## The RES objectives within Europe (2001/77/CE Directive)

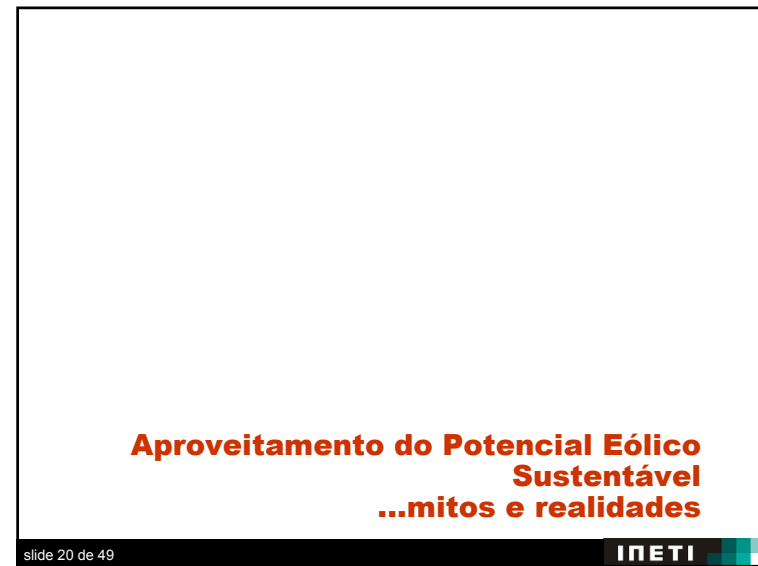
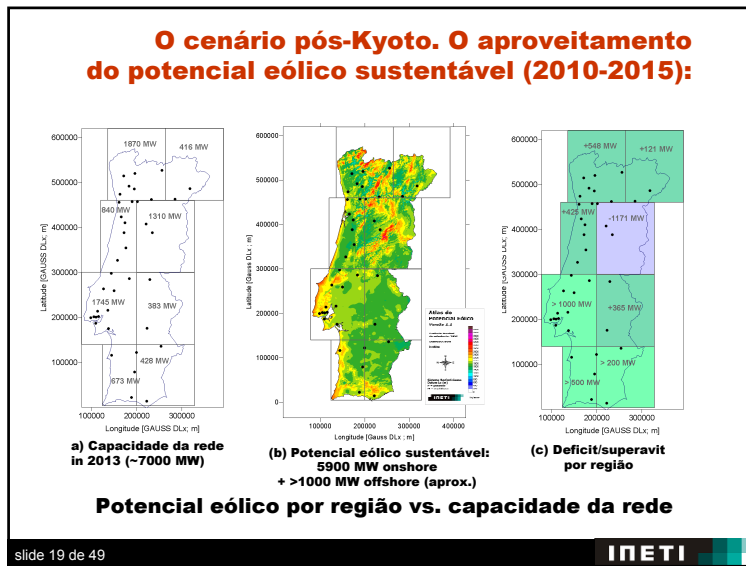
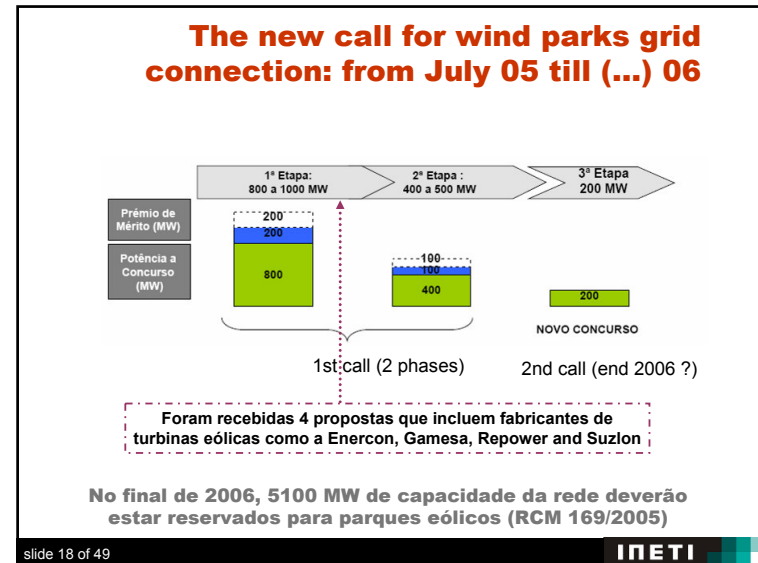
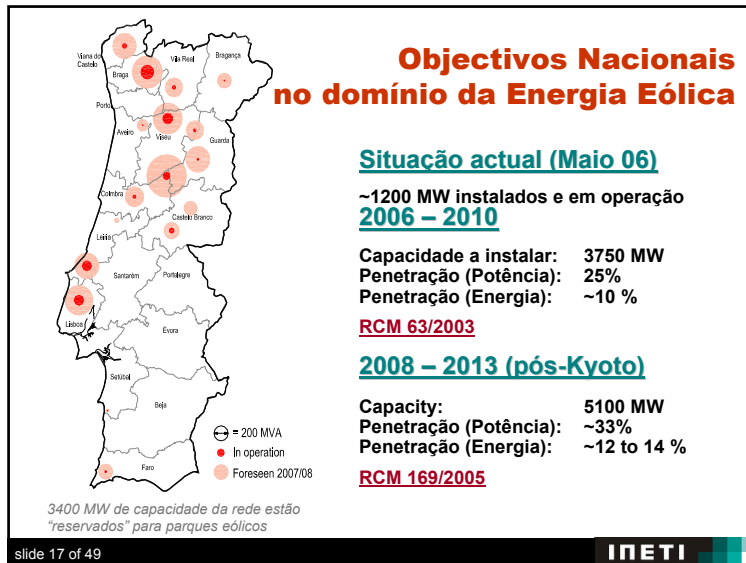
Objectivos de Renováveis para 2010  
(Directiva 2001/77/CE)



