

PME 5237 - ENERGIAS RENOVÁVEIS

ENERGIA EÓLICA

PANORAMA GERAL
NOÇÕES BÁSICAS
ENERGIA EÓLICA NO MUNDO E NO BRASIL

Prof. Demétrio Zachariadis

25th COBEM International Congress of Mechanical Engineering

Uberlândia – 21 a 25 a outubro de 2019

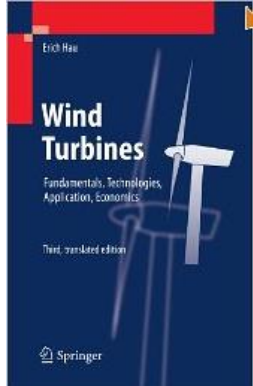
ERG-005 – ENERGIA EÓLICA

Bibliografia Resumida

- Manwell, J. F. et all., *Wind Energy Explained : Theory , Design and Applcation*. Ed. John Wiley & Sons, LTD, 2004, 569p.
- Hau, E., *Wind Turbine Applications: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. 2.ed. Germany: Springer, 2005, 783p.
- Spera, D. A., *Wind Turbine Technology*, ASME Press, 1994, 640p.
- COPEL, LACTEC/ Camargo Schubert. *Manual de Avaliação Técnico-Econômica de Empreendimentos Eólico-Elétricos*. Curitiba, 2007, 101p.
- Patel, M.R. *Wind and solar power systems*. 2.ed. Nova York: CRC Press, 2006, 433p
- CRESESB, *Energia Eólica – Princípios e Tecnologias*, 2008 (pdf).
- Gasch, R., Twele, J., *Windkraftanlagen*, Teubner, 2005, 612p.

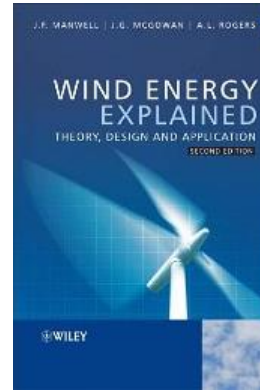
ERG-005 – ENERGIA EÓLICA

... Bibliografia Resumida



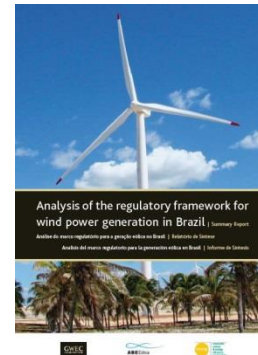
Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics

Autor: Erich Hau (Author), Horst von Renouard (Translator)
Ano: 2006



Wind Energy Explained: Theory, Design and Application

James F. Manwell (Author), Jon G. McGowan (Author), Anthony L. Rogers (Author)
Ano: 2010



Analysis of regulatory framework for wind power generation in Brazil GWEC Report Ano: 2011

Aula 1 :

Conceitos Preliminares: origem dos ventos

Cenário Mundial e Brasileiro da energia eólica

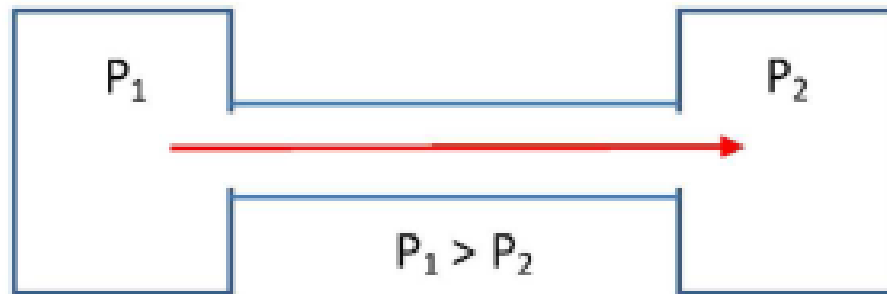
Evolução e estado da arte das turbinas eólicas

Alguns Tópicos

- 1. Origem dos ventos**
- 2. Evolução histórica da Energia Eólica**
- 3. Estado da Arte das Turbinas Eólicas**
- 4. Evolução da capacidade instalada mundial**
- 5. Market share das turbinas eólicas**
- 6. Evolução da capacidade instalada no Brasil**

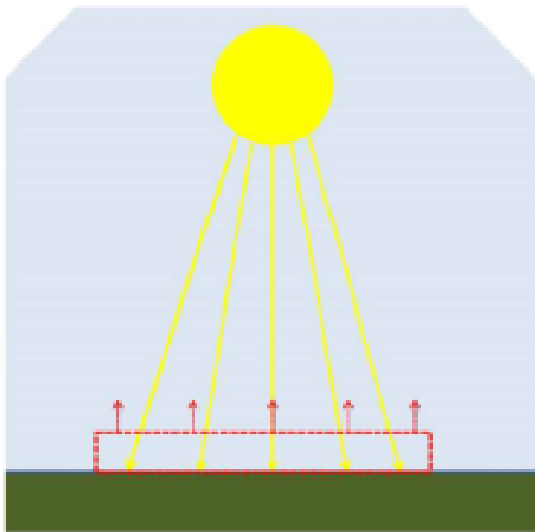
Origem dos ventos

Fluidos escoam devido a diferenças de pressão



... Origem dos ventos

O Sol incidente aquece a superfície: o ar adjacente aquecido sobe (densidade e pressão diminuem).



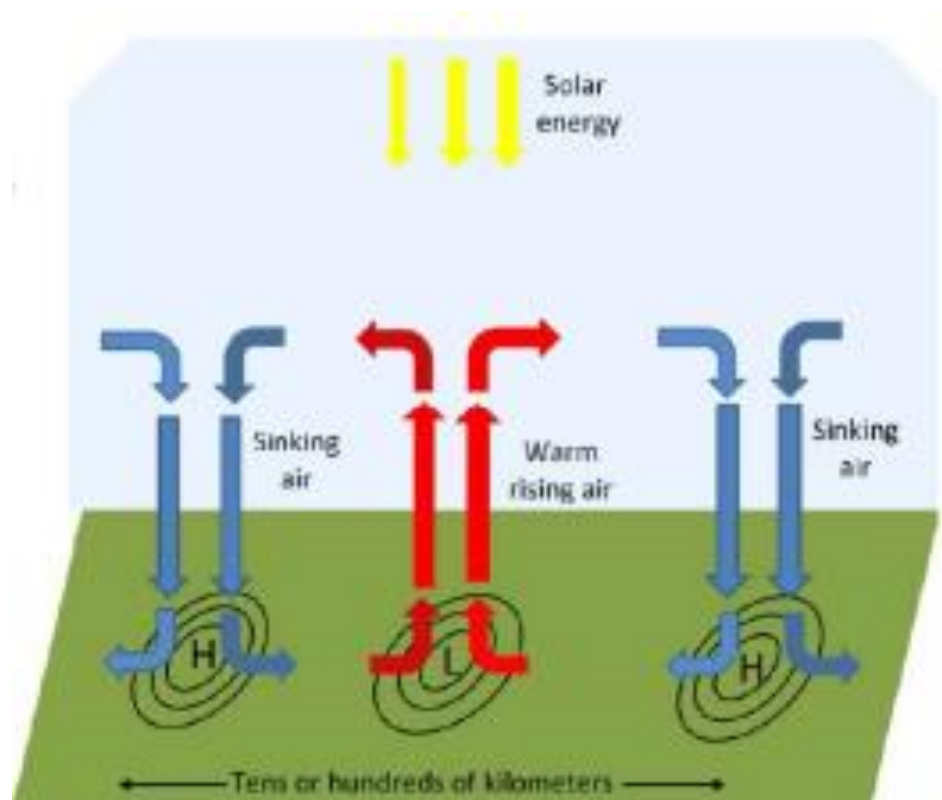
O aquecimento não é uniforme; depende de:

- Estação do ano;
- Latitude;
- Nebulosidade;
- Propriedades da superfície (água, terra, etc.);
- Energia emitida/retida (ex.: cor, rugosidade, etc.);
- Relevo;
- Etc...

... Origem dos ventos

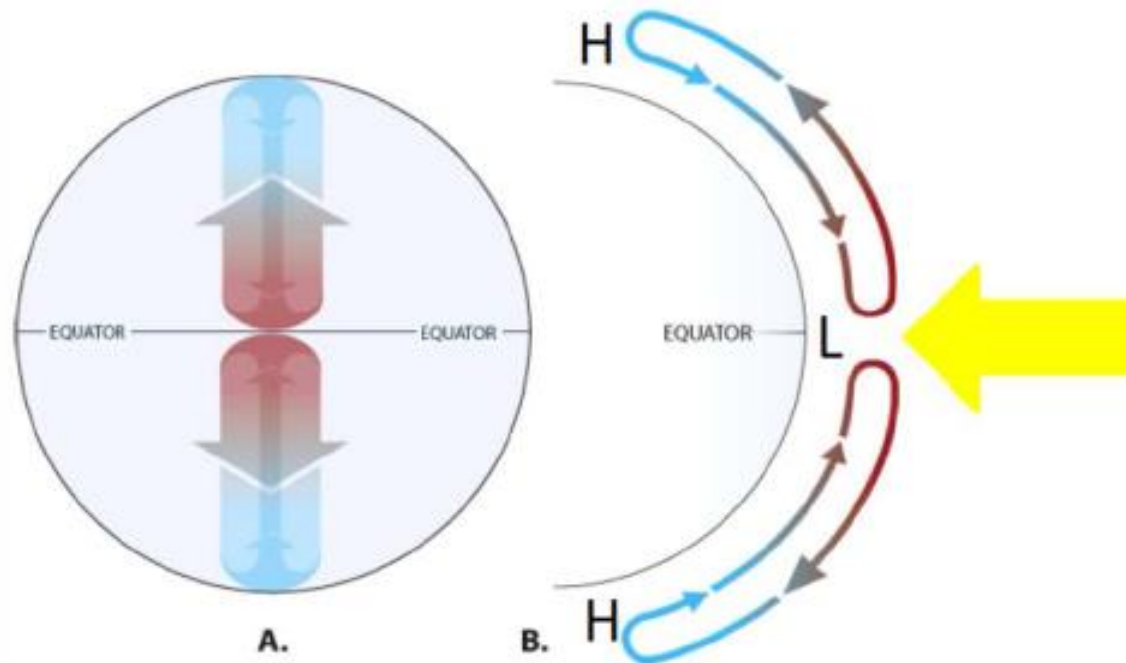
Exemplo

Por algum motivo, a região no centro da figura recebe mais energia solar que as vizinhanças; o ar é aquecido e sobe, diminuindo a pressão do local. À medida em que sobe, o ar esfria e é empurrado para os lados pelo ar ascendente mais quente (dispersão). O ar resfriado desce criando regiões de alta pressão



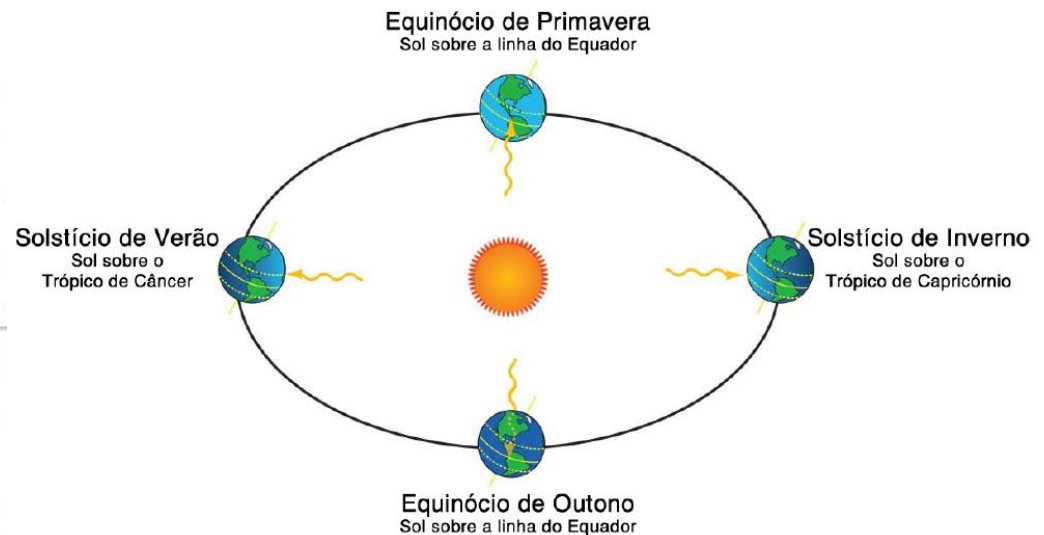
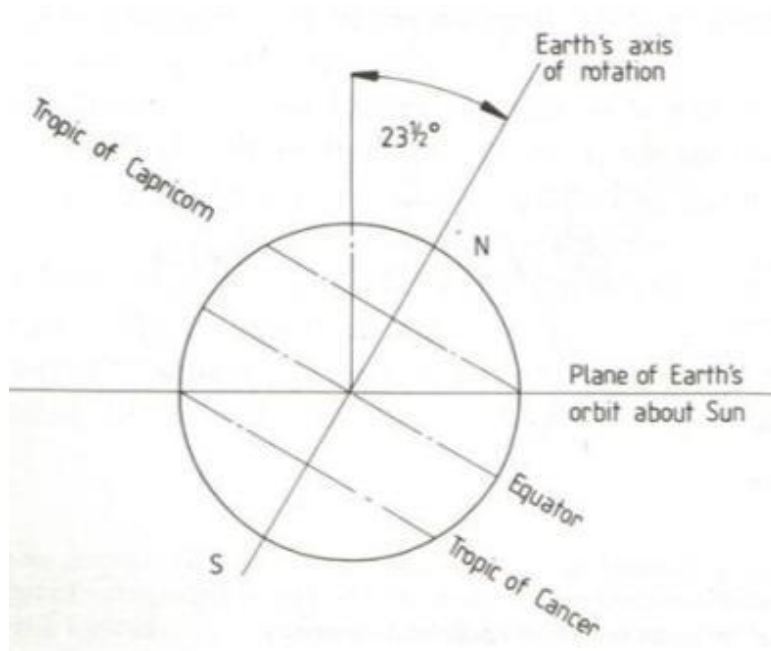
... Origem dos ventos

Esquema simplificado da formação dos ventos em escala global: o ar é aquecido próximo ao Equador e flui para os polos mais frios



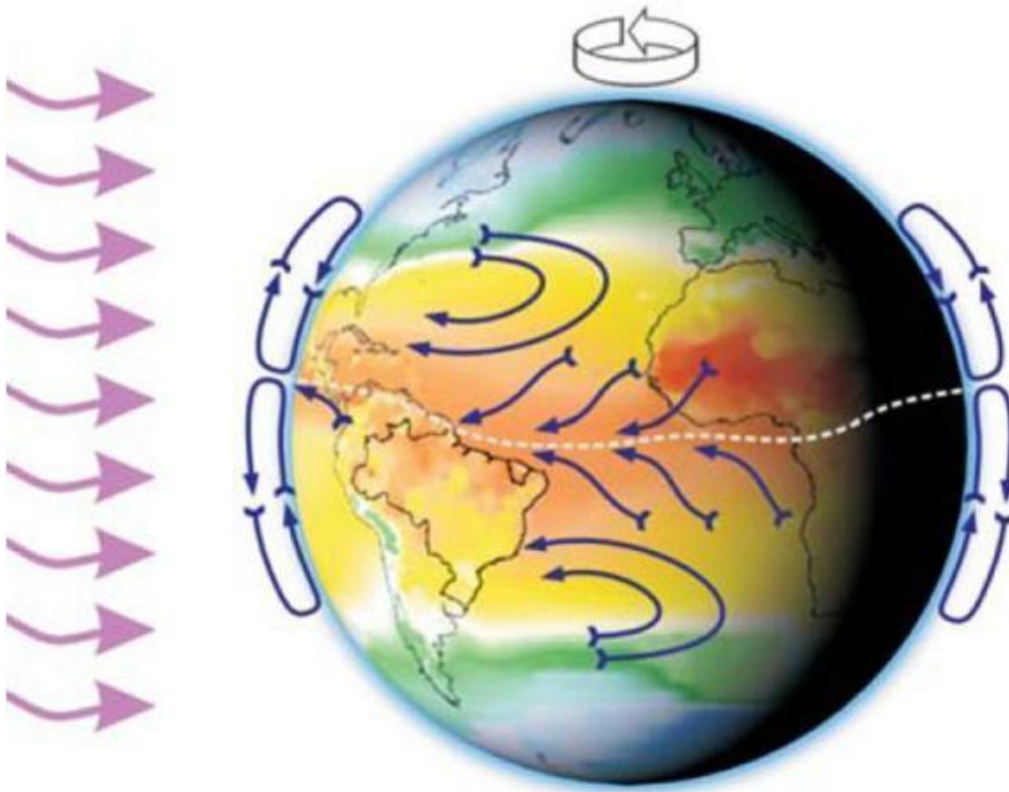
... Origem dos ventos

- Vento é o ar em movimento:
 - Deslocamento do ar de regiões de alta pressão para baixa pressão atmosférica;
 - Influenciado pela altitude, temperatura, etc.



