

# **Energia Eólica em Ambiente Urbano e Construído**

***Tecnologias Eficientes e Integráveis no Edificado:  
um desafio ao “business as usual” no sector da  
construção...***

LisboaEnova, Workshop -Desafios no Sector da Construção

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

Ana Estanqueiro  
11 de Abril de 2007

## 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 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, contribuir para diminuição emissões (Kyoto e pós-Kyoto), reduzir a dependência energética externa.

Para a  
Gestão do Sistema:

aumentar o valor das fontes renováveis, diminuir fluxo de energia na transmissão e perdas, diminuir custos operacionais do sistema.

Para os Produtores/  
Consumidores

contribuir para um futuro sustentável, desenvolver um nicho industrial e de mercado na área da microgeração e da geração distribuída.



# Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos

## O que se pode obter?

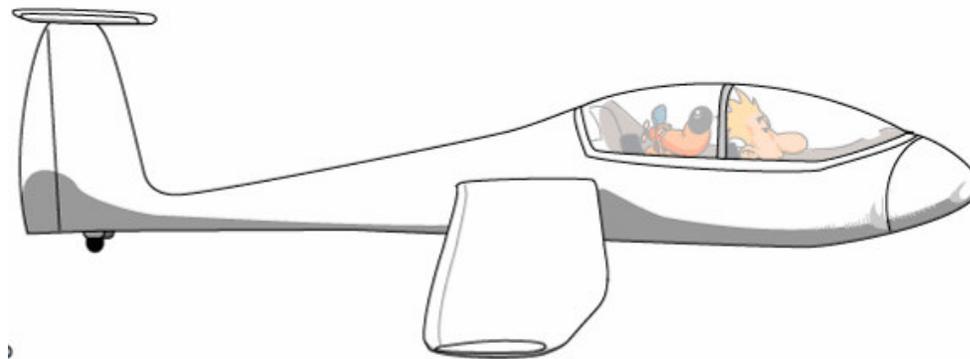
- **Edifícios** e áreas urbanas **energeticamente sustentáveis**;
- Contribuição para a **diminuição da carga e das perdas eléctricas** nas redes de transmissão e distribuição;
  - i.e. dos custos operacionais do sistema
- **Desenvolvimento da indústria nacional** num “nicho tecnológico”
  - “*a big business for small turbines*” ?
  - painéis solares?
  - DSO's - gestão da distribuição (e “Smart Grids”)
- **Diminuição da factura energética dos edifícios.**

# A tecnologia eólica



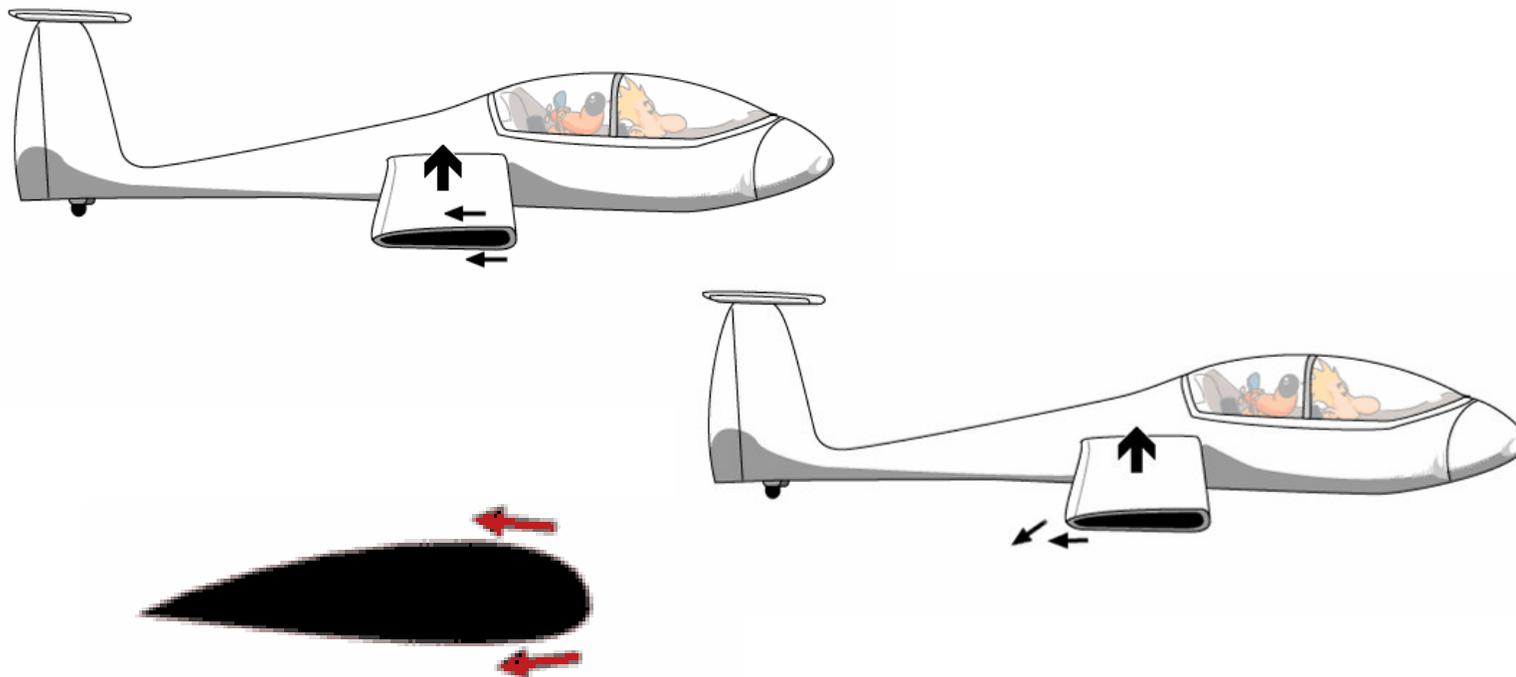
# A tecnologia: Como funciona?