**39% of consumed electric energy must come from renewables: a share > 12 % from wind is needed!**

slide 16 of 49

INETI



## O que falta(va) fazer [Out.2004]...

- A) Previsão da produção eólica em Portugal continental;
- B) Monitorização (despacho económico) da produção por “clusters eólicos”;
- C) Planeamento realista da integração de parques eólicos na rede
- D) Estudo da compatibilidade de produção hídrica/eólica. Armazenamento ER e gestão consumos
- E) Definição de novas áreas de I, D&D: Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos e Construídos
- F) Análise de Viabilidade de Parques Eólicos “Offshore”

slide 21 de 49

INETI

## E. Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos e Construídos...

slide 22 de 49

INETI

## Novas áreas de I, D&D: Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos

### Legislação de base:

- Dec.-Lei produtor/consumidor
- Dec.-Lei 68/02

### Exige:

- A. Caracterização do potencial eólico nas áreas construídas
  - Tecnicamente difícil (ou melhor dizendo, “challenging”);
- B. É possível em articulação com as Agências Regionais de Energia;
  - já está a ser feito em alguns concelhos e zonas do país;
  - avaliação custos, retribuições e mais valia nacional.
- C. Eficiência das turbinas eólicas adequadas a ambientes construídos é mais baixa
  - tipicamente mais adaptado a VAWT ou soluções inovadoras;

slide 23 de 49

INETI

## Novas áreas de I, D&D: Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos

### O que se pode obter?

- Edifícios e áreas urbanas energeticamente sustentáveis;
- Contribuição para a diminuição da carga e das perdas eléctricas na rede de transmissão e distribuição;
  - i.e. dos custos operacionais do sistema
- Forte contribuição para a sustentabilidade do sector dos edifícios;
- Desenvolvimento da indústria nacional num “nicho tecnológico”
  - “a big business for small turbines” ?
- Diminuição da factura energética dos edifícios.