Formação dos ventos de larga escala (global) devido ao deslocamento das massas de ar.

(Fonte: CEPEL, 2001)

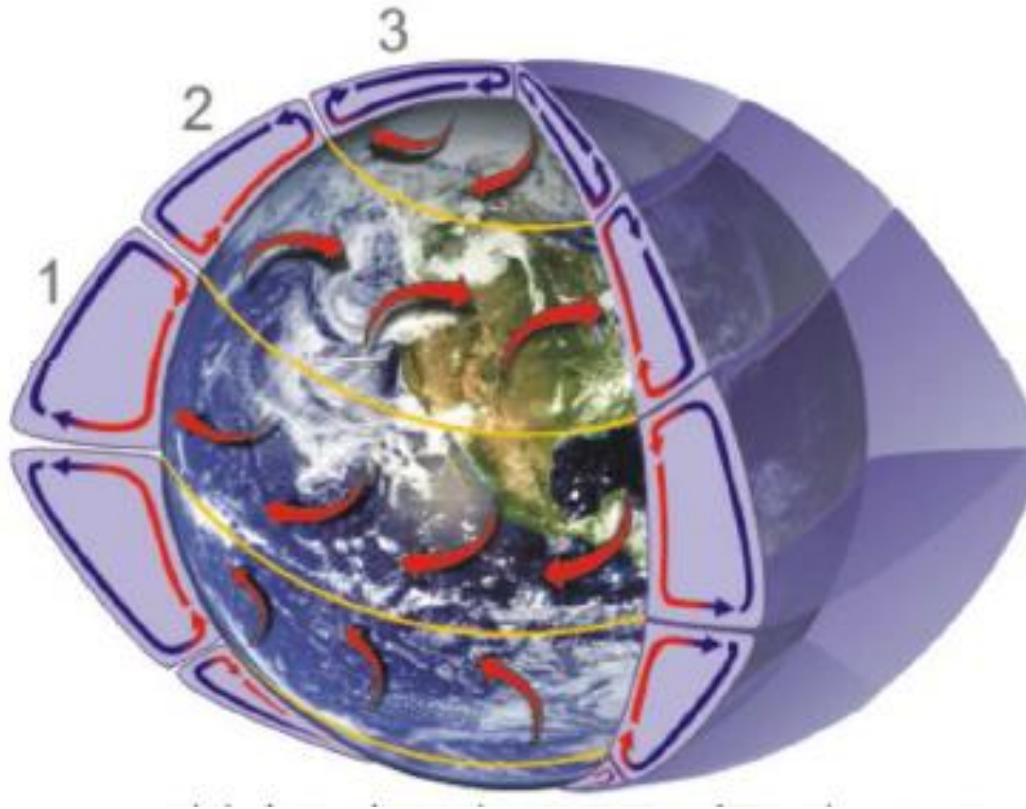


- Ventos e correntes oceânicas* são fluxos de fluidos causados pela incidência da energia solar sobre a Terra.

- Aquecimentos diferenciais geram convecção do fluido (fluxos verticais de ar aquecido) que provocam gradientes de pressão que produzem fluxos horizontais de massas de ar (dispersão do ar mais frio).

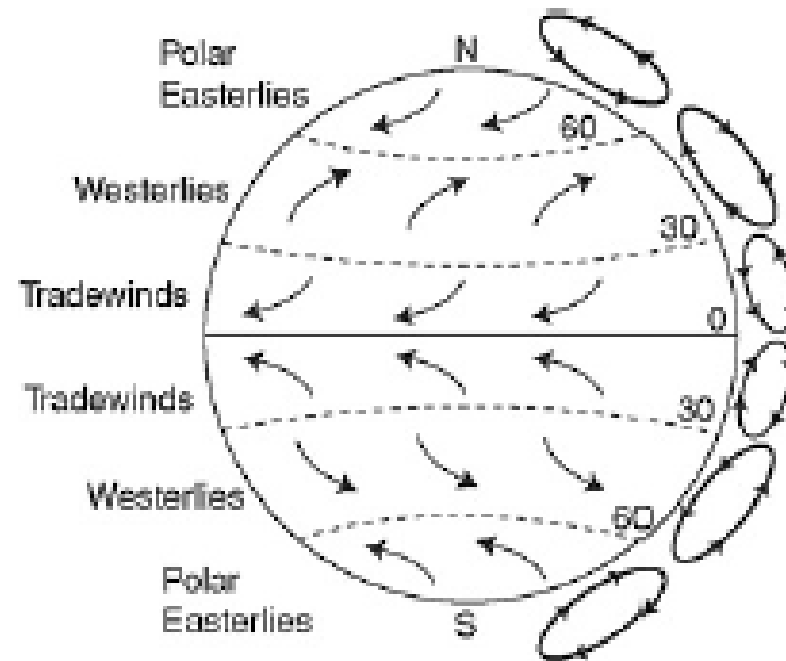
*também decorrentes das marés

Formação dos ventos de larga escala (global) devido ao deslocamento das massas de ar.



Modelo das células de vento

Formação dos ventos de larga escala (global) devido ao deslocamento das massas de ar.



- ↳ Alísios: ventos que sopram dos trópicos para o Equador, em baixas altitudes;
- ↳ Contra: Alísios: ventos que sopram do Equador para os pólos, em altas altitudes;
- ↳ Ventos do Oeste: ventos que sopram dos trópicos para os pólos;
- ↳ Polares: ventos frios que sopram dos pólos para as zonas temperadas;

...Origem dos ventos: os fatores globais são afetados pelos fatores locais

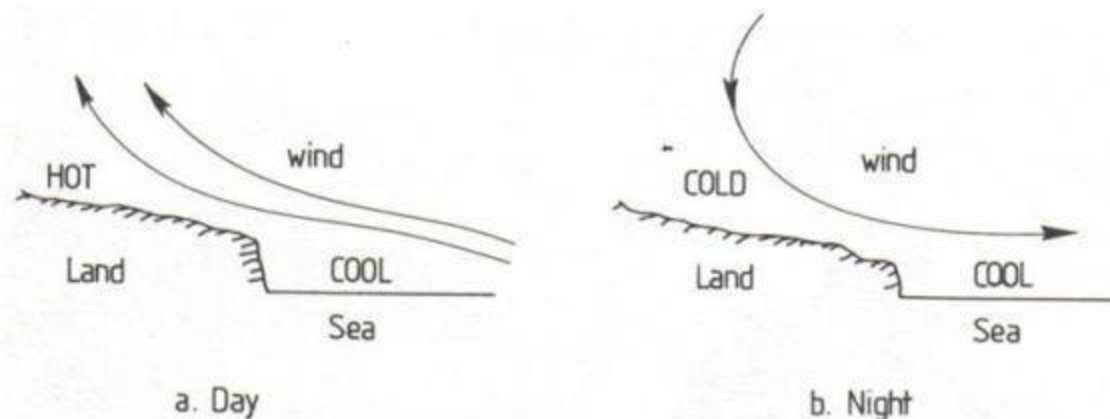
G
L
O
B
A
L
F
A
C
T
O
R
S

- INCIDÊNCIA DE ENERGIA SOLAR VARIA COM LATITUDE
- ROTAÇÃO DA TERRA
- Etc.

+

L
O
C
A
L
F
A
C
T
O
R
S

- VARIAÇÕES DEVIDAS À PRESENÇA DAS MASSAS CONTINENTAIS
- Relevo, rugosidade, etc.....

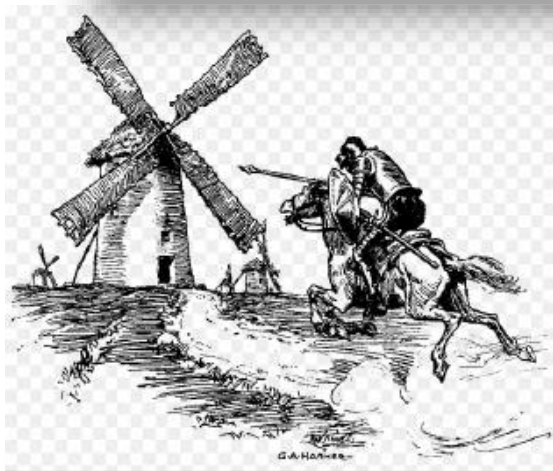


Aproveitamento da energia eólica

A energia eólica é a energia cinética do vento.

- Os primeiros equipamentos a utilizar energia eólica foram os Moinhos de Vento:
 - Empregados para moagem e produção de farinhas e farelos;
 - Empregados para bombear água;
 - Instrumentos musicais e brinquedos;
 - Declinaram junto com a Revolução Industrial e eletrificação rural.

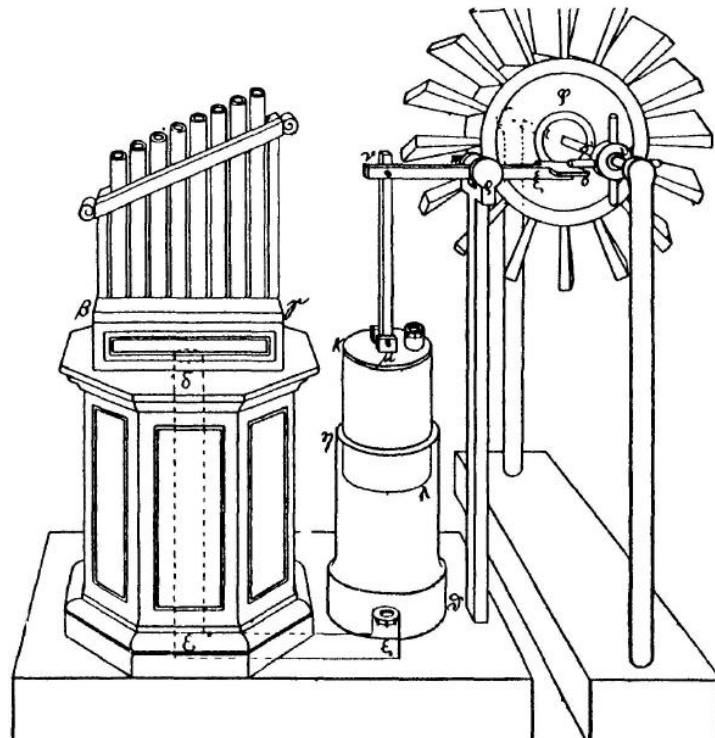
Linha do tempo (Ocidente)



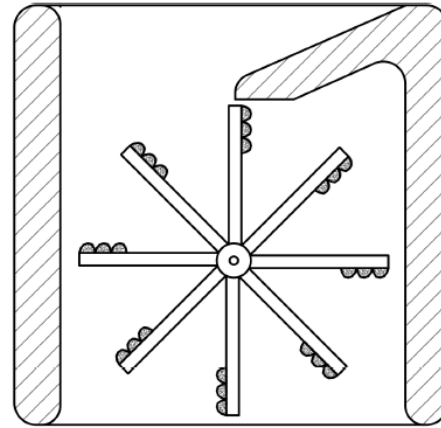
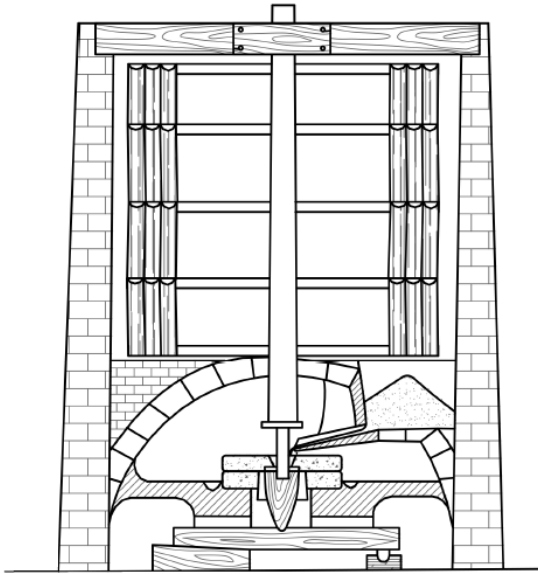
Primeiras “máquinas eólicas”

- Órgão de Heron
- (+/- séc. I DC)

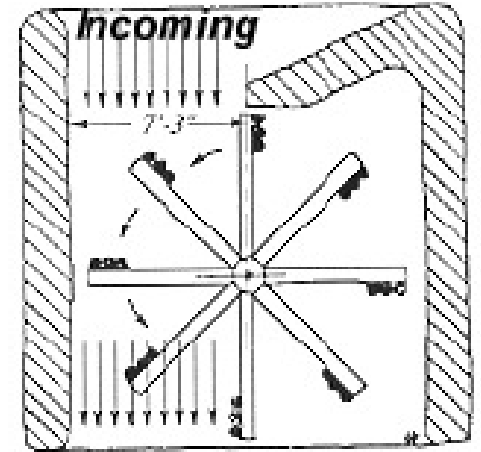
Conceito de turbina de eixo horizontal



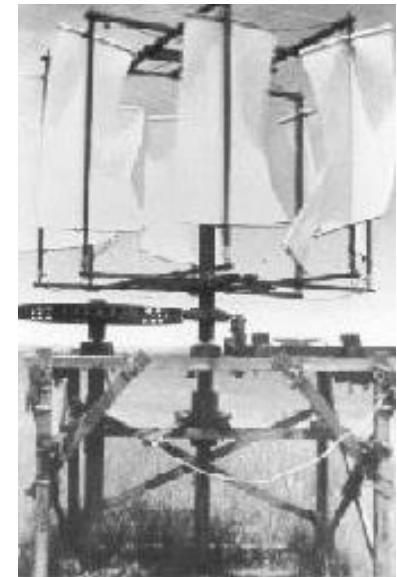
Moinho Persa (+/- séc. VI DC)



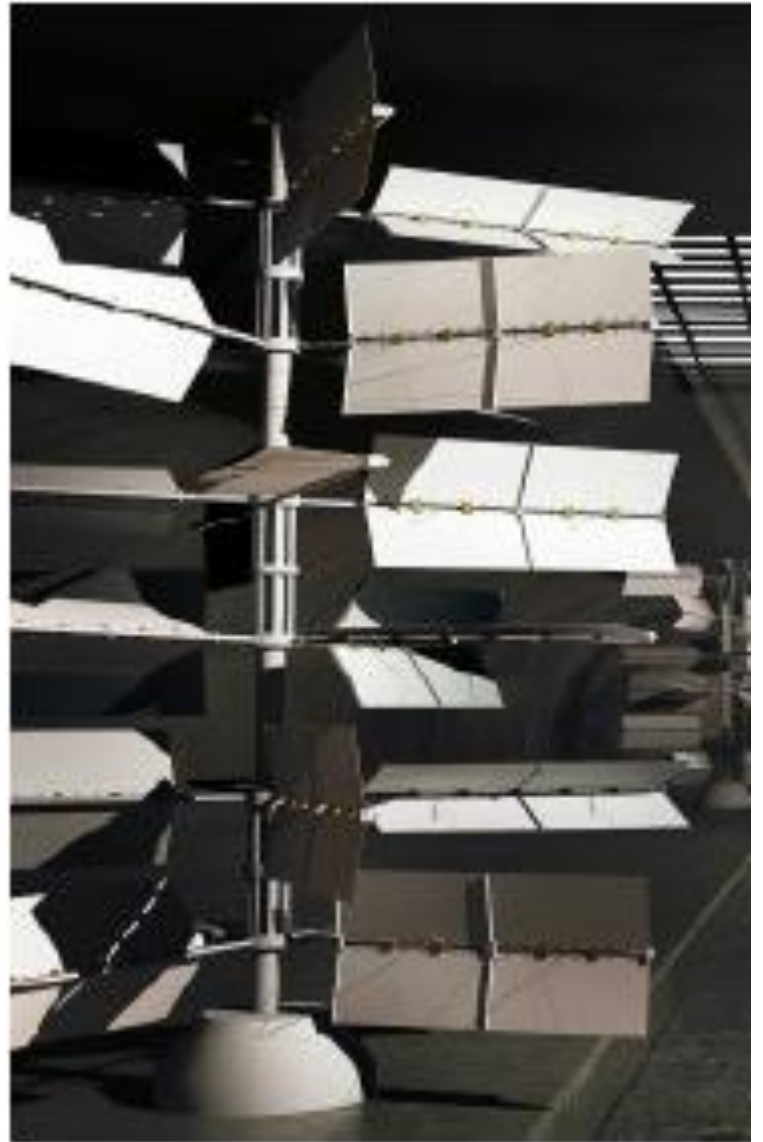
Conceito de turbina de eixo vertical



Adaptação americana, séc XIX



Patentes “Brazucas” recentes (2011, 2015...)