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



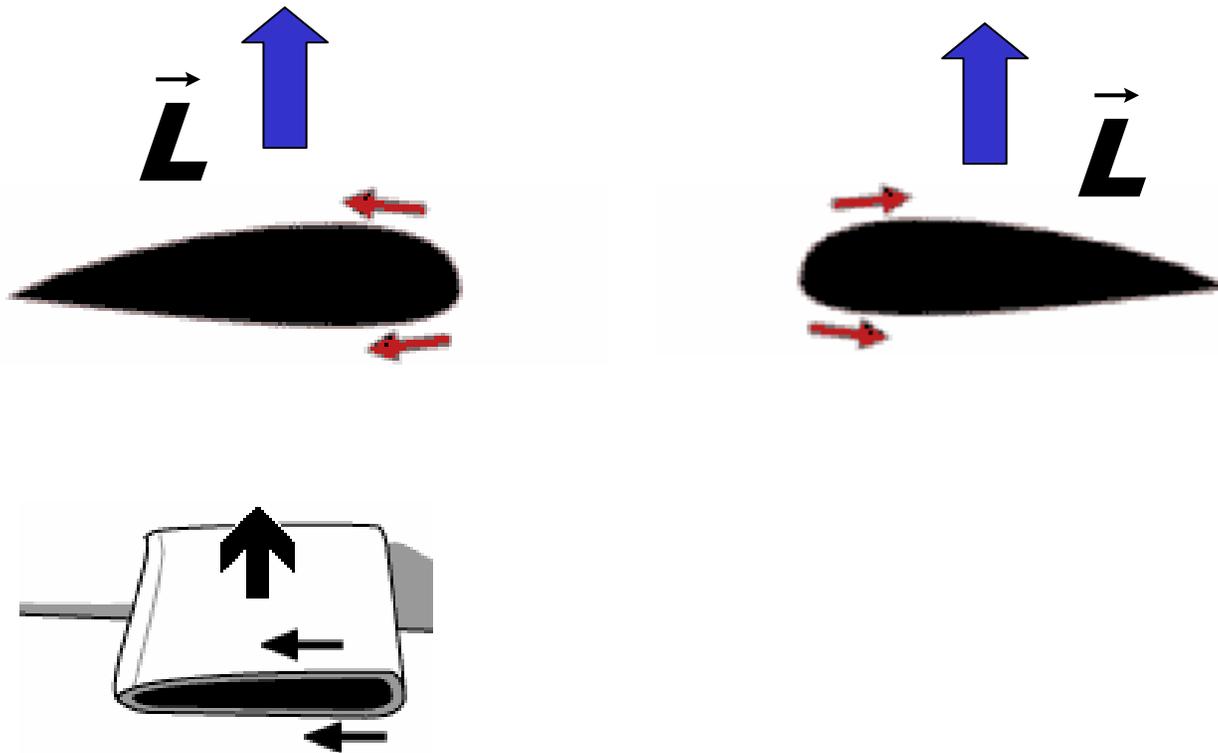
**...porque não caem os aviões?**

## Os aviões recorrem a forças...



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

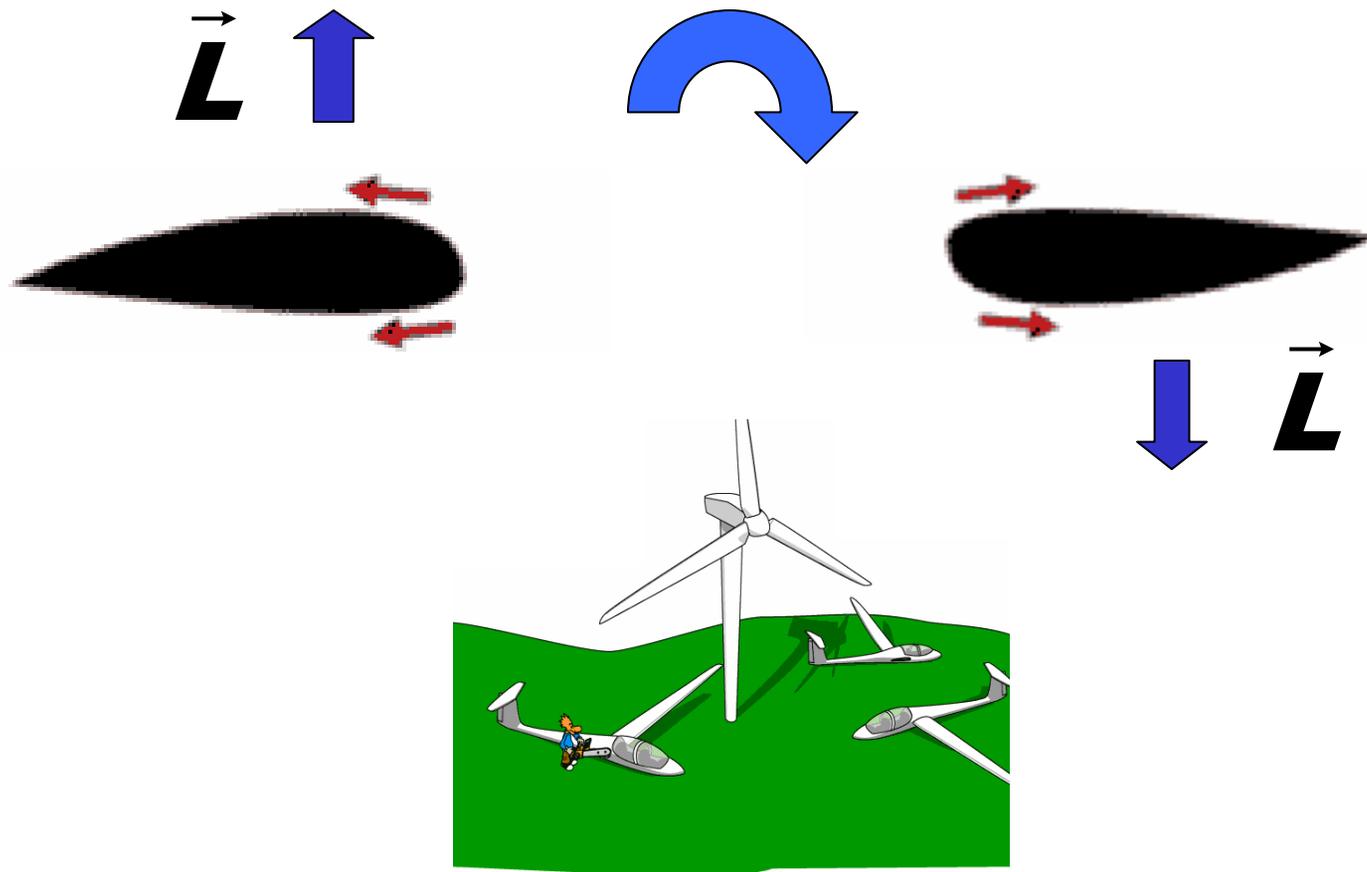
## ...chamadas forças de sustentação:



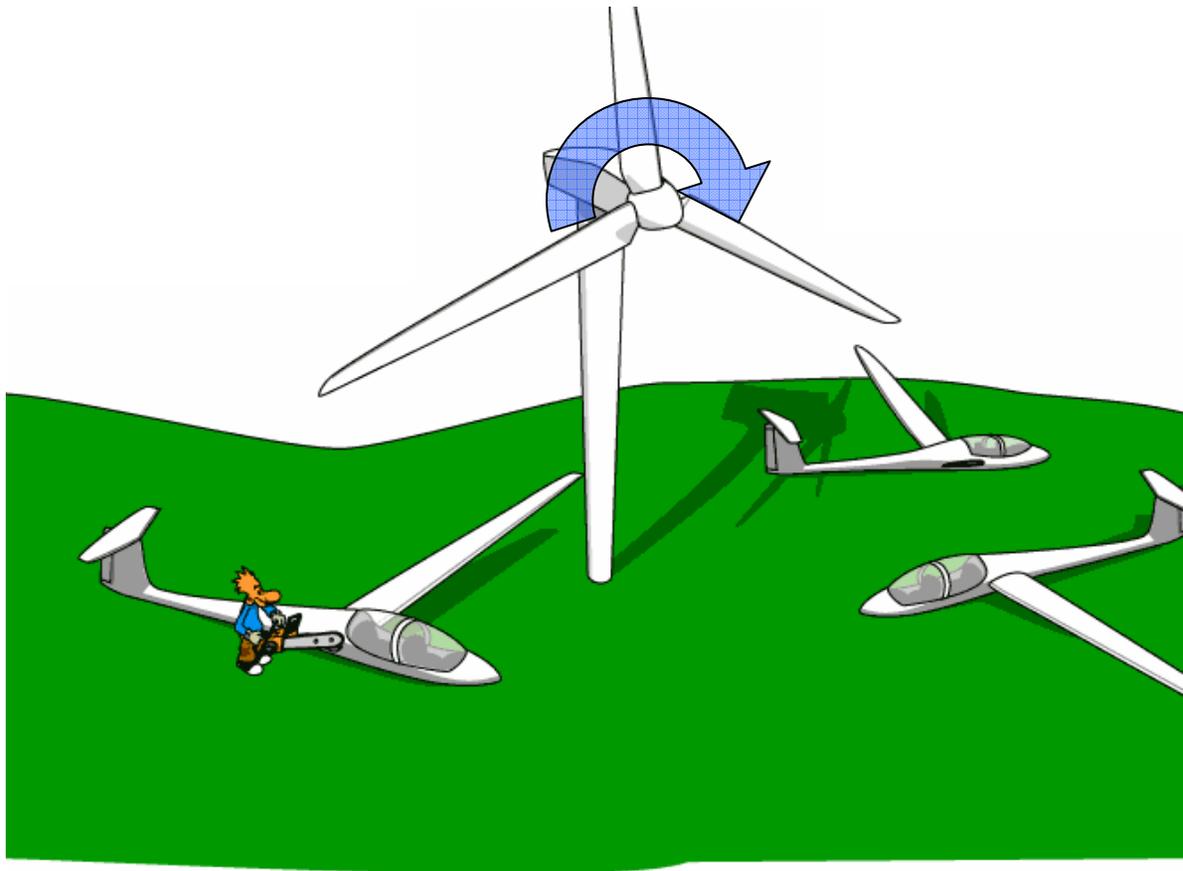
## Se cortarmos a asa de um avião...



## ...e a montarmos invertida:



**obtemos uma turbina eólica!**



# A microgeração eólica

# Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos à Escala da Microgeração

## Legislação de base:

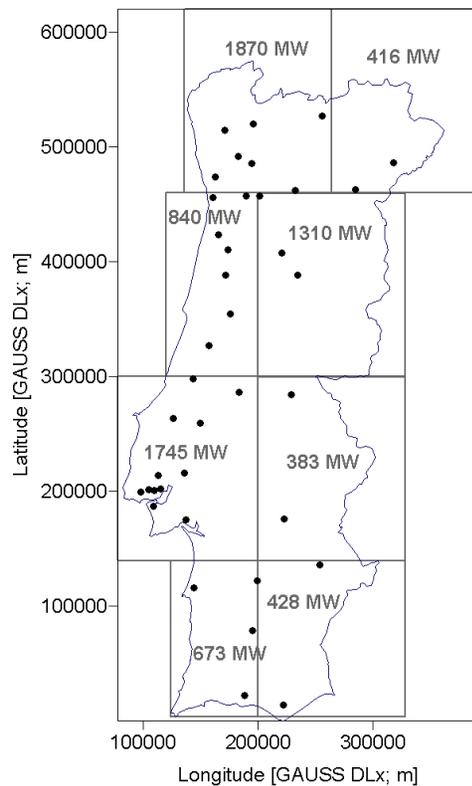
**[Existe, mas não é aplicada...]**

- Dec.-Lei 68/02 produtor/consumidor
  - em definição nova legislação (DGGE)

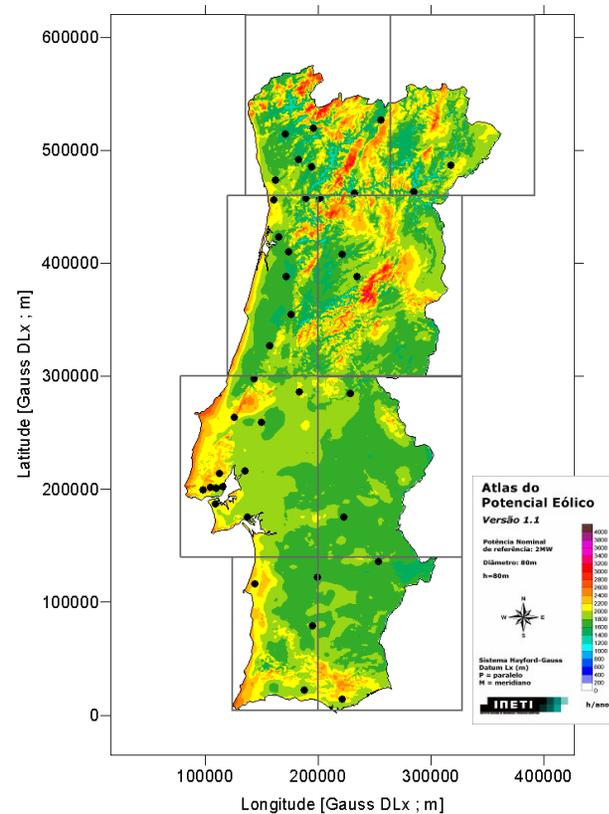
## Exige:

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

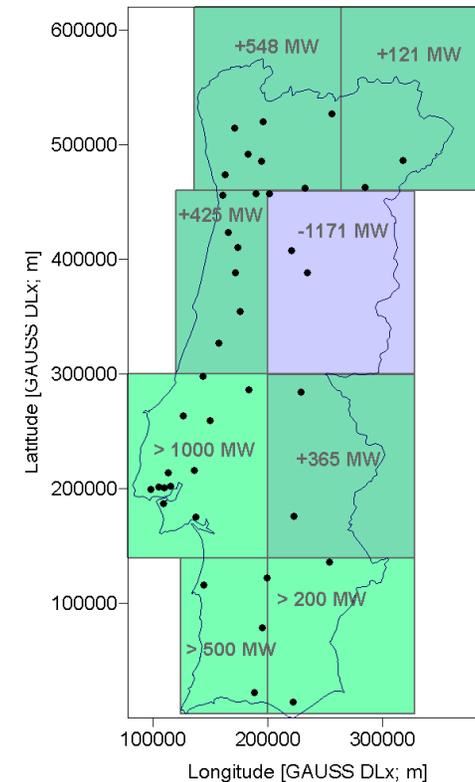
# O cenário pós-Kyoto. O aproveitamento do potencial eólico sustentável (2013-2020):



a) Capacidade da rede in 2013 (~7000 MW)

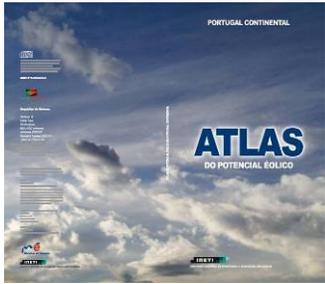


(b) Potencial eólico sustentável:  
5900 MW onshore (exclui microgeração)  
+ >1000 MW offshore (aprox.)

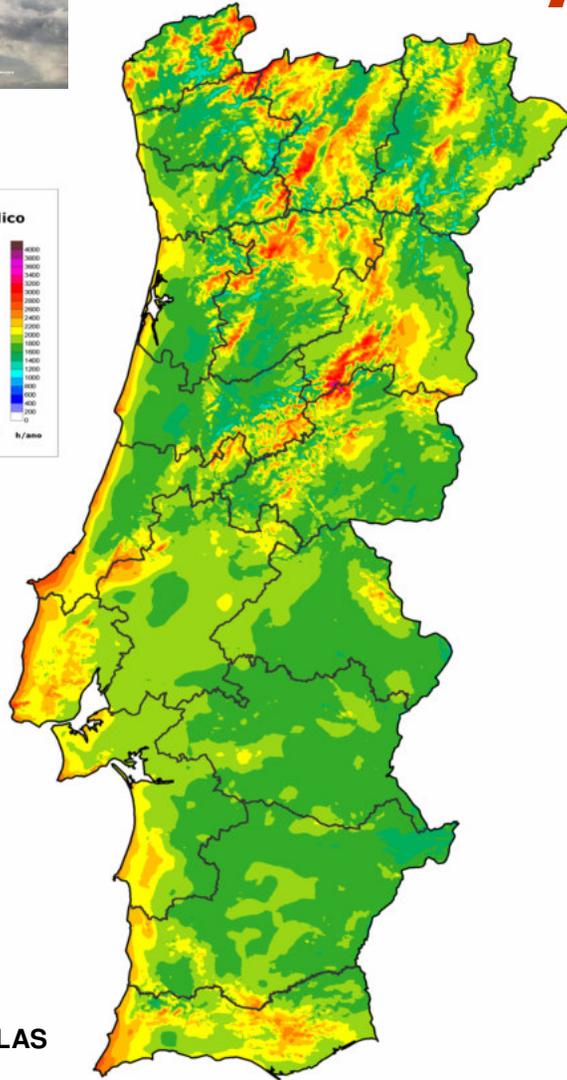
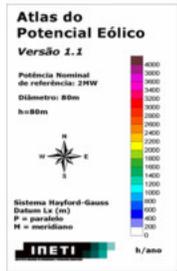


(c) Deficit/superavit por região

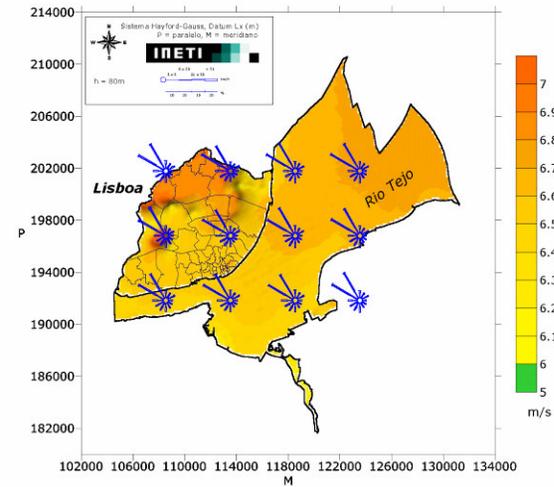
## Potencial eólico por região vs. capacidade da rede



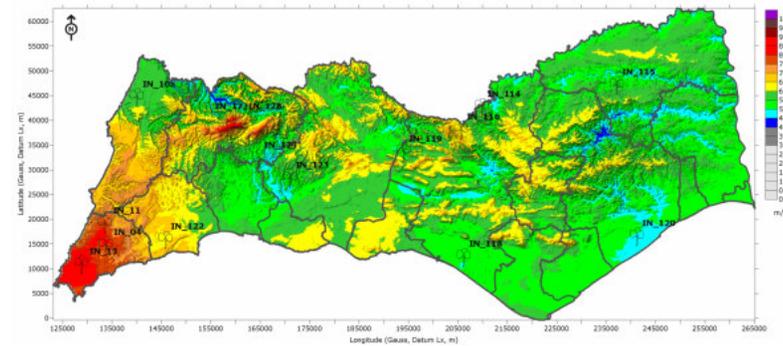
# Avaliação do Recurso Eólico, Atlas e Bases de Dados...



Projecto ATLAS



Contrato CML/LisboaENova



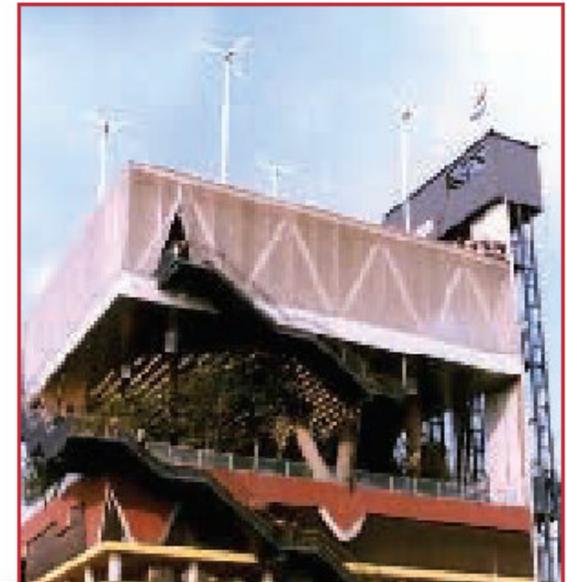
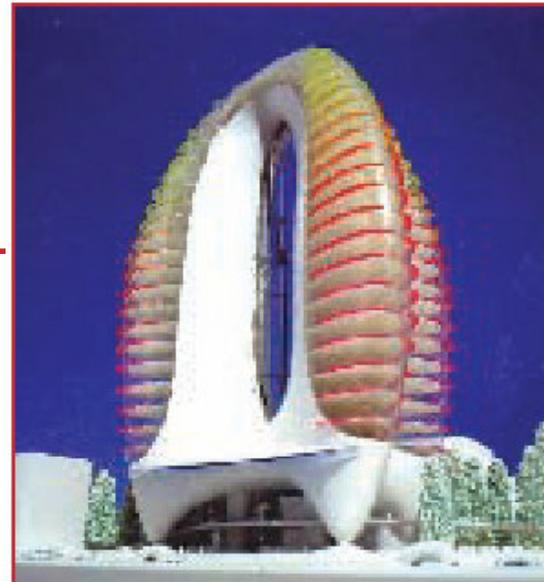
Projecto INTERREG (Areal)