slide 24 de 49

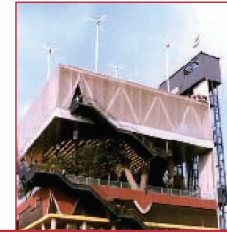
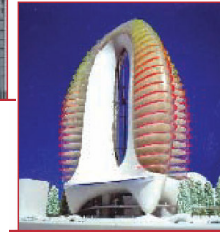
INETI

## Os projectos futuristas...

slide 25 de 49

INETI

## Novas áreas de I&D: Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos



slide 26 de 49

INETI

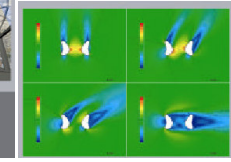
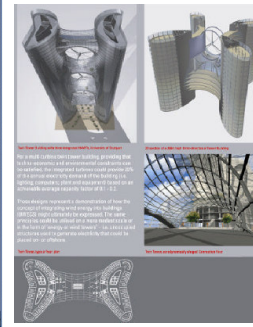
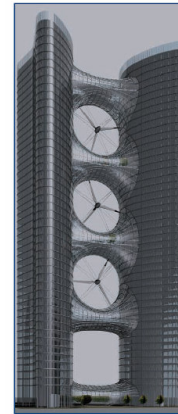
## Novas áreas de I&D: Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos



slide 27 de 49

INETI

## Novas áreas de I&D: Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos

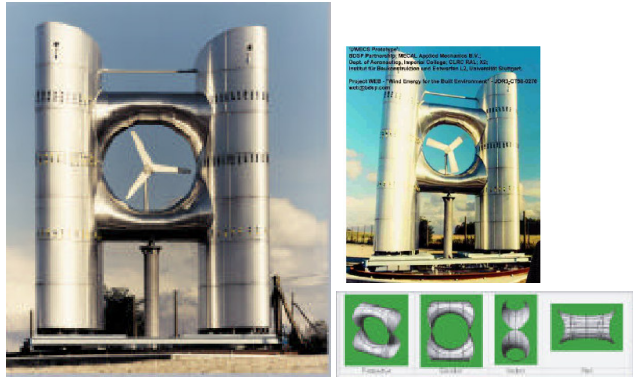


slide 28 de 49

INETI



## Novas áreas de I&D: Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos



slide 29 de 49

INETI

## Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos: futuro ou presente?

### Freedom Tower

"In December of 2003, architectural firm Skidmore, Owens and Merrill ("SOM") announced that wind turbines would be used to generate 20 percent of the Freedom Tower's electrical power. Topping a 73-story base that will include offices and retail space, a lacy spire of tension cables has been designed to house the turbines. Because of the air turbulence normally created by tall buildings in urban landscapes, wind turbines are not typically used in large projects of this kind. But the sheer height of the Freedom Tower - 1,776 feet - will enable it to overcome the problem by literally rising above it. This will be the world's first use of alternative power in a building of this scale. The wind turbine concept was developed by SOM in collaboration with Battie McCarthy Consulting Engineers & Landscape Artists.

### Wind Turbine Facts



The average wind speed at the Tower's location is about 21-miles-per-hour

- The prevailing wind direction is from the northwest, and will reach the turbines unimpeded from across the Hudson River
- The turbines will be designed to produce over 2.6 million kilowatt hours of green electricity per year - enough energy for a thousand homes - meaning that the turbines will provide power to the building at least 40 percent of the time!



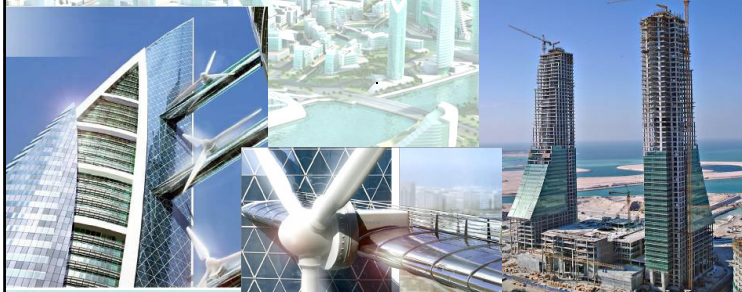
LMDC  
Lower Manhattan  
Development Corporation