Moinho de Vento Europeu

Moinhos de vento adaptados para bombeamento de água para irrigação e construção de diques.



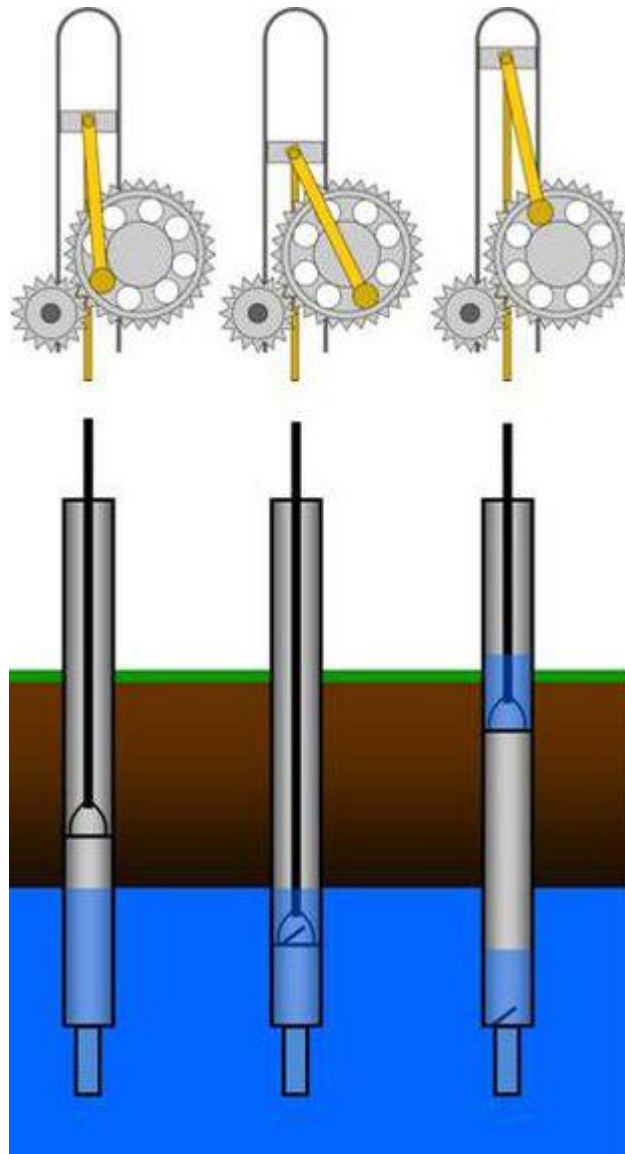
Moinhos de vento na Ilha de Creta
(pás = velas de embarcações)



Moinhos de vento Holandeses
(século XVI em diante)

Fonte: Erich Hau, "Windkraftanlagen" (título em alemão), Springer, Berlin, 4 ed., 2008.

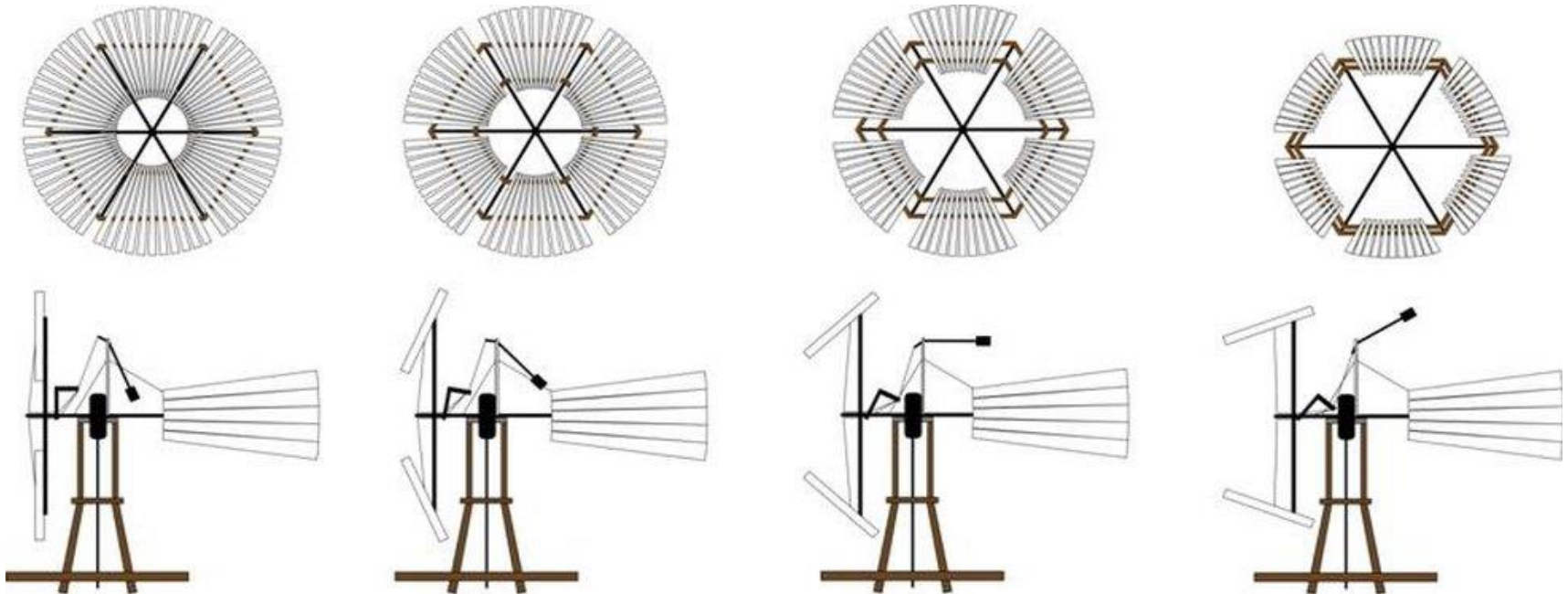
“Moinhos” para bombeamento de água



Copyright 2005 - 2016 by Thomas Haskell, Illinois Windmills

Mecanismo limitador de velocidade angular; exemplo

6 conjuntos de pás pivotantes; com o aumento excessivo da rotação, as pás pivotam “tendendo à horizontal”.



Milhões de “wind machines” para bombeamento de água em propriedades rurais foram vendidos durante os séculos XIX e XX nos USA.



Utilização da Energia Eólica no Século XX

- Aerogeradores de Pequeno Porte (expansão territorial e sist. isolados)
- Aerogeradores de Grande Porte (pesquisas e desenv. industrial)

Desenv. e utilização de turbinas eólicas de pequeno porte para suprimento de energia em comunidades isoladas



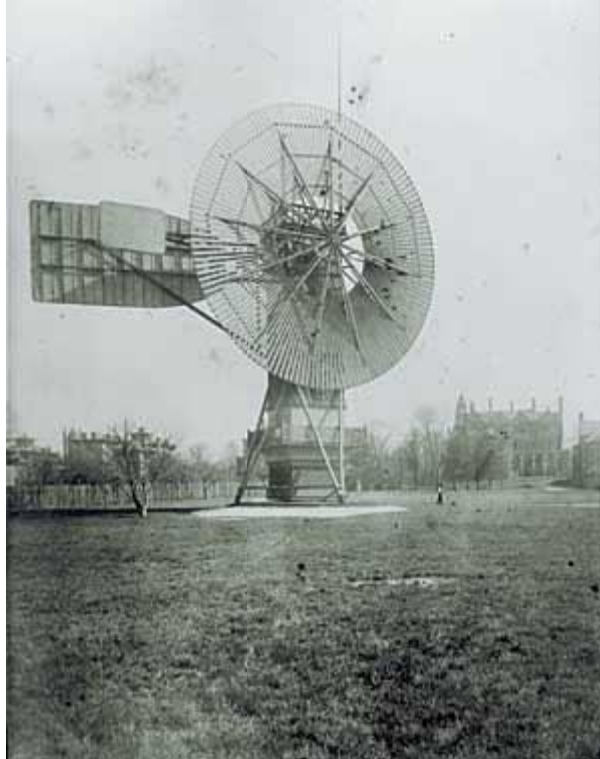
Fonte: Dutra, 2001

Fonte: Renewable Energy:

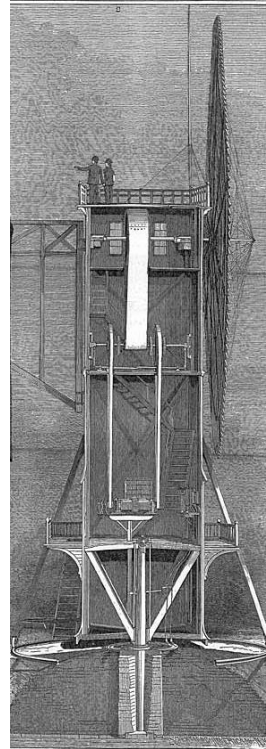
Power for a Sustainable Future, Boyle G.

Primeiras Turbinas Eólicas

Brush Windmills: Cleveland, Ohio (1887-1888);



Brush Windmill



Vista lateral em
corte



Sala do gerador elétrico

Diâmetro do rotor 17 m;

144 pás;

Potência nominal 12 kW;

Gerador de corrente contínua.

Fonte: Danish Wind Industry Association
(windpower.org)

Laboratório de Engenharia do Vento - LEVE

12.00 A YEAR.



Popularização: eletrificação rural



The “Cadillac of Wind Turbines” is Jacobs, named for its founders Marcellus and Joe Jacobs. The company has been manufacturing three-rotor turbines atop lattice towers since 1928; their aim was to bring electricity to rural areas. But aside from being the oldest running wind turbine company, the Jacobs brand is billed to be among the more affordable and reliable wind energy systems made available to consumers. Jacobs gained world fame when Admiral Richard Byrd took a turbine with him to explore Antarctica in 1933. The turbines were small in size and power output, designed to charge a battery to power light bulbs, radios, and small appliances.

Copyright 2005 - 2016 by Thomas Haskell, Illinois Windmills

Historical wind turbines (source: Gipe [32, p. 78])

Thomas Ackermann*, Lennart Söder

Turbine, country	Diameter (m)	Swept area (m ²)	Power (kW)	Specific power (kW/m ²)	Number of blades	Tower height (m)	Date in service
Poul LaCour, DK	23	408	18	0.04	4	–	1891
Smith- Putnam, US	53	2231	1250	0.56	2	34	1941
F. L. Smidth, DK	17	237	50	0.21	3	24	1941
F. L. Smidth, DK	24	456	70	0.15	3	24	1942
Gedser, DK	24	452	200	0.44	3	25	1957
Hütter, Germany	34	908	100	0.11	2	22	1958

Equivalente a Charles Brush e os Jacobs

Evolução das Turbinas Eólicas

Durante os quase **120 anos** após a invenção da primeira turbina eólica para geração de energia elétrica, muitos modelos diferentes foram construídos.



100 kW (Rússia, 1931)



1250 kW (USA, 1941)

Smith-Putnam, Castleton, VT



50 kW (Dinamarca, 1942)



70 kW (Dinamarca, 1942/3)



100 kW (Inglaterra, 1956)

...Evolução das Turbinas Eólicas



800 kW (França, 1962)



2000 kW (USA, 1979)



630 kW (Dinamarca, 1979)



3000 kW (Alemanha, 1982)



1200 kW (Espanha, 1989)

Fonte: Erich Hau, "Windkraftanlagen" (título em alemão), Springer, Berlin, 4 ed., 2008.