# **Os Aproveitamentos Eólicos em Ambiente Urbano e Construído...**

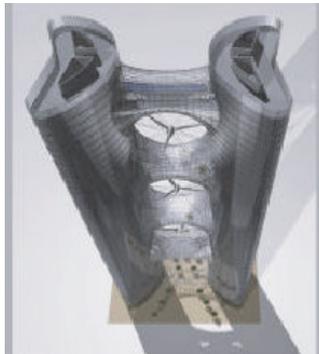
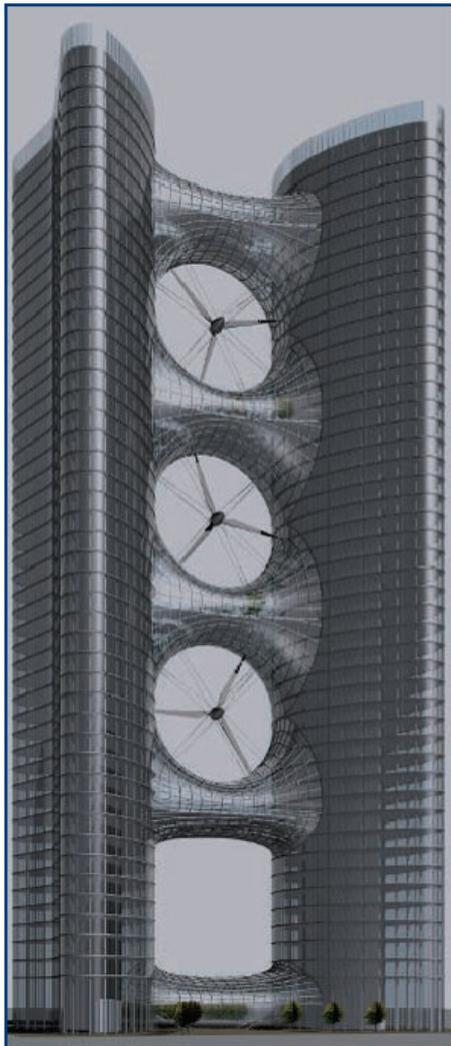
# Os Projectos Futuristas...



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



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

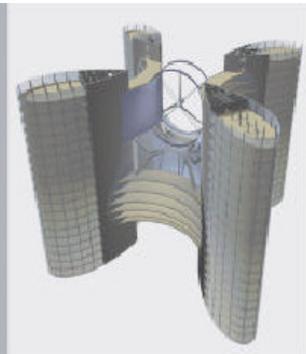
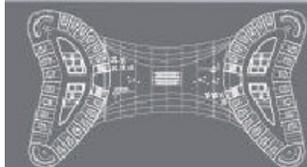


Twin Tower 3D side view with three integrated HVACs, University of Stuttgart

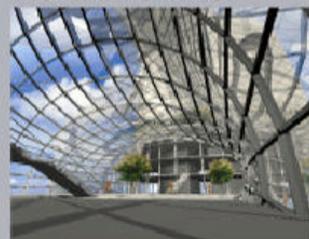
For a multi-turbine twin tower building, providing that techno-economic and environmental constraints can be satisfied, the integrated turbines could provide 20% of the annual electricity demand of the building (i.e. lighting, computers, plant and equipment) based on an achievable average capacity factor of 0.1 - 0.2.

These designs represent a demonstration of how the concept of integrating wind energy into buildings (UWECs) might ultimately be expressed. The same principle could be utilised on a more modest scale or in the form of "energy or wind towers" - i.e. unoccupied structures used to generate electricity that could be placed on- or offshores.

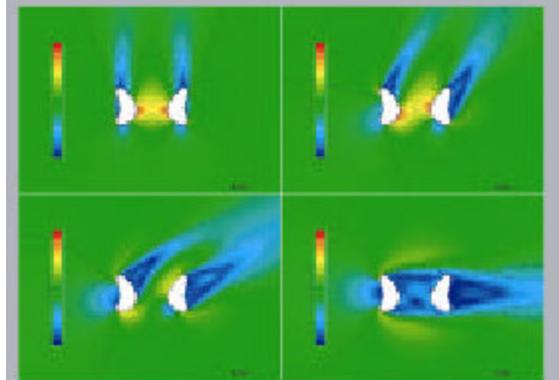
Twin Tower, typical floor plan



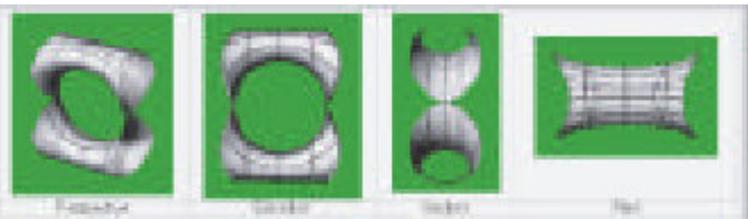
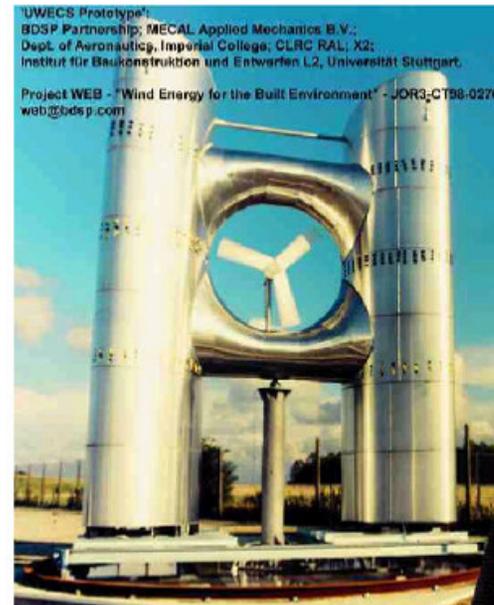
3D section at a 300m high, cross-direction of Tower Building



Twin Tower, aerodynamically shaped Connection floor



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



# 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 Battle McCarthy Consulting Engineers & Landscape Artists.

## Wind Turbine Facts



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

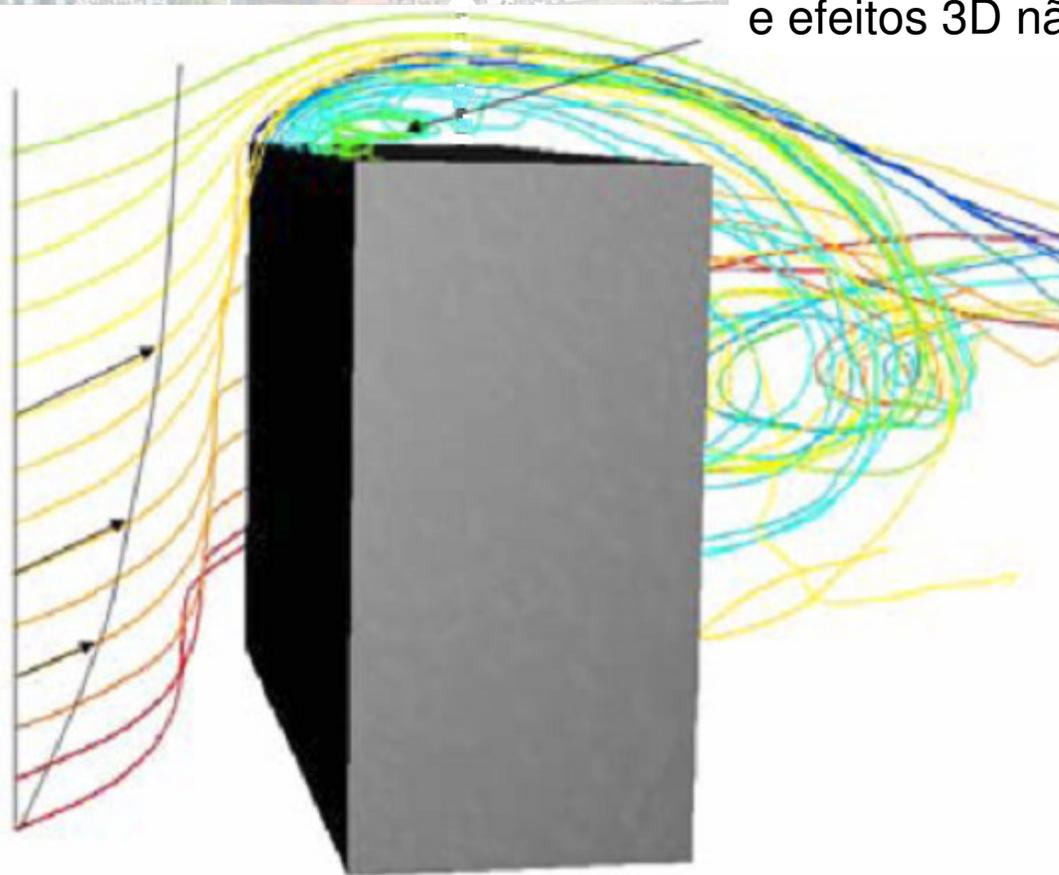
- The prevailing wind direction is from the northwest, and will reach the turbines unimpeded from across the Hudson River
- The turbines will be designed to produce over 2.6 million kilowatt hours of green electricity per year - enough energy for a thousand homes - meaning that the turbines will provide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