slide 30 de 49

INETI

## Bahrain 2006, Eólica de grande escala integrada em Ambiente Urbano

- Edifício projectado para integrar diversos aerogeradores com rotor de grande dimensão
- 11 a 15 % do consumo eléctrico do edifício



slide 31 de 49

INETI

## ... e a realidade nos Aproveitamentos Eólicos em Ambiente Urbano (2006)

slide 32 de 49

INETI



### Aerogeradores Multimegawatt vs micro eólica



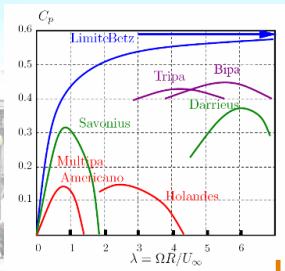
- O investimento na otimização aerodinâmica e eficiência na produção eléctrica chega mais tarde às pequenas turbinas.
- Economia de escala ainda não se faz sentir no custo das turbinas eólicas de baixa potência.




slide 33 de 49

INETI

### HAWT vs VAWT

slide 34 de 49

INETI

### Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos: Um problema ou “um desafio”?

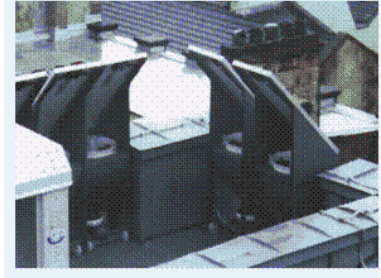
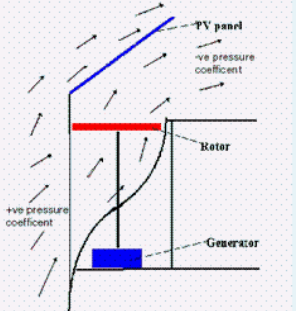
Zona de forte turbulência e efeitos 3D não desprezáveis



slide 35 de 49

INETI

### Novas áreas de I, D&D: Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos

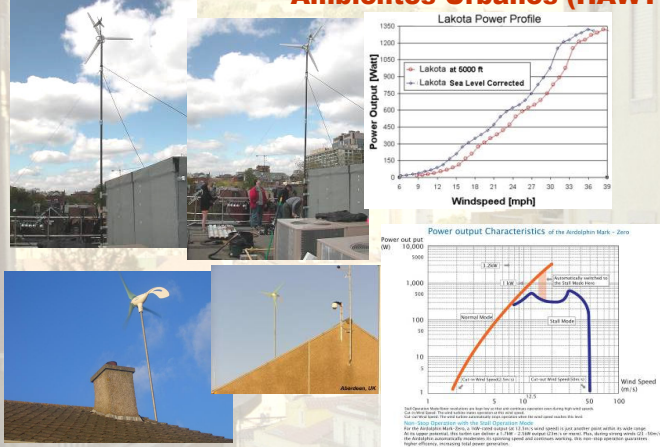



Aplicações integradas em edifícios (Solar térmica, PV, eólica, outras)

slide 36 de 49

INETI

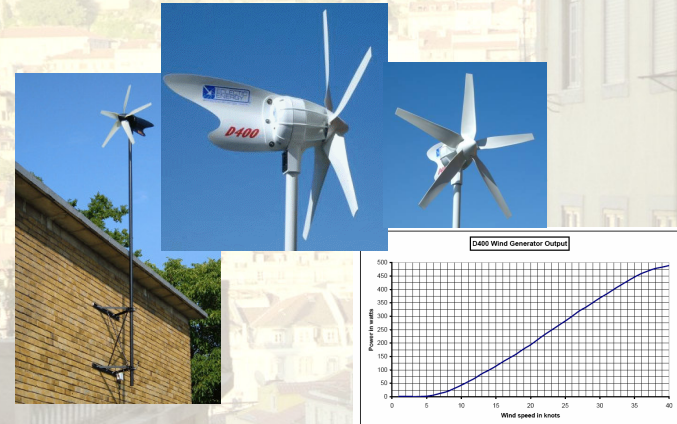
## Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (HAWT)