Estado da arte dos aerogeradores

Desenvolvimento dos aerogeradores: aumento do porte

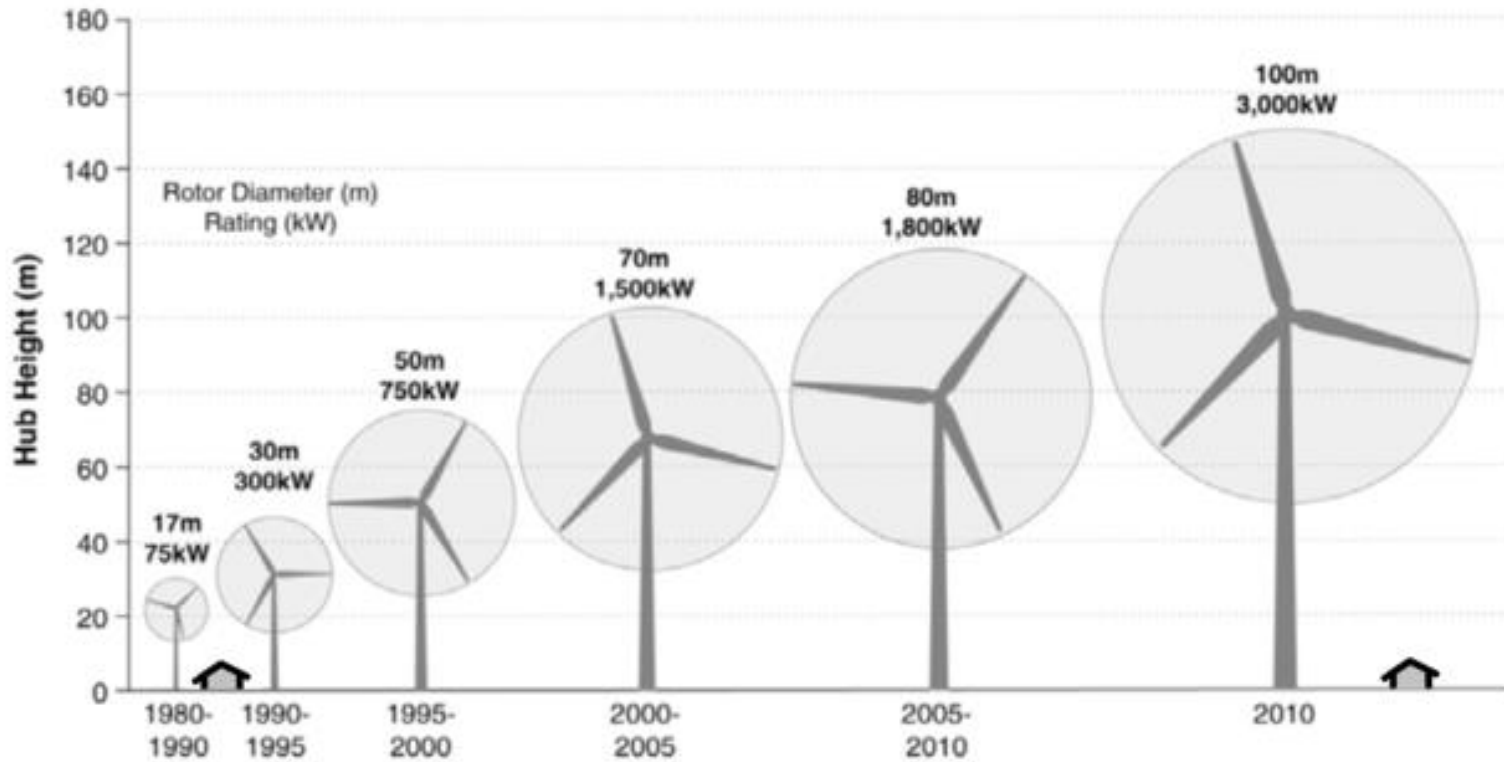
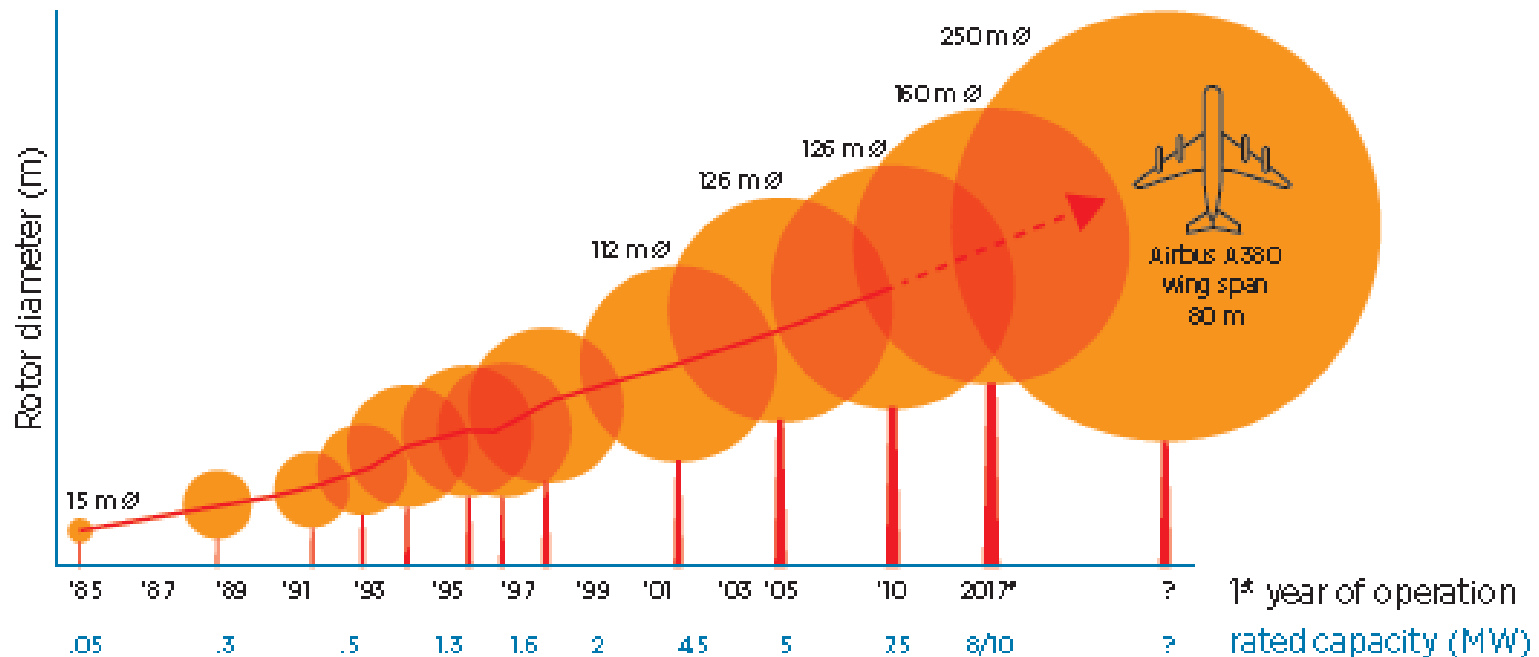


Figure 2: Growth in capacity and rotor diameter of wind turbines, 1985-2016



* expected

Evolução das Turbinas Eólicas



Blade length of 75 m for 6 MW SIEMENS offshore (blade 75 m).

Laboratório de Engenharia do Vento - LEVE

E-126 / 7,580 kW ENERCON (blade 61.5 m).

V164-8.0 MW, a maior turbina eólica do mundo

Epoch Times – 14/05/2014



O protótipo da turbina V164-8.0 MW. (Credito: Vestas)

A Vestas, empresa dinamarquesa, construiu a maior turbina eólica do mundo: a V164-8.0 MW. A turbina tem um rotor com diâmetro de 164 metros instalado numa altura de eixo de 140 metros e tem capacidade de gerar 8 MW de eletricidade utilizando o vento de uma área de cerca de 20.000 m².

Turbinas eólicas com lâminas de 200 metros podem ser o futuro da energia

Portal Alow Brasil – 01/02/2016

Projeto em desenvolvimento pela Sandia quer criar turbinas quatro vezes maiores do que o normal, com design inovador, para gerar seis vezes mais energia do que as melhores turbinas atuais

A Sandia National Laboratories está trabalhando no que promete ser um dos projetos mais ambiciosos na área de energia eólica para os EUA. A empresa está pensando em maneiras de desenvolver turbinas capazes de gerar 50 MegaWatts de energia – muito mais do que os 8 MW da maior turbina eólica do mundo disponível comercialmente e das turbinas de apenas 1 ou 2 MW encontradas em boa parte do mundo.

E como eles fariam isso? Simples: usando hélices maiores. Muito maiores.

Em 2017...

Massive wind turbine takes energy generation record



John Anderson | January 30th, 2017



The world's largest wind turbine from Danish company MHI Vestas Offshore Wind sets BMW

A behemoth V164 offshore wind turbine from Danish company MHI Vestas Offshore Wind has produced almost 216,000 kWh over a 24-hour period during tests at its site near Østerild, Denmark in December. In doing so, the 9 MW prototype - a reworked version of the V164-8.0 MW, which was initially developed in 2012 and launched two years later - takes the energy generation record for a commercially available offshore wind turbine.

Since its launch in 2014, the Usain Bolt of wind turbines is essentially in competition with itself, largely due to its superior size over the competition. The V164 stands at 722 feet (220 m) at full height, with 38-ton blades that are 263 feet (80 m) in length for a total sweep area of 227,377 square feet (21,124 square meters) - larger than the giant London Eye Ferris wheel.

Turbinas eólicas com lâminas de 200 metros podem ser o futuro da energia

Portal Alow Brasil – 01/02/2016

Projeto em desenvolvimento pela Sandia quer criar turbinas quatro vezes maiores do que o normal, com design inovador, para gerar seis vezes mais energia do que as melhores turbinas atuais

A Sandia National Laboratories está trabalhando no que promete ser um dos projetos mais ambiciosos na área de energia eólica para os EUA. A empresa está pensando em maneiras de desenvolver turbinas capazes de gerar 50 MegaWatts de energia – muito mais do que os 8 MW da maior turbina eólica do mundo disponível comercialmente e das turbinas de apenas 1 ou 2 MW encontradas em boa parte do mundo.

E como eles fariam isso? Simples: usando hélices maiores. Muito maiores.

TEN OF THE BIGGEST TURBINES

Take a look at ten of the biggest wind turbines available on the market today.

We focus on turbines in production or for which orders are being taken — omitting the discontinued, the test-bed prototypes for those that never made it, and the designs still on the drawing boards — to examine the credentials of the industry's largest models.

Updated 3 September 2018

1. MHI Vestas V164-9.5MW

1. MHI Vestas V164-9.5MW

Power rating: 9.5MW **Rotor diameter:** 164m
Drivetrain: Medium-speed geared **IEC Class:** S

MHI Vestas continues to lead the way in turbine capacity that is commercially available.

The joint venture, now in its fifth year, has indicated the V164 platform, originally announced as a 7MW model in 2011, could still evolve further, while rivals examine completely new products.

New MHI Vestas CEO Phillippe Kavafyan said it could become the offshore industry "workhorse" and expressed a desire to keep the platform competitive for a few more years, banking on the industry wanting a proven design over a new, albeit larger model.

Its 8-8.8MW version of the turbine has been installed (or is set to be installed) at several UK, Dutch, Danish and German projects, with a combined total of 2.24GW.

MHI Vestas suffered a small setback when the 9.5MW test turbine in Denmark was destroyed in a fire in 2017, the cause of which was blamed on a faulty component damaged during installation.



2. Siemens Gamesa SG 8.0-167 DD

Power rating: 8MW **Rotor diameter:** 167m
Drivetrain: Direct drive **IEC Class:** S (1B)



3. Goldwind GW154 6.7MW

Power rating: 6.7MW **Rotor diameter:** 154m
Drivetrain: Permanent magnet direct drive **IEC Class:** I

4. Senvion 6.2M152

Power rating: 6.15MW **Rotor diameter:** 152m
Drivetrain: High-speed geared **IEC Class:** S

5. GE Haliade 150-6MW

Power rating: 6MW **Rotor diameter:** 150m
Drivetrain: Direct drive **IEC Class:** 1B

6. Ming Yang SCD 6.0

Power rating: 6MW **Rotor diameter:** 140m
Drivetrain: Medium-speed geared **IEC Class:** 11B

7. Doosan WindS500

Power rating: 5.5MW **Rotor diameter:** 140m
Drivetrain: High-speed geared **IEC Class:** I

Ingeteam participates in ReaLCoE, a Senvion-led EU-backed 10MW+ offshore prototype project

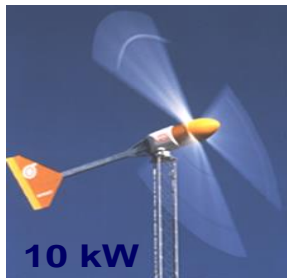
Ingeteam, an independent global supplier of electrical conversion and turbine control equipment, announced its participation as electrical systems expert and equipment supplier in ReaLCoE, a Senvion-led 10MW+ offshore prototype project, following financial sign-off on a landmark €25 million project funded by the European Commission. Involving the most experienced offshore industry stakeholders, the ReaLCoE project serves a strategic mission to develop the “Next-Generation 10MW+ rated, Robust, Reliable and Large Offshore Wind Energy Converters for Clean, Low Cost and Competitive Electricity”.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 791875.

Classificação dos Aerogeradores – Quanto ao tamanho

Pequeno		Médio		Grande	
D, m	A, m ²	D, m	A, m ²	D, m	A, m ²
0.0 - 8	0.0 - 50	16.1 - 22	200.1 - 400	45.1 - 64	1600.1 - 3200
8.1 - 11	50.1 - 100	22.1 - 32	400.1 - 800	64.1 - 90	3200.1 - 6400
11.1 - 16	100.1 - 200	32.1 - 45	800.1 - 1600	90.1 - 128	6400.1 - 12800



Fonte: Dewi

Classificação dos aerogeradores – Quanto ao tipo de eixo

**Turbinas de
eixo horizontal**

Multipás



Três pás



Duas pás



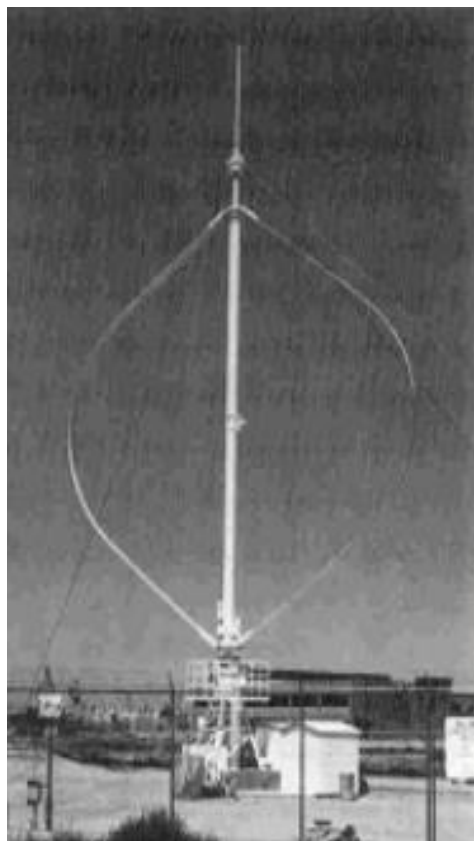
Uma pá



Fonte: Renewable Energy:
Power for a Sustainable Future, Boyle G.

Classificação dos aerogeradores – Quanto ao tipo de eixo

Turbinas de eixo vertical (com ação de empuxo)



modelo Darrieus



modelo V



modelo H.

Fonte: Renewable Energy:

Power for a Sustainable Future, Boyle G.

Turbina de eixo vertical
instalada no The Square
Open Mall, Rod. Raposo
Tavares, km 23.
Modelo VisionAIR3-UGE,
Pot. Nominal 1kW.



Modelo Savonius – eixo vertical (predomina arraste)



Conjugadas com outras edificações (em geral, excentricidades, idéias exóticas, com retorno financeiro improvável em termos de geração de energia; apelo estético, correção ambiental, etc)

Em Edifícios

Projeto de um arquiteto sul-africano chamado *Shaun Killa*, localizado na *Manama* (capital da *Bahrain*) .



Bahrain World Trade Center

Em Edifícios

Edifício residencial em construção (Elephant & Castle, Londres).



Castle House (43 andares e 147 m de altura)

Em pontes



- 26 turbinas eólicas
- 20 km de rodovia solar
- Energia para alimentar 15.000 residências

Projeto ganhador de concurso na Itália (**não construído**):
Solar Wind Bridge – Efficient reuse of highways



A Energia Eólica no Mundo

Dados extraídos do relatório anual publicado pelo Global Wind Energy Council (GWEC).

O último relatório foi publicado em abril/2018.



Join GWEC today!
www.gwec.net

GRÁTIS !!!!