**... e os realizáveis em ambiente  
construído (Março 2007)**

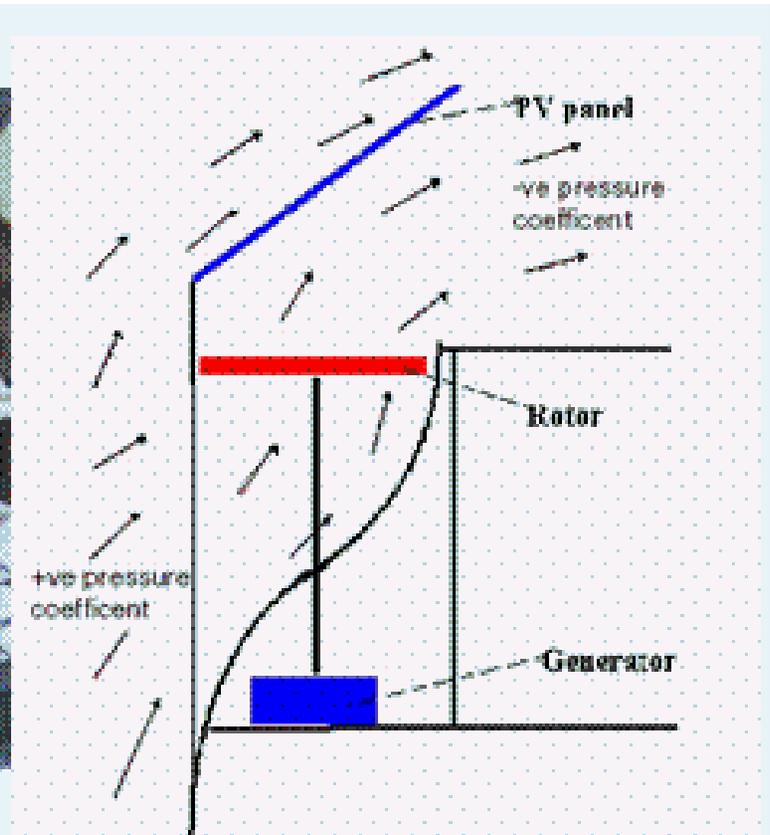
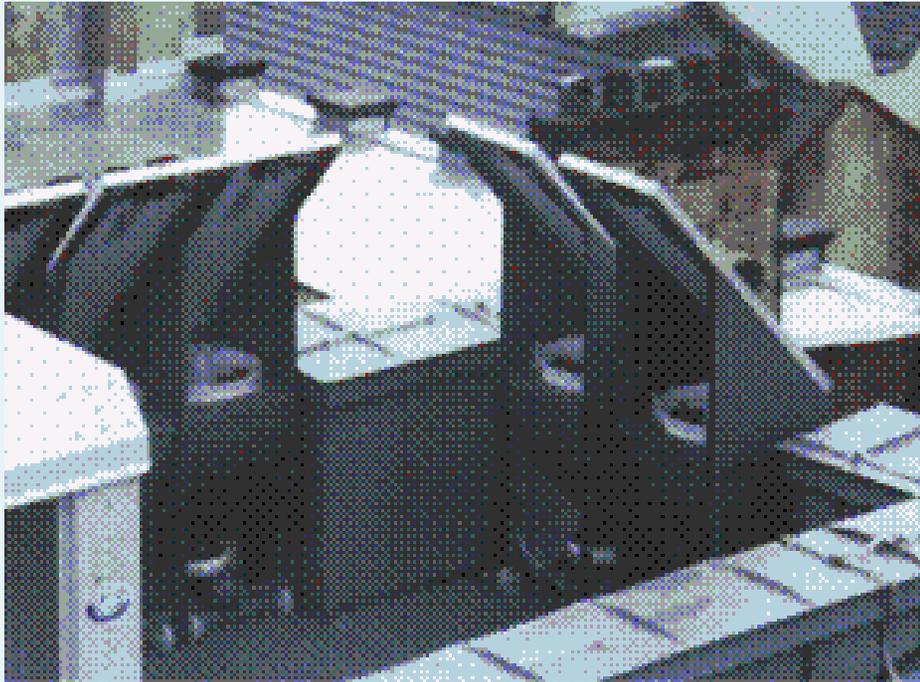
# Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos: Um problema ou “um desafio”?

Zona de forte turbulência e efeitos 3D não desprezáveis



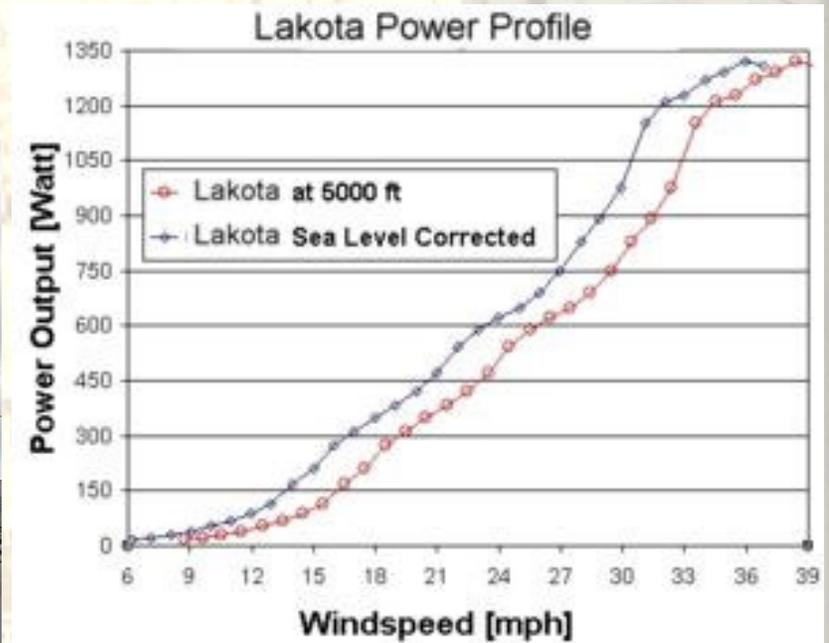
**Exige a aplicação de software específico - CFD (e.g. Fluent)**

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



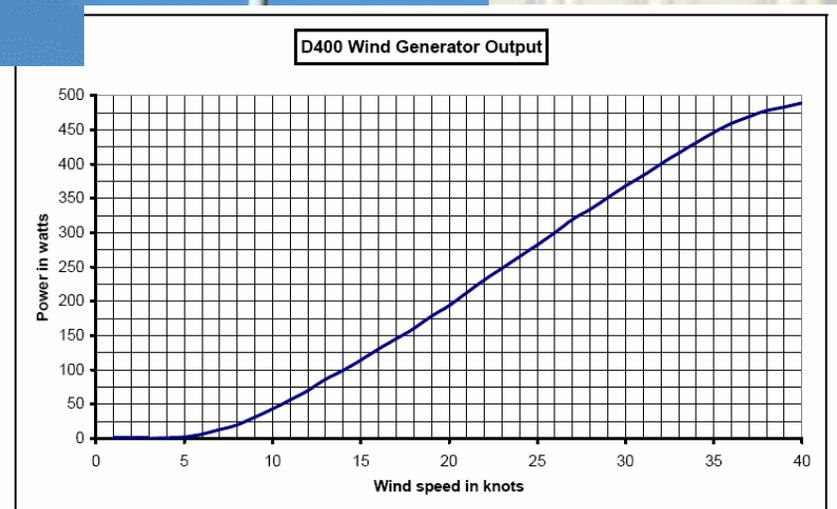
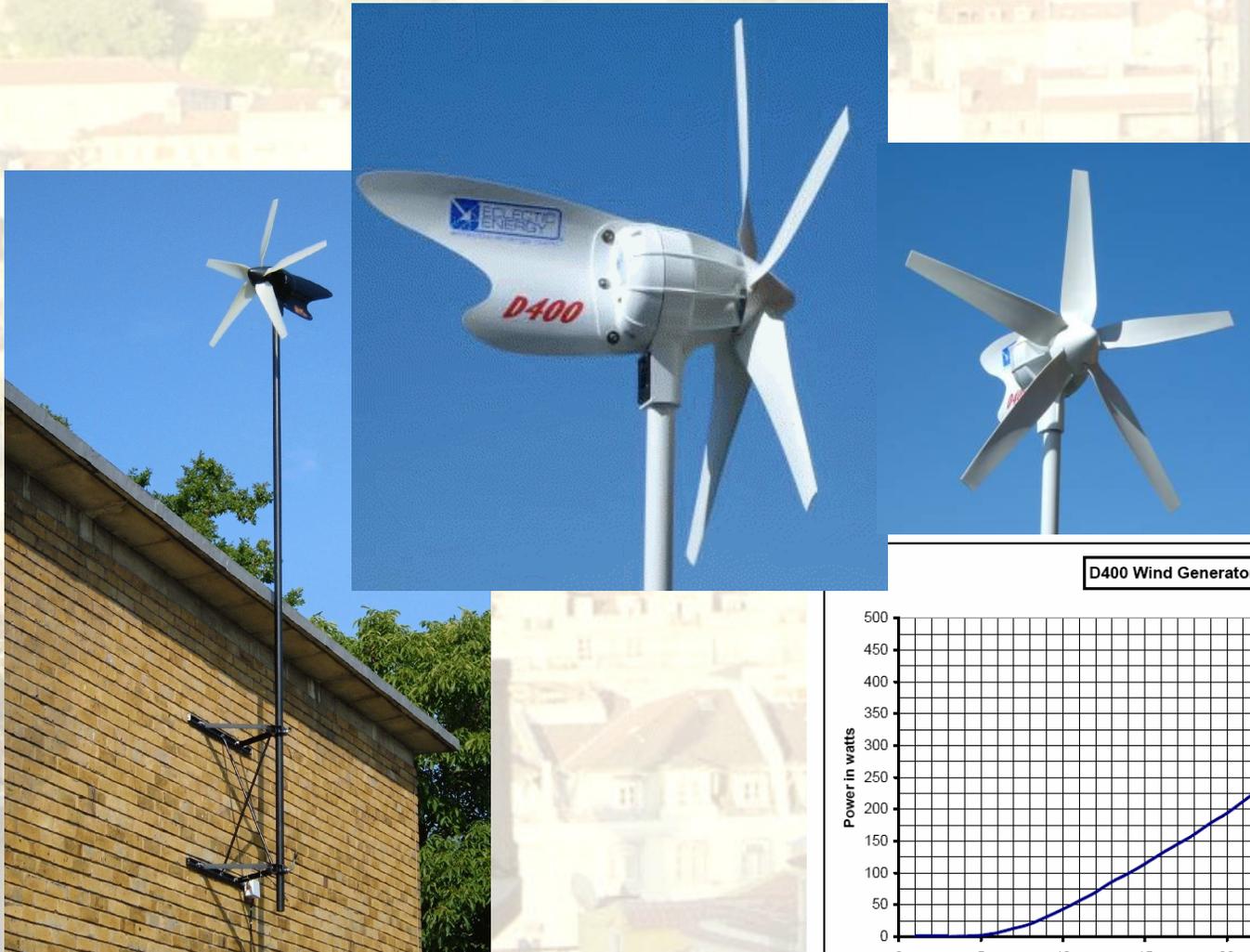
Aplicações integradas em edifícios (Solar térmica, PV, eólica, outras)

# Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (HAWT)

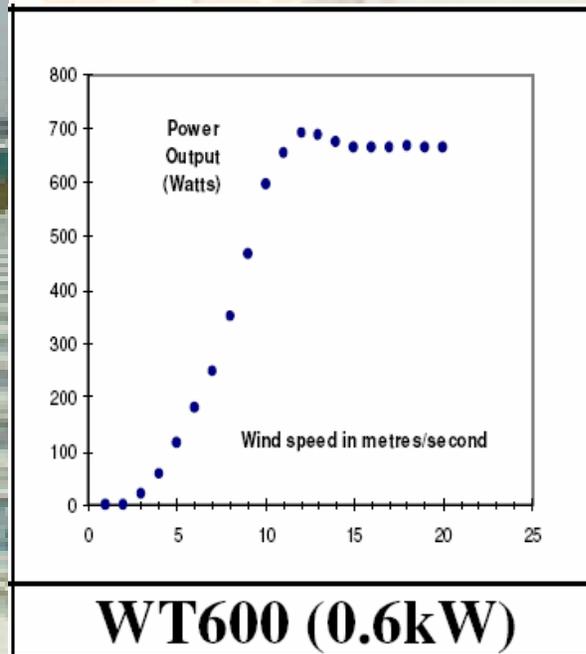


“Urbine”

# Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (HAWT)



## Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (HAWT)



## Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (HAWT)



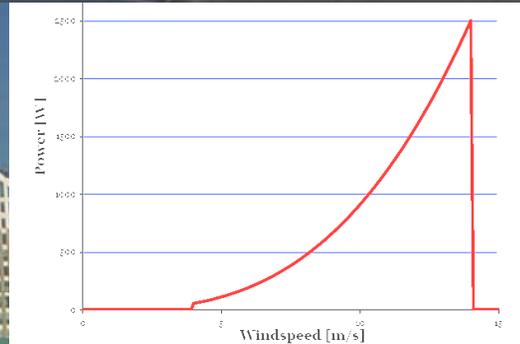
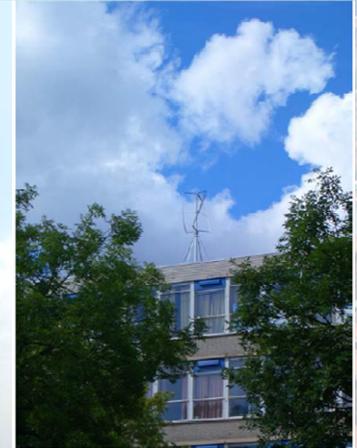
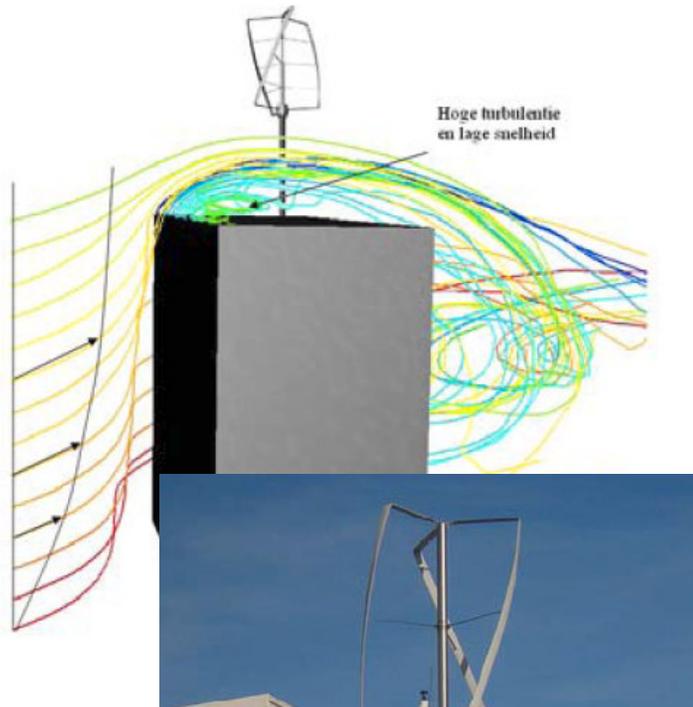
## Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (HAWT)





**... e o provável futuro realista da  
Microgeração Eólica em  
Ambiente Urbano**

# Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (VAWT)

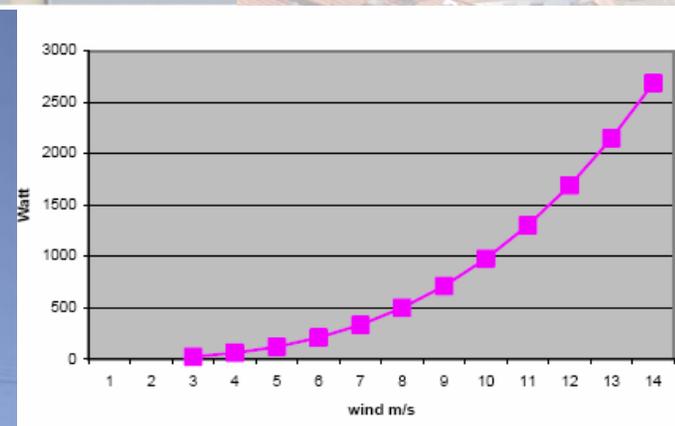


## Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (HAWT)



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

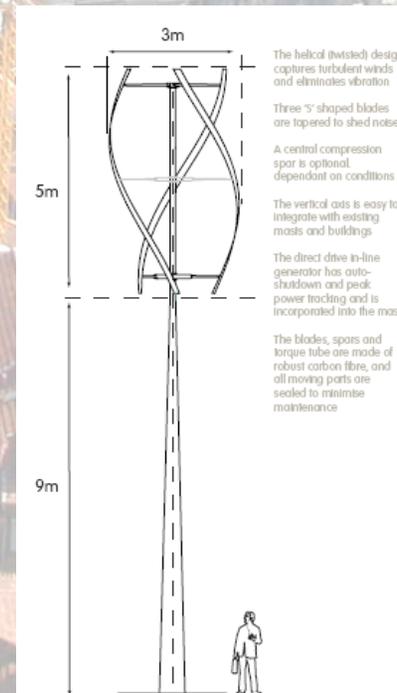
# Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (VAWT)



# Exemplos de Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos (VAWT)



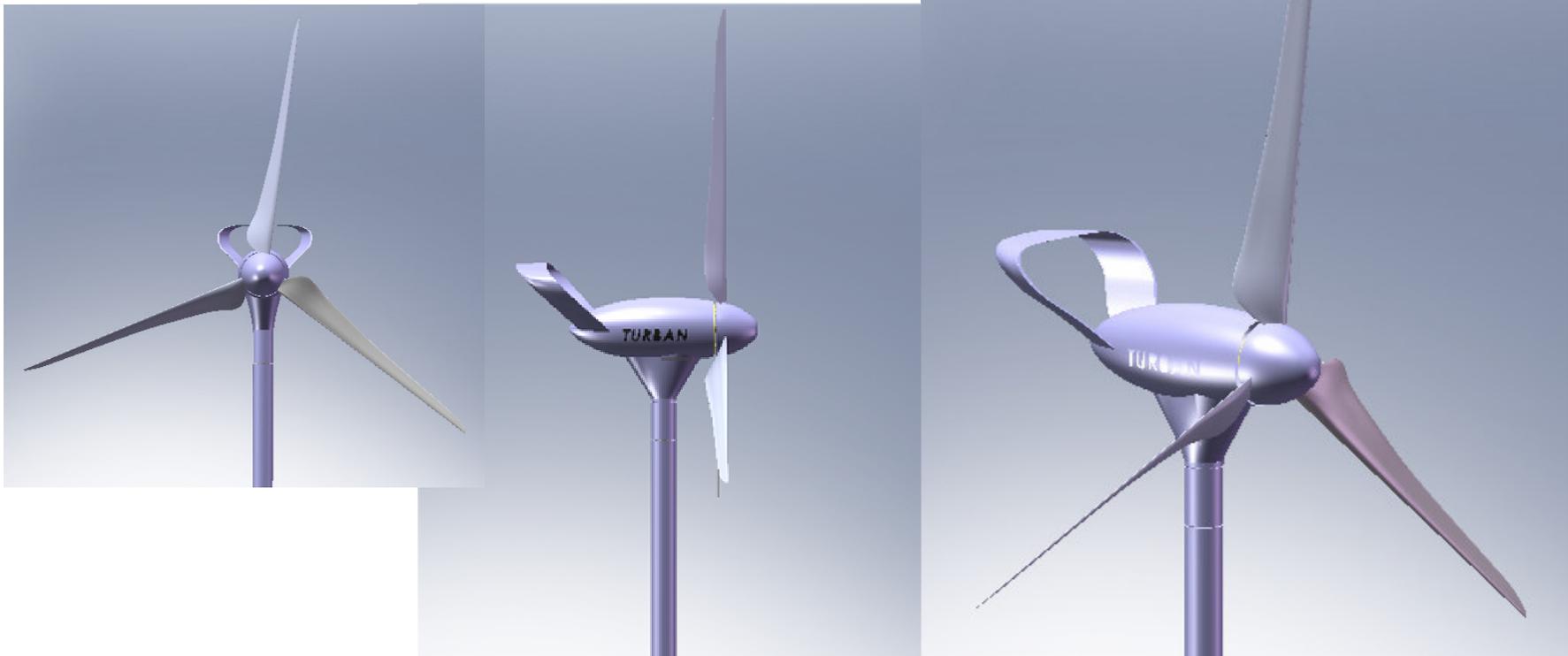
# Exemplos de Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos (VAWT)