slide 37 de 49

INETI

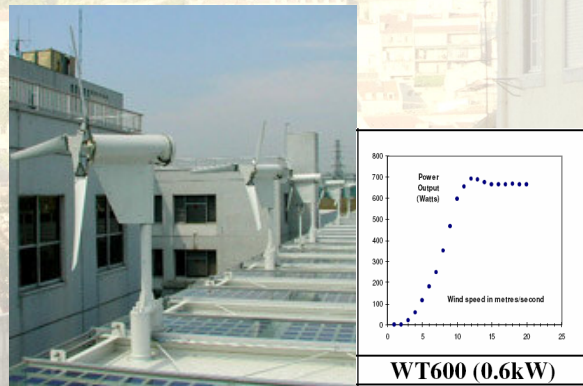
## Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (HAWT)



slide 38 de 49

INETI

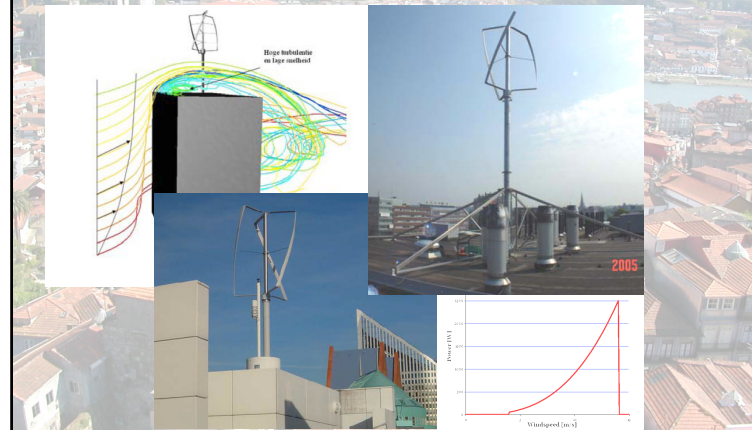
## Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (HAWT)



slide 39 de 49

INETI

## Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (VAWT)



slide 40 de 49

INETI



### Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (VAWT)

**Rotor diameter:** 1990 mm  
**Length:** 5 m.  
**Mass:** 1500 kg  
**Nominal capacity:** 2 kW  
**Yearly production :** 1500-4500 kWh/yr dependent on wind and location

slide 41 de 49

INETI

### Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (VAWT)

Wind Speed (m/s)	Power Output (W)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	0
29	0
30	0
31	0
32	0
33	0
34	0
35	0
36	0
37	0
38	0
39	0
40	0
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0
51	0
52	0
53	0
54	0
55	0
56	0
57	0
58	0
59	0
60	0
61	0
62	0
63	0
64	0
65	0
66	0
67	0
68	0
69	0
70	0
71	0
72	0
73	0
74	0
75	0
76	0
77	0
78	0
79	0
80	0
81	0
82	0
83	0
84	0
85	0
86	0
87	0
88	0
89	0
90	0
91	0
92	0
93	0
94	0
95	0
96	0
97	0
98	0
99	0
100	0

slide 42 de 49

INETI

### Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (VAWT)

The vertical axis turbine is a type of wind turbine that is designed to capture the wind from any direction without the need for a yaw drive. It is typically used in urban environments where the wind direction is unpredictable. The turbine consists of a vertical shaft with a rotor that has three blades. The blades are curved and have a swept-back design. The rotor is mounted on a vertical shaft that is supported by a tower. The tower is typically made of steel and has a diameter of 3m. The height of the tower is 5m. The turbine is designed to operate in wind speeds of 3-14 m/s. The nominal power output is 2 kW. The yearly production is 1500-4500 kWh/yr.

slide 43 de 49

INETI




### Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (VAWT)