Variação da capacidade instalada em 2017

GLOBAL INSTALLED WIND POWER CAPACITY (MW) – REGIONAL DISTRIBUTION

		End 2016	New 2017	Total 2017
AFRICA & MIDDLE EAST				
	South Africa	1,467	68	2,085
	Egypt	810	-	810
	Morocco	787	-	787
	Ethiopia	324	-	324
	Tunisia	245	-	245
	Jordan	79	-	79
	Other ²	159	-	159
	Total	3,911	68	4,528
ASIA				
	PR China	168,732	19,660	188,392
	India	28,700	4,148	32,848
	Japan	3,290	107	3,400
	South Korea	1,081	106	1,186
	Pakistan	590	189	789
	Taiwan	682	10	692
	Thailand	689	24	689
	Philippines	427	-	427
	Vietnam	159	36	197
	Mongolia	50	50	100
	Other ²	70	-	70
	Total	204,261	24,412	228,674

Fonte: GWEC- Global Wind Energy Council 2017 Report

Continuação...Variação da capacidade instalada em 2017

GLOBAL INSTALLED WIND POWER CAPACITY (MW) – REGIONAL DISTRIBUTION

	End 2016	New 2017	Total 2017
EUROPE			
Germany	50,019	6,581	56,600
Spain	28,075	96	28,171
UK	14,602	4,270	18,872
France	12,065	1,694	13,759
Italy	9,227	252	9,479
Turkey	6,091	766	6,857
Sweden	6,404	197	6,601
Poland	5,807	41	5,848
Denmark	5,290	342	5,632
Portugal	5,216	-	5,216
Netherlands	4,828	81	4,909
Ireland	2,701	426	3,127
Romania	3,034	5	3,039
Belgium	2,338	467	2,805
Austria	2,632	106	2,738
Finland	1,529	525	2,054
Rest of EU	5,294	455	5,749
EU-28*	153,731	15,638	169,369
Rest of Europe†	7,612	1,166	8,778
Total Europe	161,343	16,804	178,147

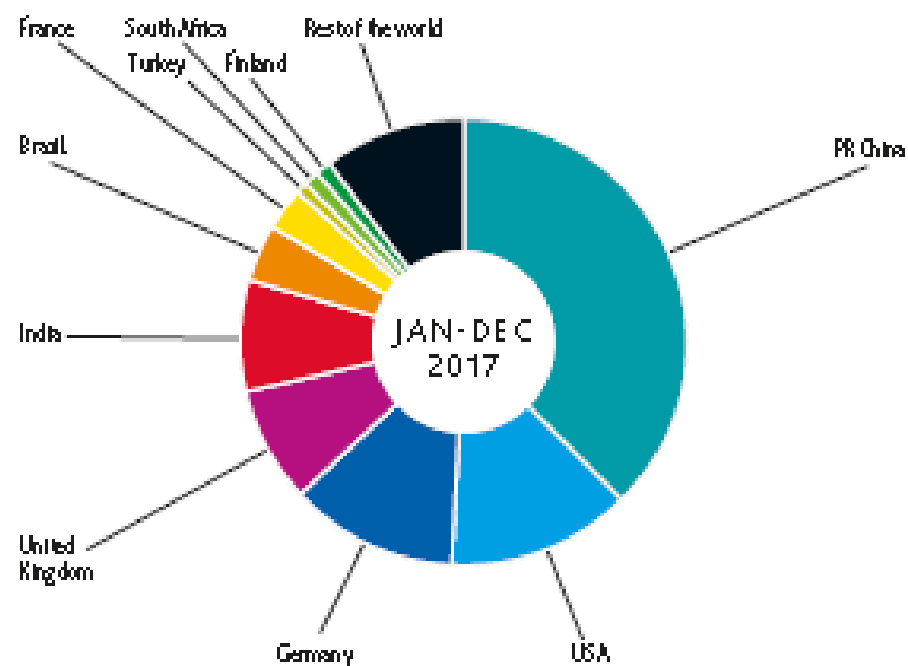
Fonte: GWEC- Global Wind Energy Council 2017 Report

Continuação...Variação da capacidade instalada em 2017

GLOBAL INSTALLED WIND POWER CAPACITY (MW) – REGIONAL DISTRIBUTION

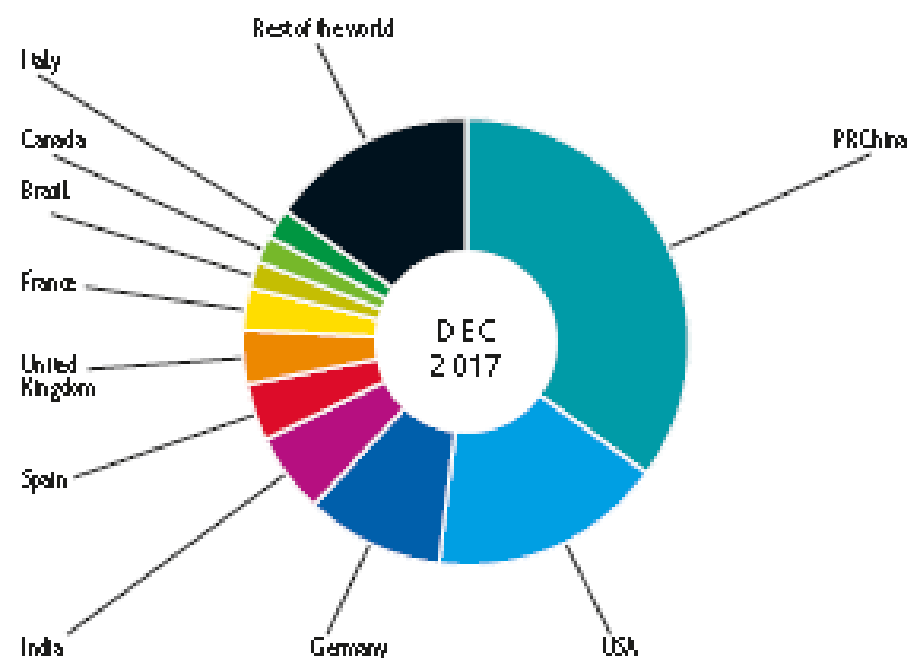
	End 2016	New 2017	Total 2017
LATIN AMERICA & CARIBBEAN			
Brazil	10,380	2022	12,402
Chile	1,434	116	1,550
Uruguay	1,210	295	1,505
Costa Rica	319	59	378
Panama	270	-	270
Peru	243	-	243
Argentina	204	24	228
Honduras	180	45	225
Dominican Republic	185	-	185
Caribbean*	200	18	218
Others†	386	-	386
Total	15,312	2,578	17,891
NORTH AMERICA			
USA	82,060	3017	85,077
Canada	11,898	341	12,239
Mexico	3,527	438	4,005
Total	97,485	3,796	101,281
PACIFIC REGION			
Australia	4312	245	4,557
New Zealand	623	-	623
Pacific Islands	13	-	13
Total	4,948	245	5,193
World total	487,279	52,492	539,771

TOP 10 NEW INSTALLED CAPACITY JAN-DEC 2017



Country	MW	% Share
PR China	19,600	37
USA	7,017	13
Germany	6,581	12
United Kingdom	4,270	8
India	4,146	8
Brazil	2,022	4
France	1,694	3
Turkey	366	1
South Africa	618	1
Finland	535	1
Rest of the world	5,182	10
Total TOP 10	47,510	90
World Total	52,492	100

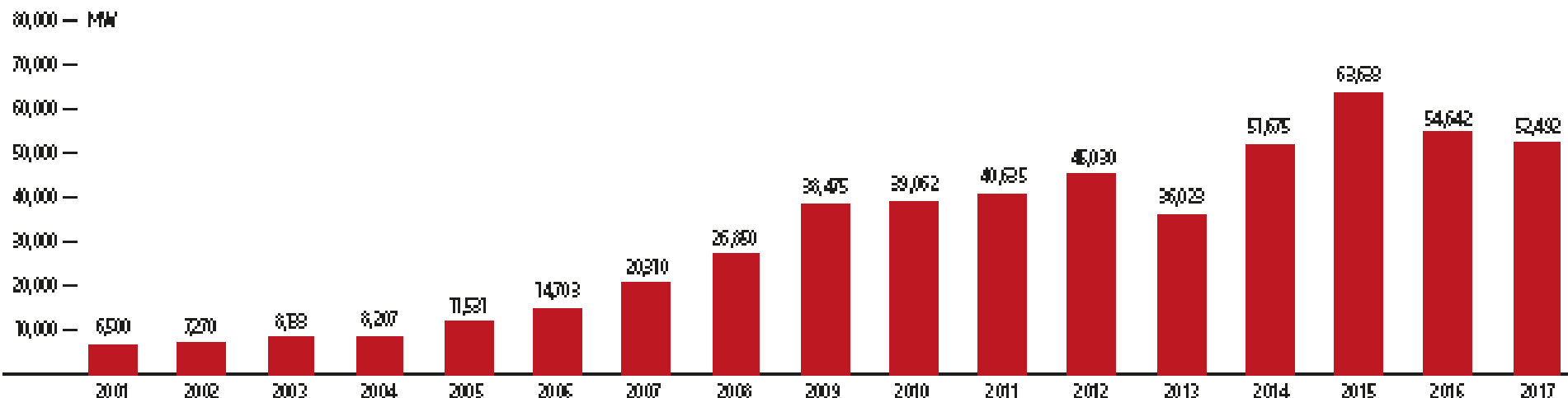
TOP 10 CUMULATIVE CAPACITY DEC 2017



Country	MW	% Share
PR China	188,292	35
USA	89,077	17
Germany	96,132	18
India	32,846	6
Spain	28,170	5
United Kingdom	16,672	3
France	18,759	3
Brazil	12,763	2
Canada	12,299	2
Italy	9,479	2
Rest of the world	82,391	15
Total TOP 10	466,732	85
World Total	539,123	100

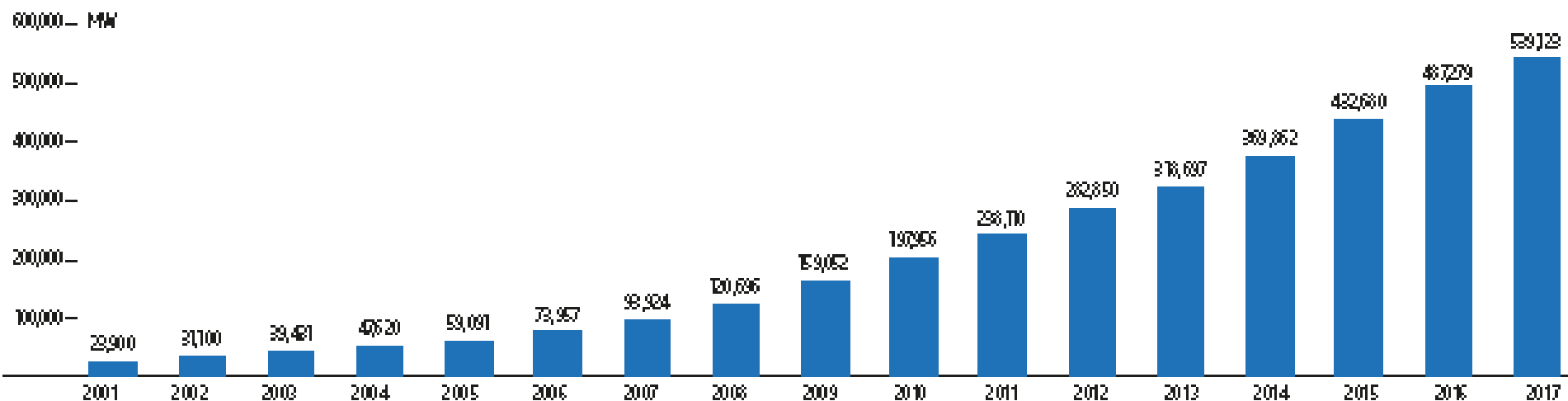
Evolução da capacidade global instalada

GLOBAL ANNUAL INSTALLED WIND CAPACITY 2001-2017



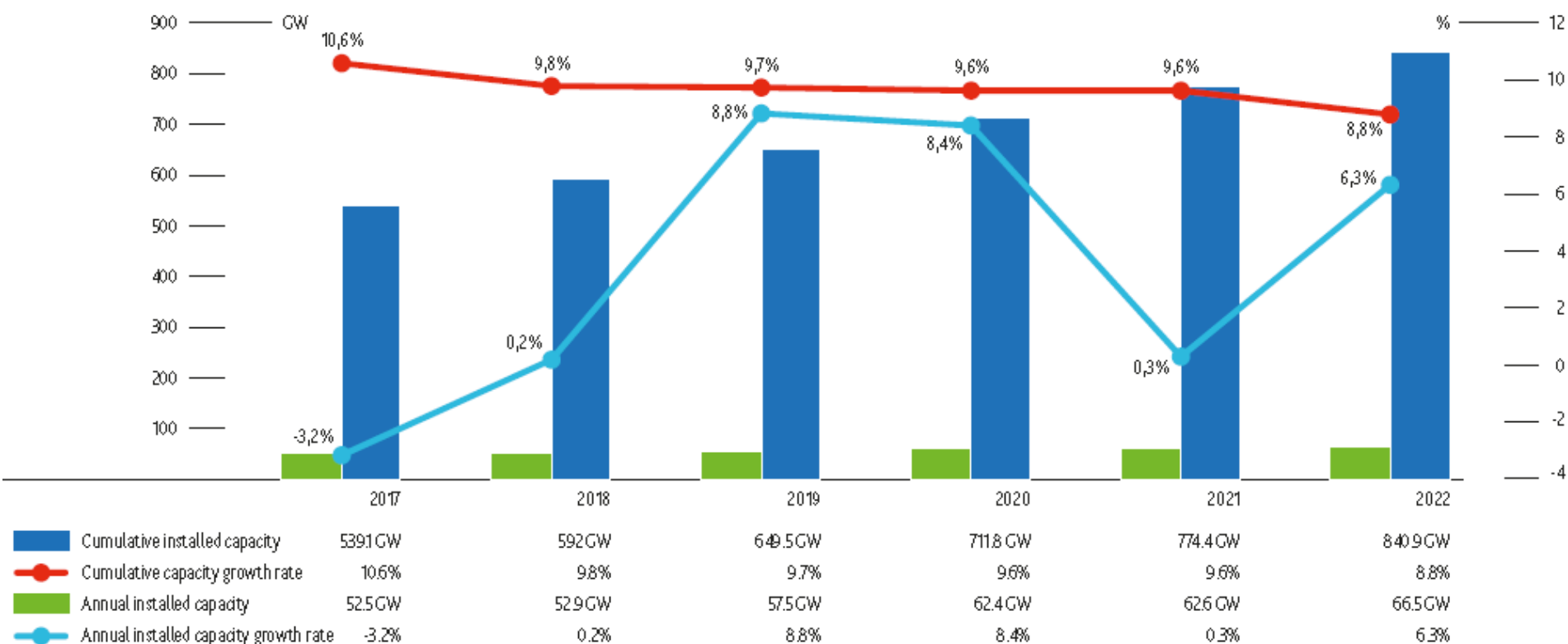
Source: GWEC

GLOBAL CUMULATIVE INSTALLED WIND CAPACITY 2001-2017



Previsão de crescimento do mercado para os próximos anos (em dezembro/2017)

MARKET FORECAST 2018-2022



... Notícias interessantes

Agência  FAPESP

Potencial eólico em terra do Brasil pode ser seis vezes maior do que o estimado

03 de outubro de 2016

Noêmia Lopes | Agência FAPESP – Uma revisão do potencial eólico *onshore* ("em terra") do Brasil, realizada em resposta ao aumento da altura das torres de geração energética, aponta que o país pode ter uma capacidade seis vezes maior de produzir energia a partir dos ventos do que o estimado no último grande levantamento nacional, o *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*, lançado em 2001.

A conclusão é de um estudo do subprojeto Energias Renováveis do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-Clima), [apolado pela FAPESP](#) e

pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e foi apresentada durante a Conferência Internacional do instituto, realizada em São Paulo entre os dias 28 e 30 de setembro.