# **Desenvolvimento de tecnologia nacional: O projecto TURBan**

# Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos. O Projecto TURBan

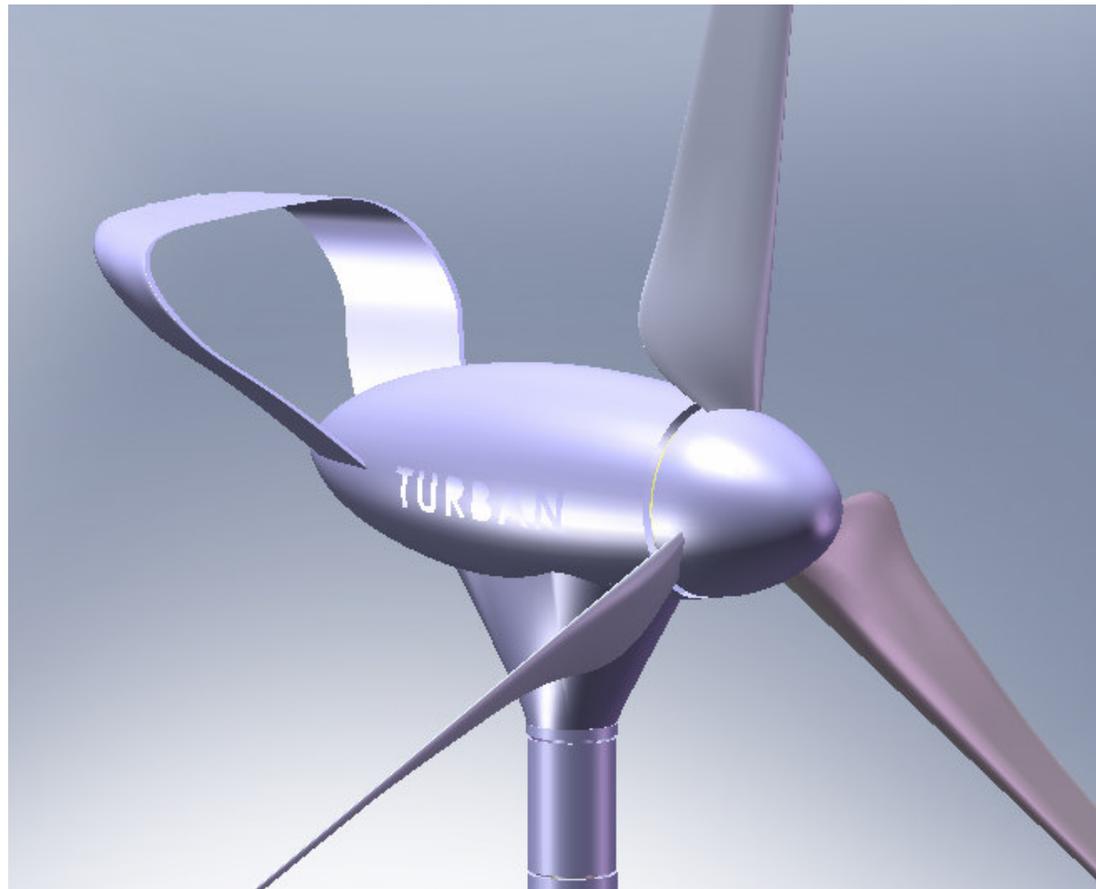
- **A TEEH por fora...**



**Parceiros: IDMEC, LNEC, INESC-Inov, UMinho, INEGI, Iberomoldes, DA, ...**

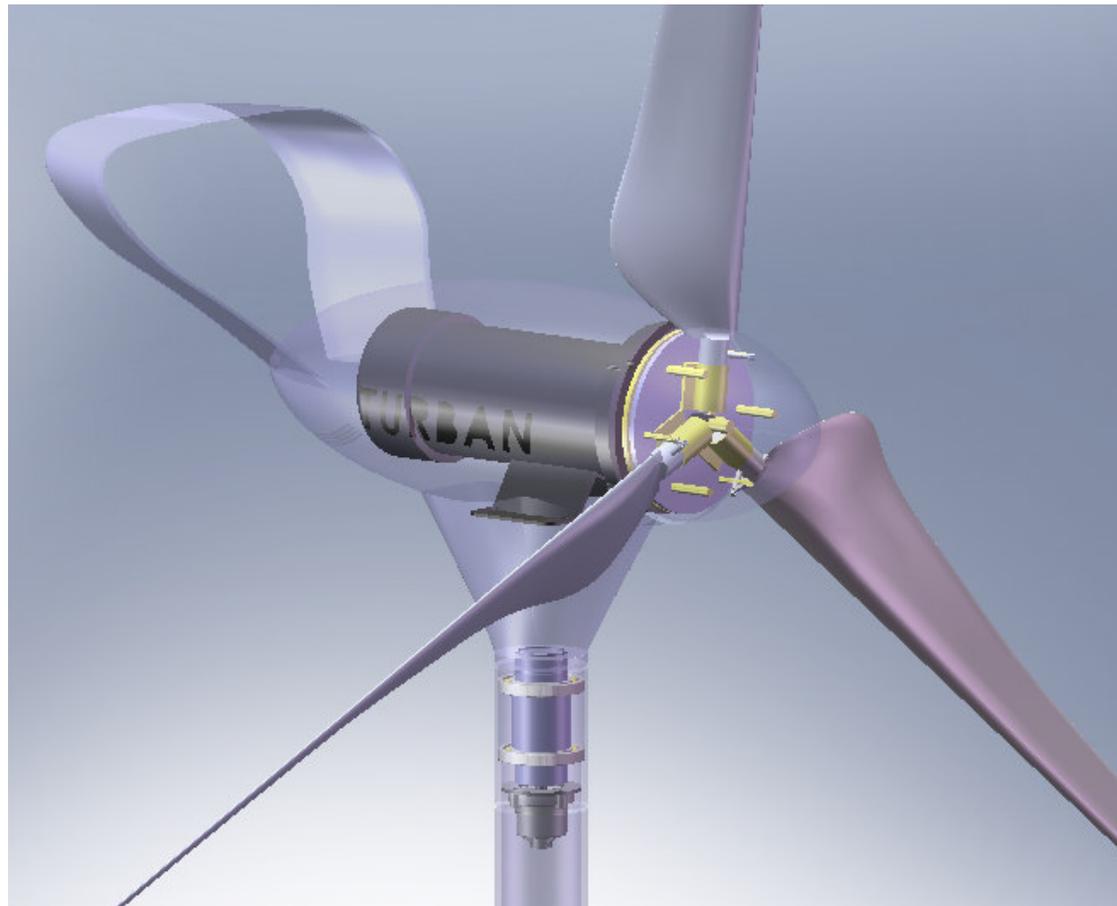
# Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos. O Projecto TURBan