The vertical axis turbine is a type of wind turbine that is designed to capture the wind from any direction without the need for a yaw drive. It is typically used in urban environments where the wind direction is unpredictable. The turbine consists of a vertical shaft with a rotor that has three blades. The blades are curved and have a swept-back design. The rotor is mounted on a vertical shaft that is supported by a tower. The tower is typically made of steel and has a diameter of 3m. The height of the tower is 5m. The turbine is designed to operate in wind speeds of 3-14 m/s. The nominal power output is 2 kW. The yearly production is 1500-4500 kWh/yr.

slide 44 de 49

INETI

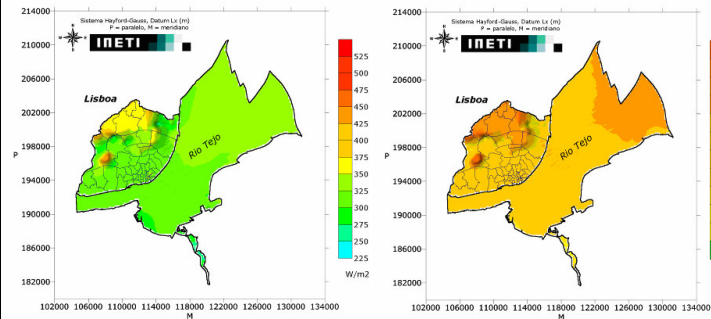
## Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (VAWT)

Turbina	características	peso
	<p><b>Diâmetro</b> 1.99 m</p> <p><b>L</b> 5 m</p> <p><b>potência</b> 2 kW</p> <p><b>V(cut in)</b> 3 m/s</p> <p><b>Vmax</b> 60 m/s</p>	1500 kg
	<p><b>Diâmetro</b> 3.3 m</p> <p><b>Potência</b> 2.5kW</p> <p><b>V(cut in)</b> 4 m/s</p> <p><b>Vmax</b> 55m/s</p>	~430 + ~100 kg (suporte)
	<p><b>Diâmetro</b> 3.3 m</p> <p><b>Potência</b> 2.5kW</p> <p><b>V(cut in)</b> 4 m/s</p> <p><b>V(cut out)</b> 14 m/s</p> <p><b>Vmax</b> 55m/s</p>	136 + 235 kg (suporte 5m)

slide 45 de 49

INETI

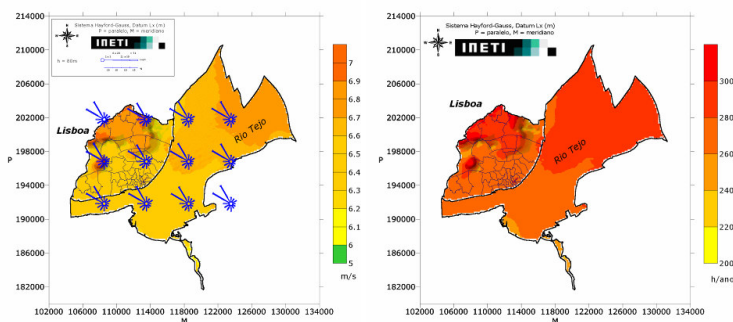
## Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos: O caso de Lisboa (1)



slide 46 de 49

INETI

## Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos: O caso de Lisboa (2)



slide 47 de 49

INETI

## Trabalho presente e futuro

### Aerogeradores de baixa potência

- Estudo e desenvolvimento de da eficiência aerodinâmica das pás de turbinas eólicas de baixa potência
- Desenvolvimento de sistemas de produção e controlo mais eficientes
- Aproveitamento de competência técnicas e estímulo à produção nacional e PME's
  - **Metalurgica/metalomecânica**
    - Veios, e estrutura da nacelle
  - **Moldes**
    - Pás, envolvimento da nacelle
  - **Eléctricidade/electrónica**
    - Gerador
    - Componentes de controlo

slide 48 de 49

INETI

**E há ainda os Parques Eólicos Offshore...**

Slide final

**INETI** 