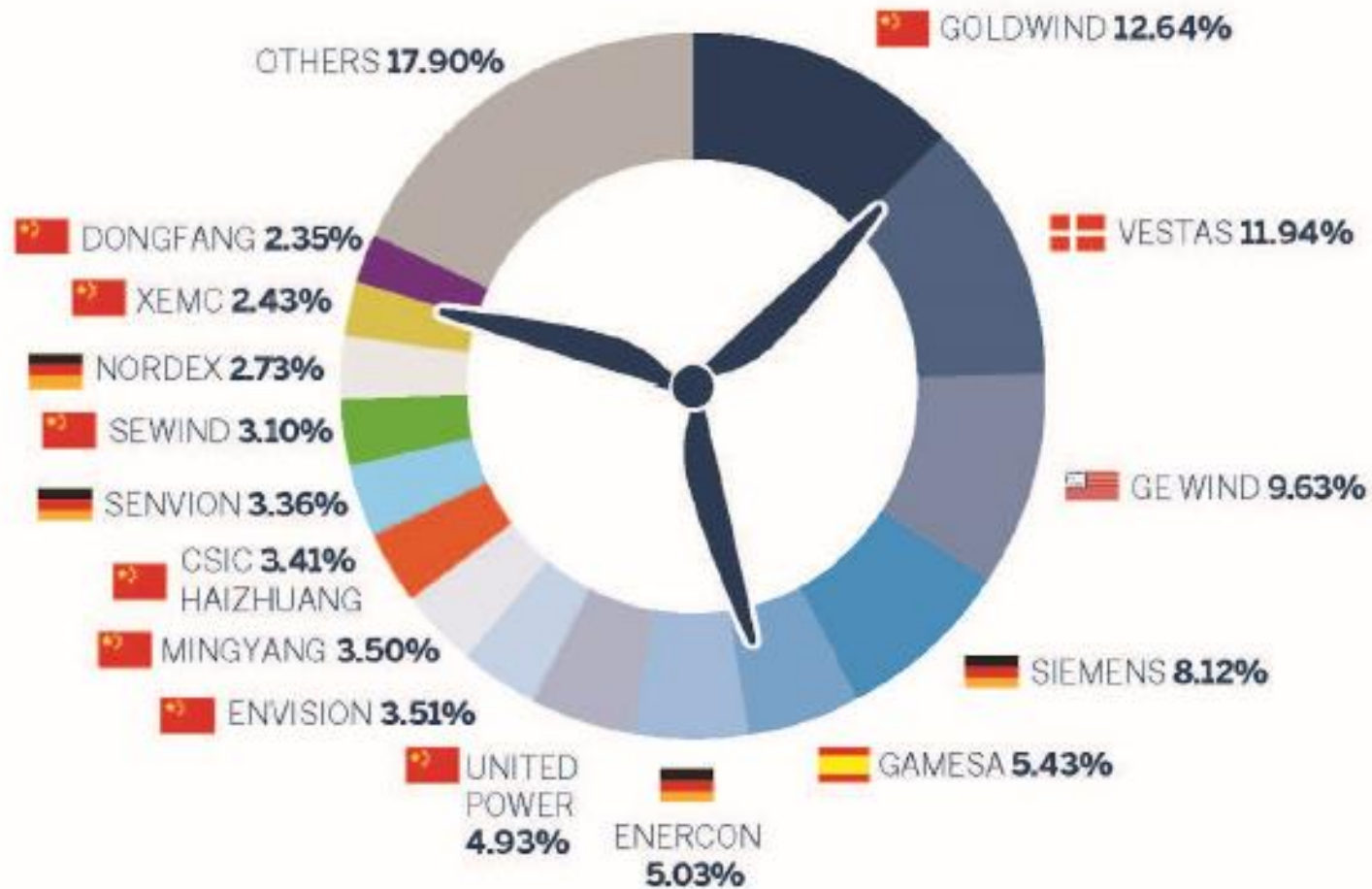
"O *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro* foi feito com a estimativa do uso de torres de 50 metros de altura. Hoje, temos torres acima de 100 metros, que ampliam o potencial tecnicamente viável de exploração de 143 gigawatt para 880 gigawatt", disse o coordenador da pesquisa, Ênio Bueno Pereira, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). "Além disso, consideramos uma expansão das áreas que se tornam economicamente viáveis para a instalação das torres."

Turbinas Eólicas – World Market Share 2008-2012

Rank	2008		2009		2010		2011	
1	Vestas Vestas		Vestas Vestas		Vestas Vestas		Vestas Vestas	
2	 GE		 GE		SINOVEL 华锐风电 Sinovel		SINOVEL 华锐风电 Sinovel	
3	Gamesa Gamesa		SINOVEL 华锐风电 Sinovel		 GE		GOLDWIND Goldwind	
4	ENERCON ENERGY FOR THE WORLD Enercon		ENERCON ENERGY FOR THE WORLD Enercon		GOLDWIND Goldwind		Gamesa Gamesa	
5	SIEMENS Siemens		GOLDWIND Goldwind		ENERCON ENERGY FOR THE WORLD Enercon		ENERCON ENERGY FOR THE WORLD Enercon	
6	SUZLON POWERING A GREENER TOMORROW Suzlon		Gamesa Gamesa		SUZLON POWERING A GREENER TOMORROW Suzlon		 GE	
7	SINOVEL 华锐风电 Sinovel		DEC 东方电气 DONGFANG ELECTRIC Dongfang		DEC 东方电气 DONGFANG ELECTRIC Dongfang		SUZLON POWERING A GREENER TOMORROW Suzlon	
8	GOLDWIND Goldwind		SUZLON POWERING A GREENER TOMORROW Suzlon		Gamesa Gamesa		联合动力 United Power Guodian United Power	
9	DEC 东方电气 DONGFANG ELECTRIC Dongfang		SIEMENS Siemens		SIEMENS Siemens		SIEMENS Siemens	
10	NORDEX We've got the power Nordex		REpower Systems Repower Systems		联合动力 United Power Guodian United Power		联合动力 United Power Guodian United Power	

2012	%
GE (USA)	15,5
Vestas (Den.)	14,0
Siemens (Ger.)	9,5
Enercon (Ger.)	8,2
Suzlon (India)	7,4
Gamesa (Spain)	6,1
Goldwind	6,0
United Power	4,7
Sinovel	3,2
Ming Yang	2,7

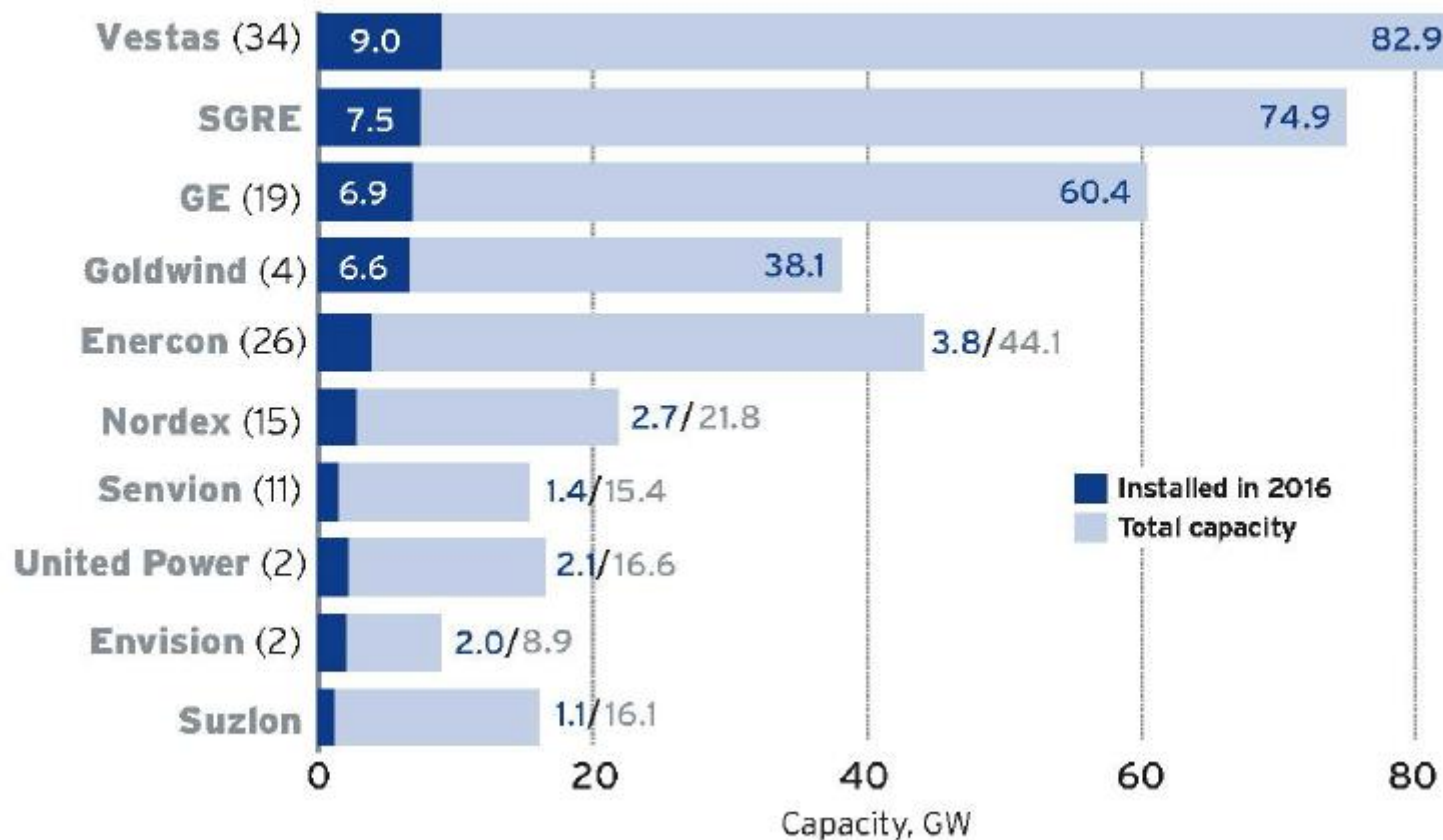
Top 15 wind turbine suppliers in annual global market 2015



Modelo de negócios da GoldWind: não vende turbinas, vende energia.

Top 10 OEMs

MANUFACTURER (No of markets, if known)



LATEST TURBINE DEALS ON WINDPOWER INTELLIGENCE

Last updated 27 January 2017

Project	Country	Capacity	Developer	Turbine	Online year	Date reported
Langenburg	Germany	41MW	EnBW	Vestas V126-3.3MW, V126-3.45MW	2017	27/01/2017
Kutch	India	50.4MW	unnamed	Suzlon S97 2.1MW	2017	24/01/2017
Pier IV	Mexico	220.5MW	Iberdrola	Gamesa G114-2.625MW	2019	20/01/2017
Santiago Eolico	Mexico	105MW	Iberdrola	Gamesa G114-2.1MW	2019	20/01/2017
Lingkou	China	48MW	Xiehe	Ming Yang 2MW	2018	17/01/2017
Shengjingshan	China	48MW	Xiehe	Goldwind 2MW	2018	17/01/2017
Yushan	China	48MW	Xiehe	Goldwind 2MW	2018	17/01/2017
Borkum Riffgrund 2	Germany	448MW	Dong Energy	MHI Vestas V164-8MW	2019	13/01/2017
Mount Gellibrand	Australia	66MW	Acciona Energia	Nordex AW125/3000	2018	12/01/2017
Mynydd y Gwair	UK	32.8MW	Innogy Renewables UK	Senvion MM92 2.05MW	2018	11/01/2017
Port of Eemshaven	Netherlands	9MW	Growind	Lagerwey L136-4.5MW	2017	10/01/2017
Anantapur (Axis Energy)	India	105MW	Axis Energy Group	Suzlon S111-2.1MW	2017	06/01/2017
Flat Top	USA	200MW	Alterra Power	Vestas V110-2MW	2017	05/01/2017
La Castellana	Argentina	96MW	CP Renovables	Nordex AW125/3000	2018	03/01/2017
Achiras	Argentina	45MW	CP Renovables	Nordex AW125/3000	2018	03/01/2017

More wind farm updates

Data supplied by **WINDPOWER** INTELLIGENCE

Plantas offshore

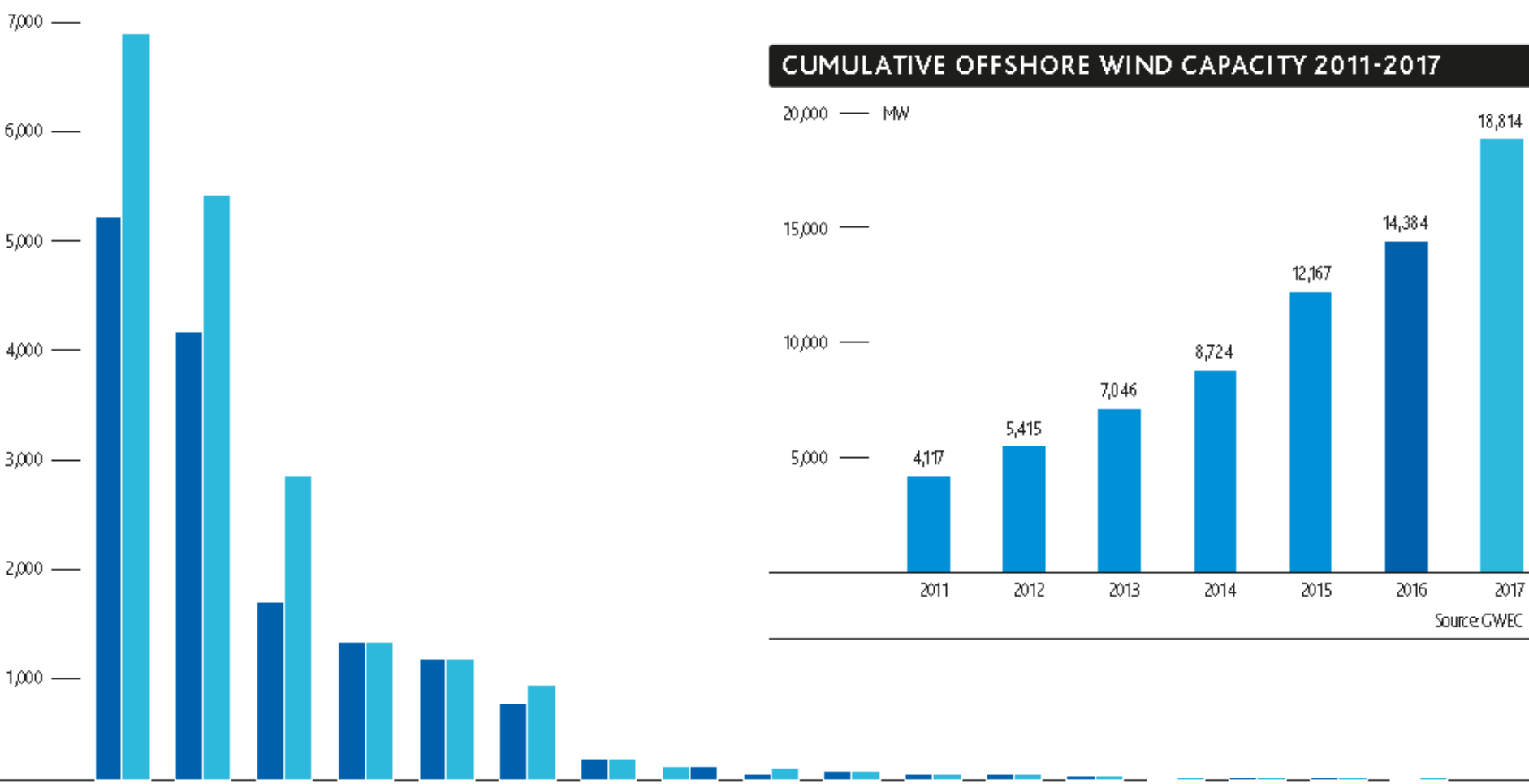


Horns Rev II, Dinamarca

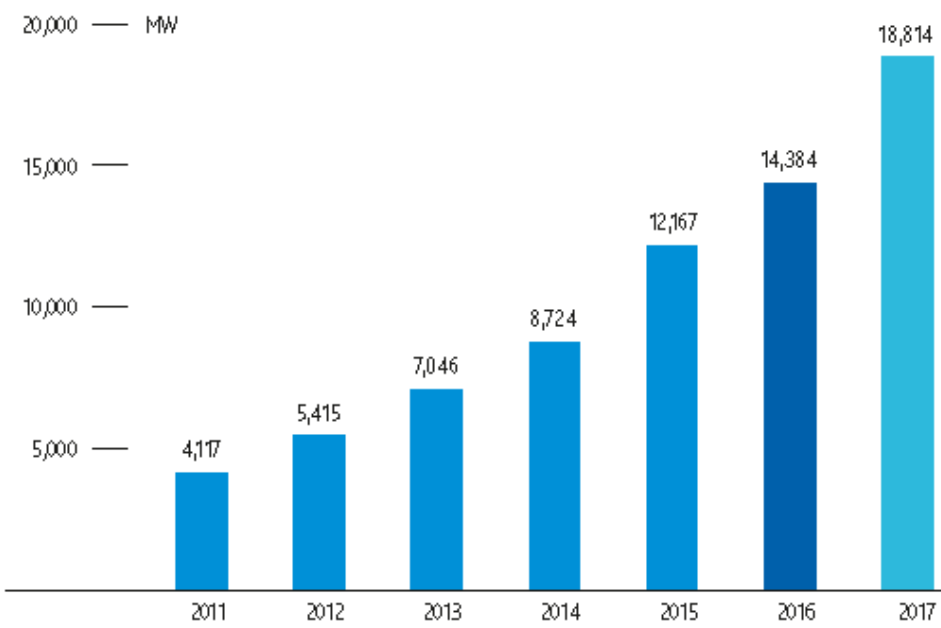


GLOBAL CUMULATIVE OFFSHORE WIND CAPACITY IN 2017

8,000 — MW Cumulative capacity 2016 Cumulative capacity 2017



CUMULATIVE OFFSHORE WIND CAPACITY 2011-2017



Source GWEC

	UK	Germany	PR China	Denmark	Netherlands	Belgium	Sweden	Vietnam	Finland	Japan	South Korea	United States	Ireland	Taiwan	Spain	Norway	France	Total
Total 2016	5,156	4,108	1,627	1,271	1,118	712	202	99	32	60	35	30	25	0	5	2	0	14,483
New 2017	1,680	1,247	1,164	0	0	165	0	0	60	5	3	0	0	8	0	0	2	4,334
Total 2017	6,836	5,355	2,788	1,271	1,118	877	202	99	92	65	38	30	25	8	5	2	2	18,814