- **Por fora...**



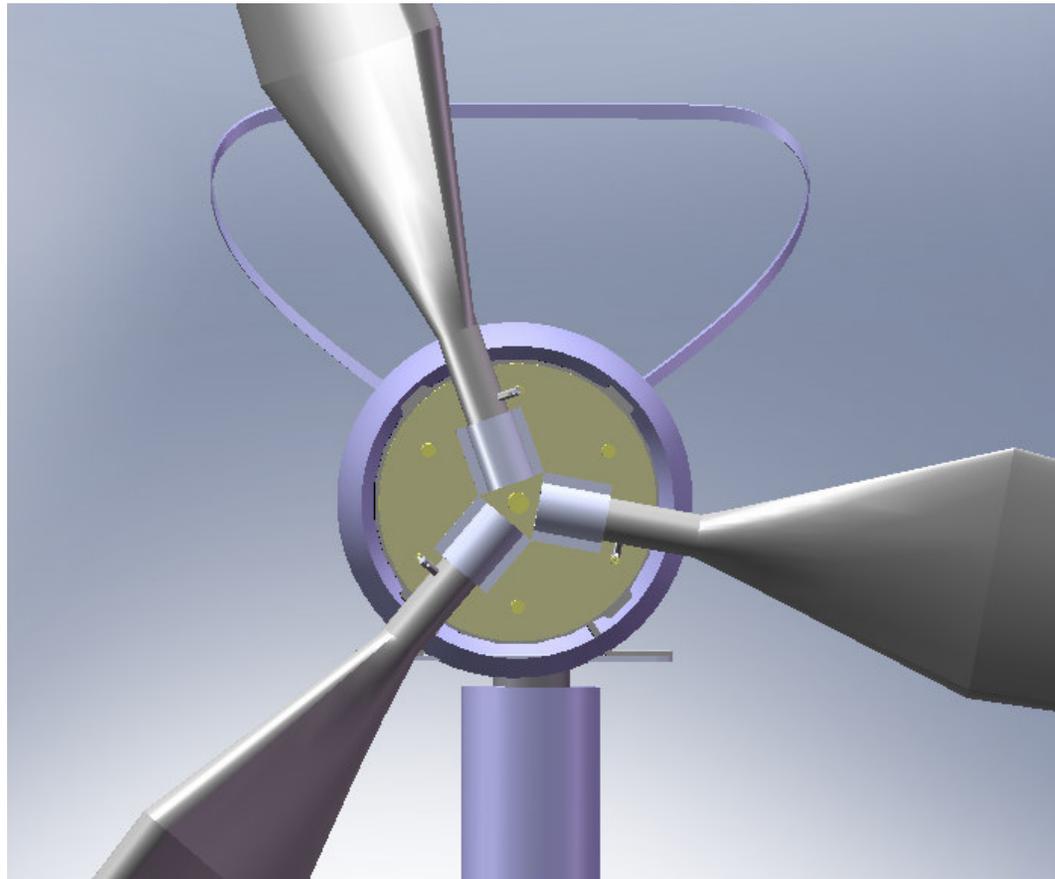
## Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos. O Projecto TURBAN

- **Por dentro...**



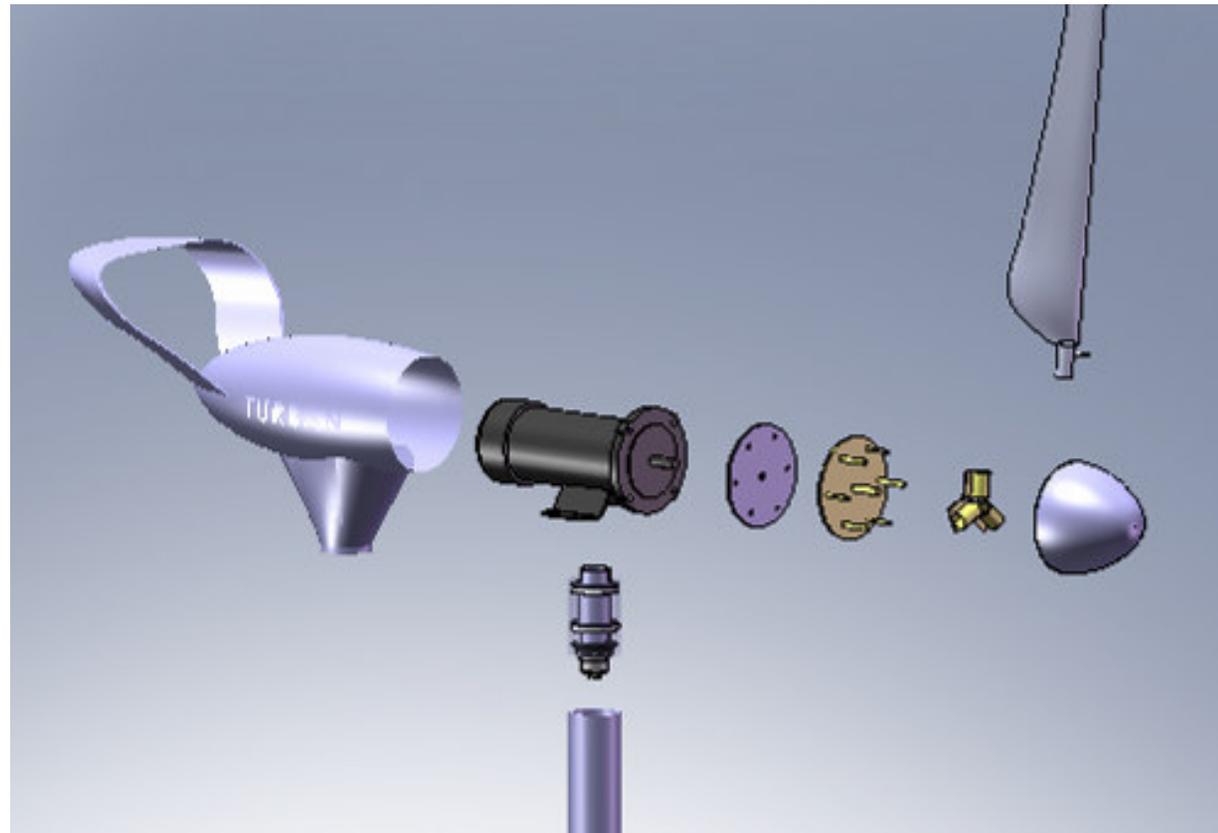
## Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos. O Projecto TURBan

- **Por dentro...**



# Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos. O Projecto TURBan

- **Explodida...**



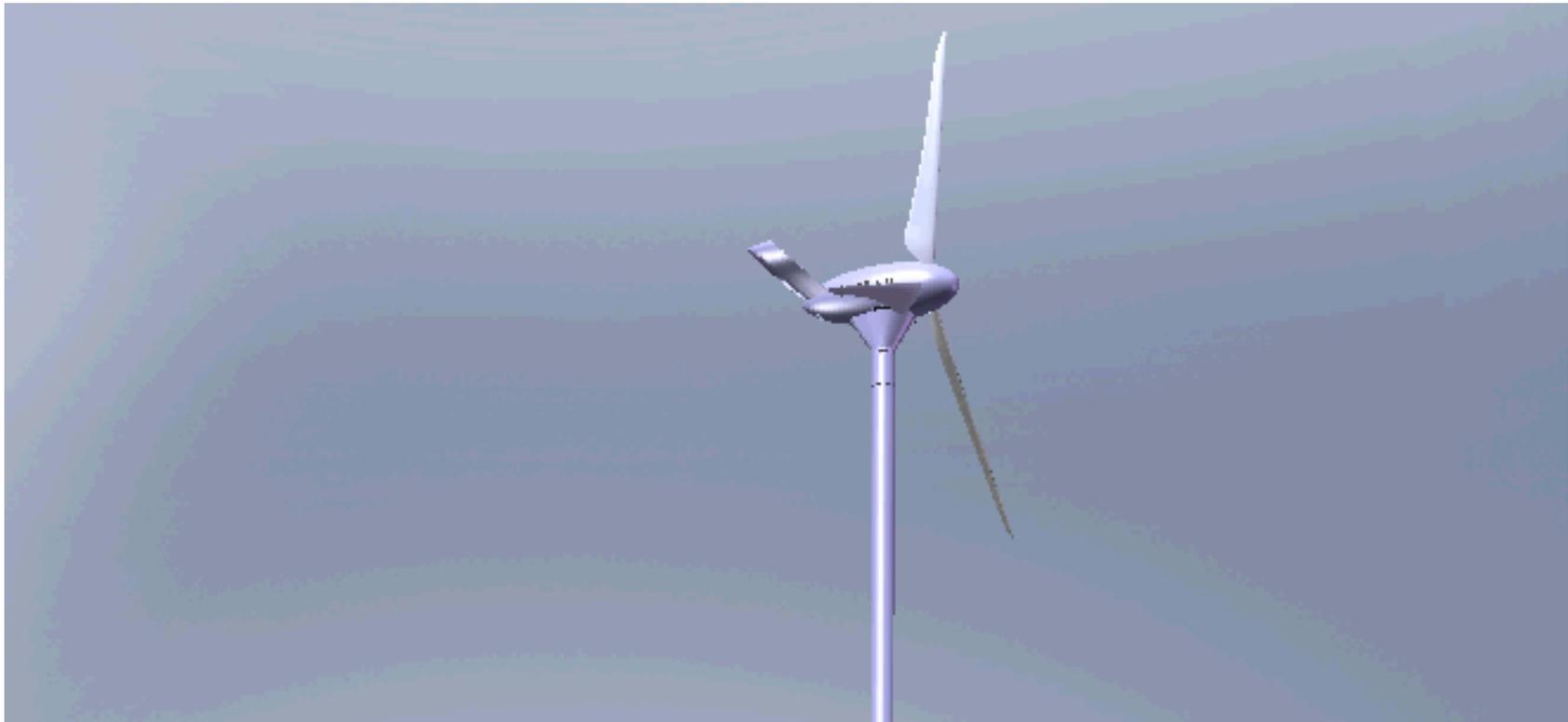
# Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos. O Projecto TURBAN

**...e a mexer (1)**



# Aproveitamentos Eólicos em Ambientes Urbanos. O Projecto TURBan

**...e a mexer (2)**



# Microgeração Eólica em Ambientes Urbanos e Construídos

- **que legislação aplicar? dos edifícios? das FER ?**
  - [todas? e que tal nenhuma???
- **e o processo de licenciamento?**
  - **deverá ser a nível nacional (DGGE) como uma fonte de larga escala?**
  - **ou regional (DRE) ...**
    - e porque não local (autárquica), como verdadeira geração distribuída?
- **normas e regulamentos**
  - **não existem**
    - ...e será mais útil legislar mais ou regulamentar melhor ?