Energia Eólica Offshore

	2009	2011	2012
Profundidade média	10,6 m	22,8 m	22 m
Distância média da costa	12,8 km	23.4 km	29 km

FIG. 27: AVERAGE WATER DEPTH AND DISTANCE TO SHORE OF ONLINE, UNDER CONSTRUCTION AND CONSENTED WIND FARMS.

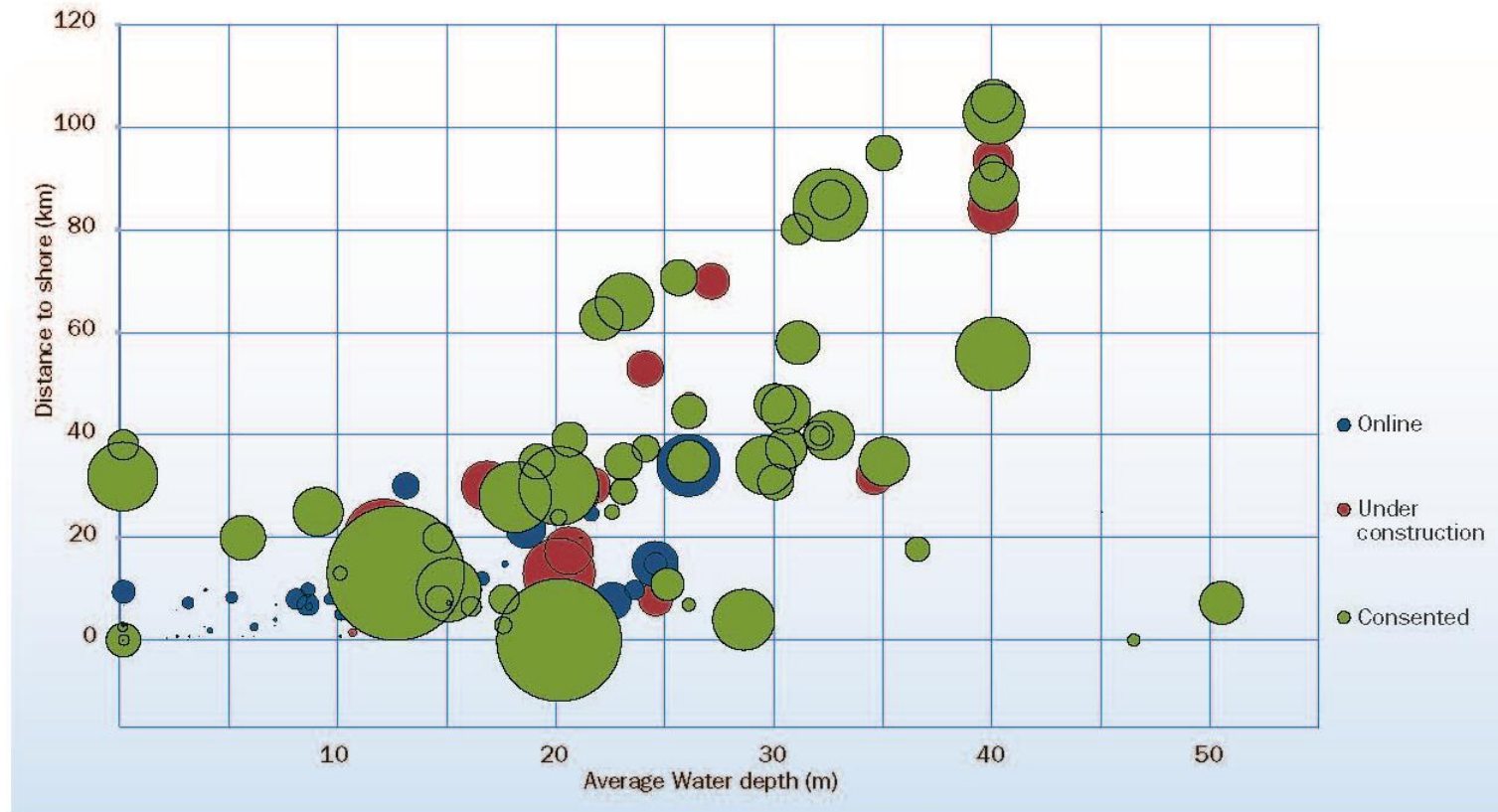
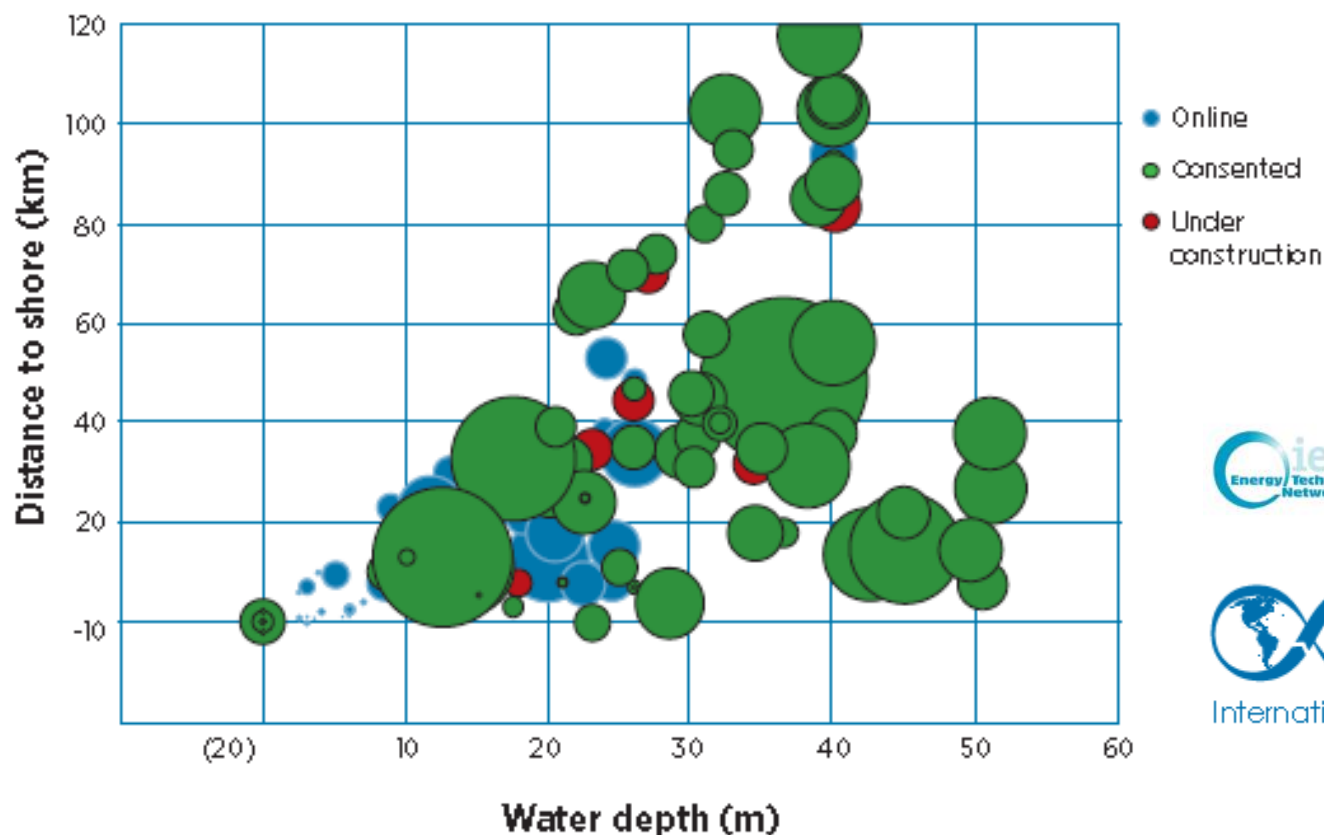


Figure 4: Average water depth, distance to shore and size of offshore wind farms (online, under construction and consented), end-2014



ETSAP
ENERGY TECHNOLOGY SYSTEMS ANALYSIS PROGRAMME

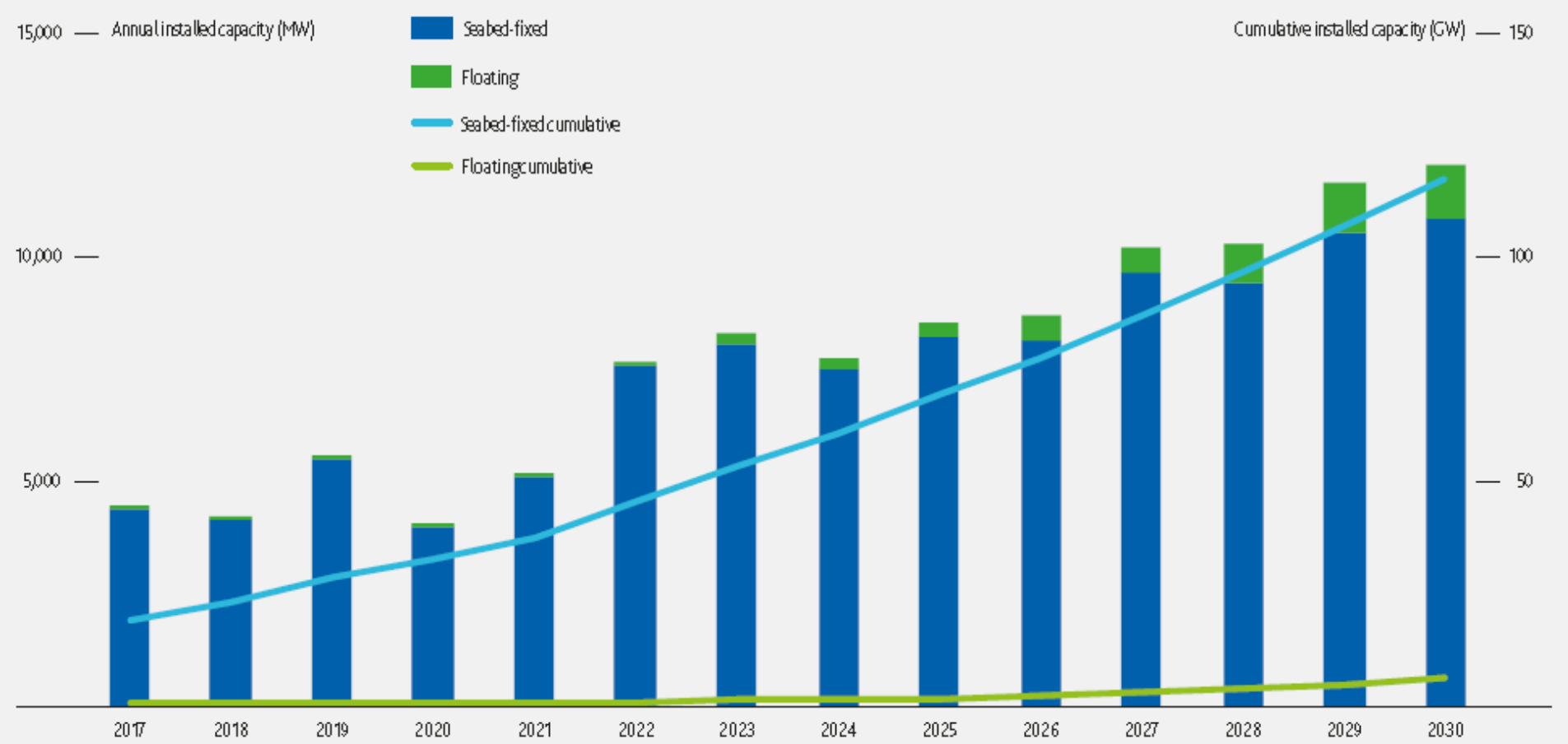


IRENA
International Renewable Energy Agency

Source: EWEA, 2015 EWEA (European Wind Energy Association) (2015). *The European Offshore Wind Industry – Key Trends and Statistics 2014*. EWEA. Brussels.

IEA-ETSAP and IRENA® Technology Brief E07 – March 2016

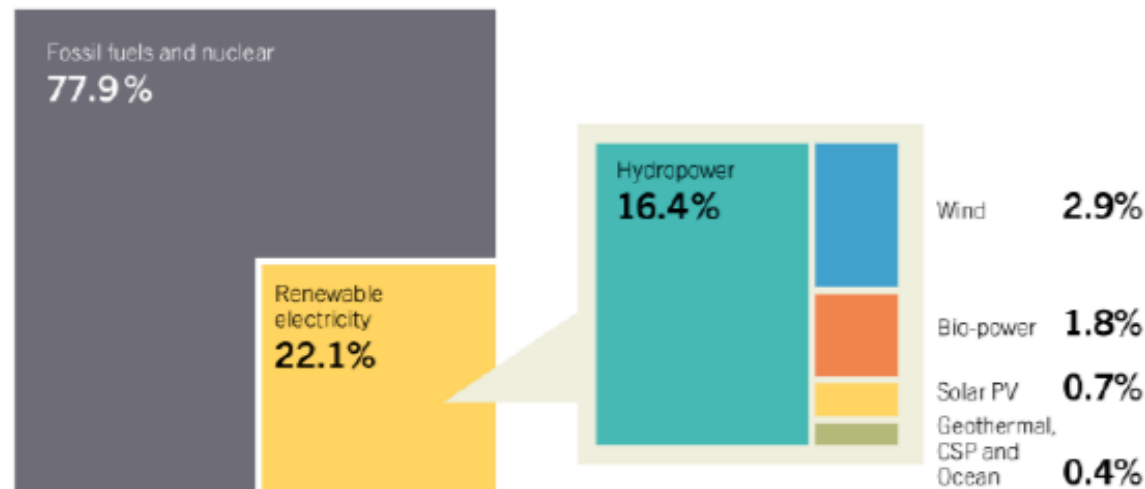
PROJECTIONS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT GLOBALLY OUT TO 2030



Participação da energia eólica na oferta mundial de energia

Eólica na Produção Mundial

Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2013



Based on renewable generating capacity in operation end-2013.
Data do not add up due to rounding.

REN21. 2014. *Renewables 2014 Global Status Report* (Paris: REN21 Secretariat).



Fonte: **REN 21** – Global Status Report 2014

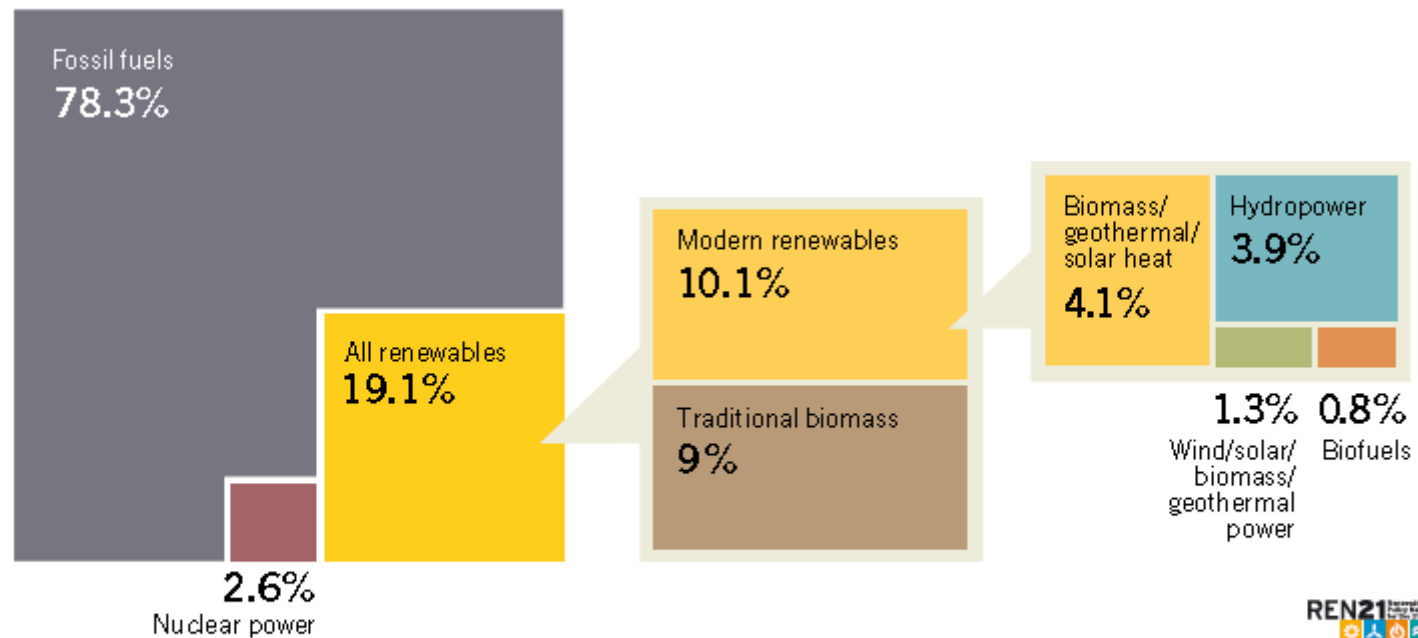


CSP: concentrated solar power; CPV: concentrated photo voltaic

RENEWABLES 2015

GLOBAL STATUS REPORT

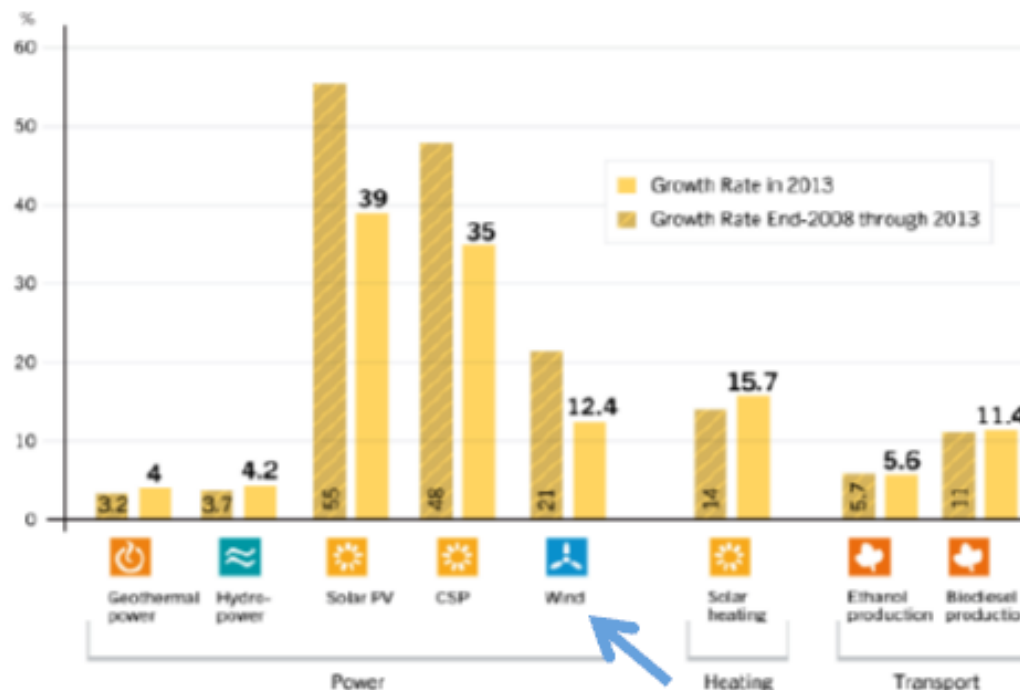
Figure 1. Estimated Renewable Energy Share of Global Final Energy Consumption, 2013



- i- An estimated 1.2 billion people worldwide lack access to electricity, and 2.8 billion people rely on traditional biomass for cooking and heating. See United Nations Sustainable Energy for All (SE4ALL), "United Nations Decade of Sustainable Energy for All 2014-2024," <http://www.se4all.org/decade/>, viewed 10 April 2015.
- ii - SE4ALL has three interlinked objectives: ensuring universal access to modern energy services, doubling the global rate of improvement in energy efficiency, and doubling the share of renewable energy in the global energy mix. See SE4ALL, "Our Objectives," <http://www.se4all.org/our-vision/our-objectives/>, viewed 10 April 2015.

Crescimento entre 2008 e 2013

Average Annual Growth Rates of Renewable Energy Capacity and Biofuels Production, End-2008–2013



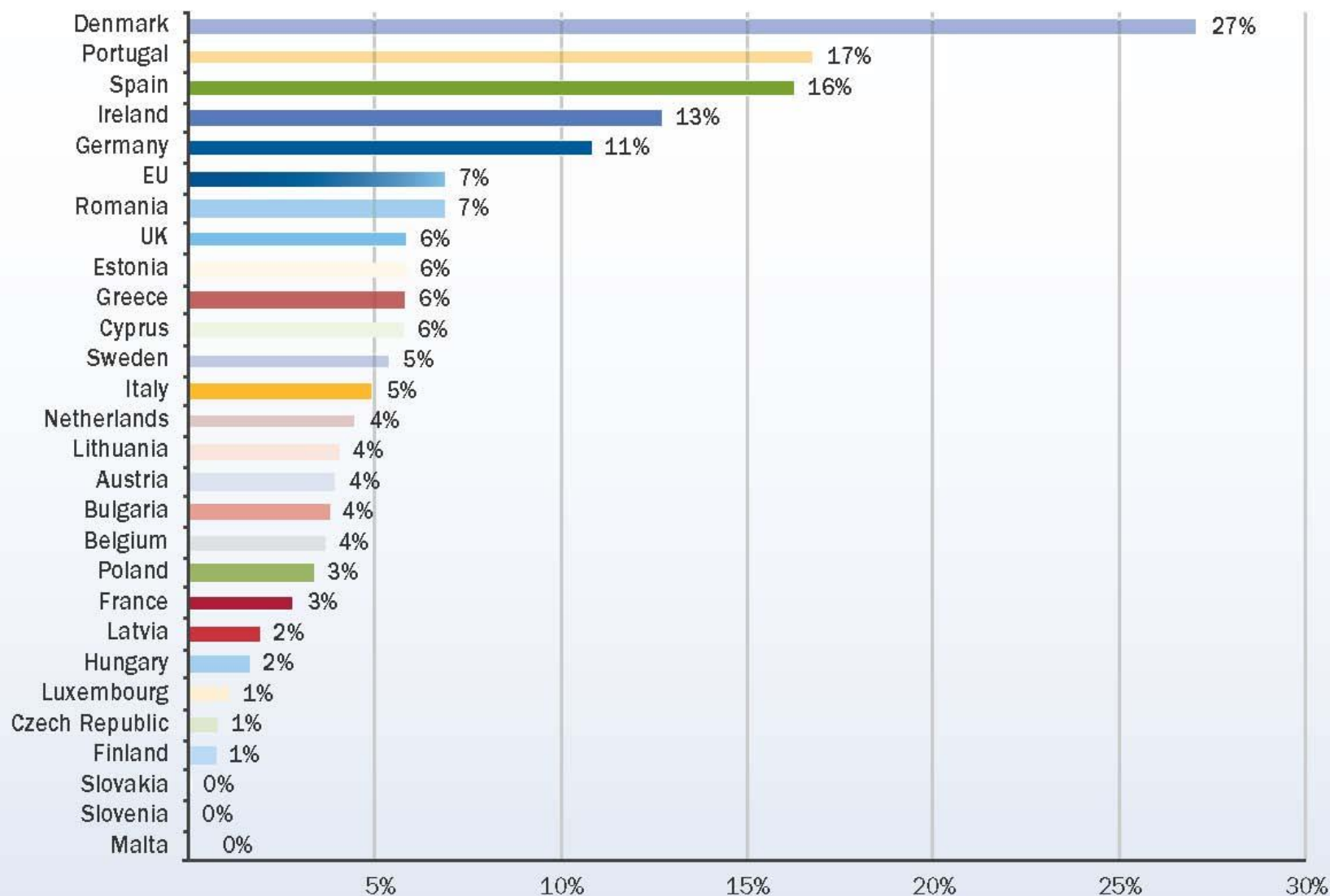
REN21. 2014. *Renewables 2014 Global Status Report* (Paris: REN21 Secretariat).



Fonte: **REN 21** – Global Status Report 2014



Energia Eólica no total de Energia Elétrica Consumida (EU)



Energia Eólica no Brasil

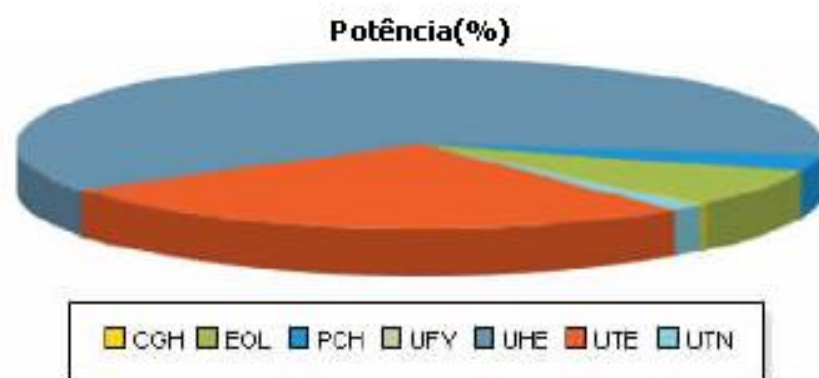
Primeira Turbina Eólica instalada no Brasil



75 kW em Fernando de Noronha em 1992.

Matriz Elétrica Brasileira (GW)

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	615	548.492	550.493	0,36
EOL	451	11.032.039	10.920.243	7,12
PCH	433	4.983.962	4.974.684	3,24
UFV	50	148.234	144.234	0,09
UHE	217	101.138.278	93.827.452	61,15
UTE	2.925	42.501.900	41.030.546	26,74
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,3
Total	4.693	162.342.905	153.437.652	100

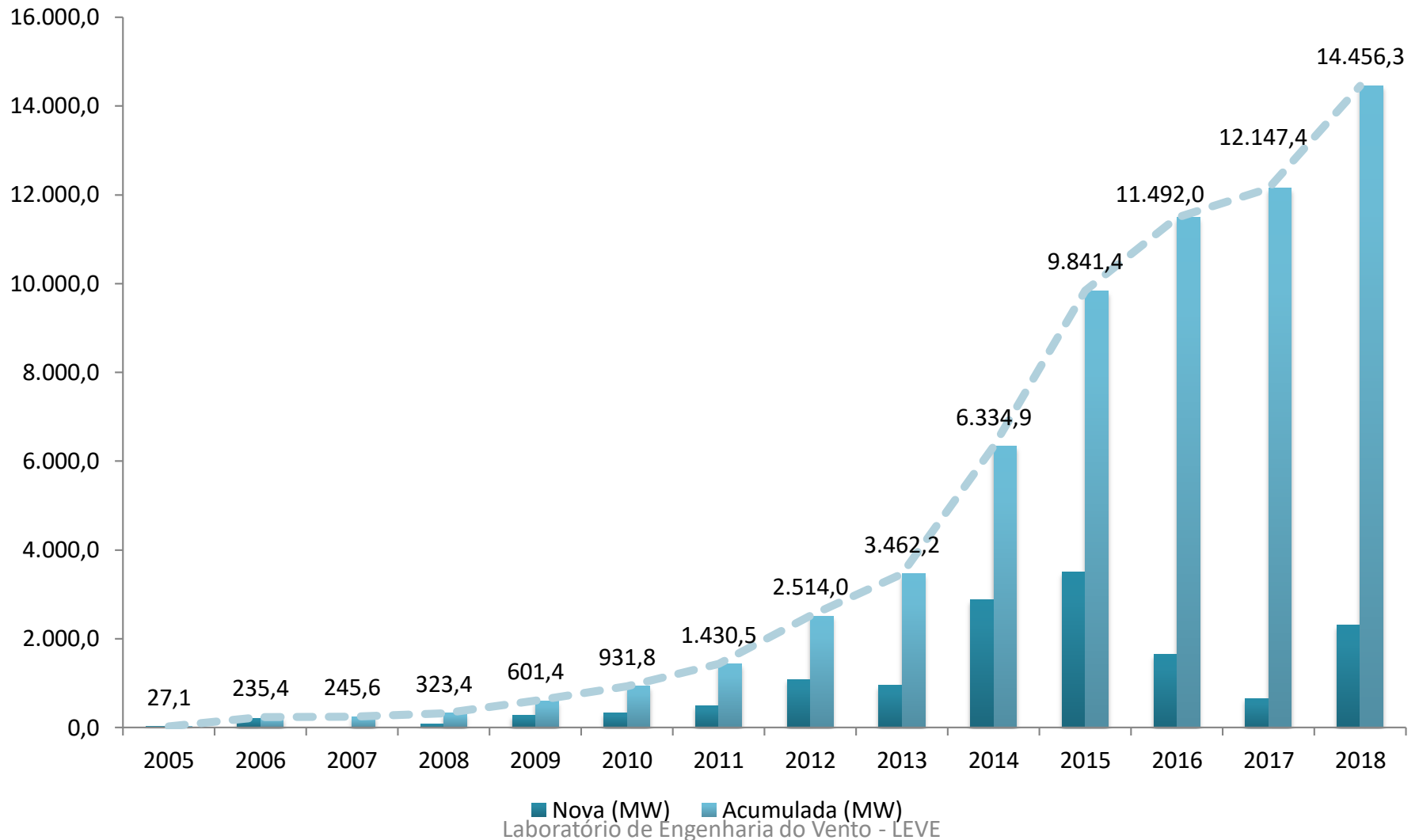


Potência(%)

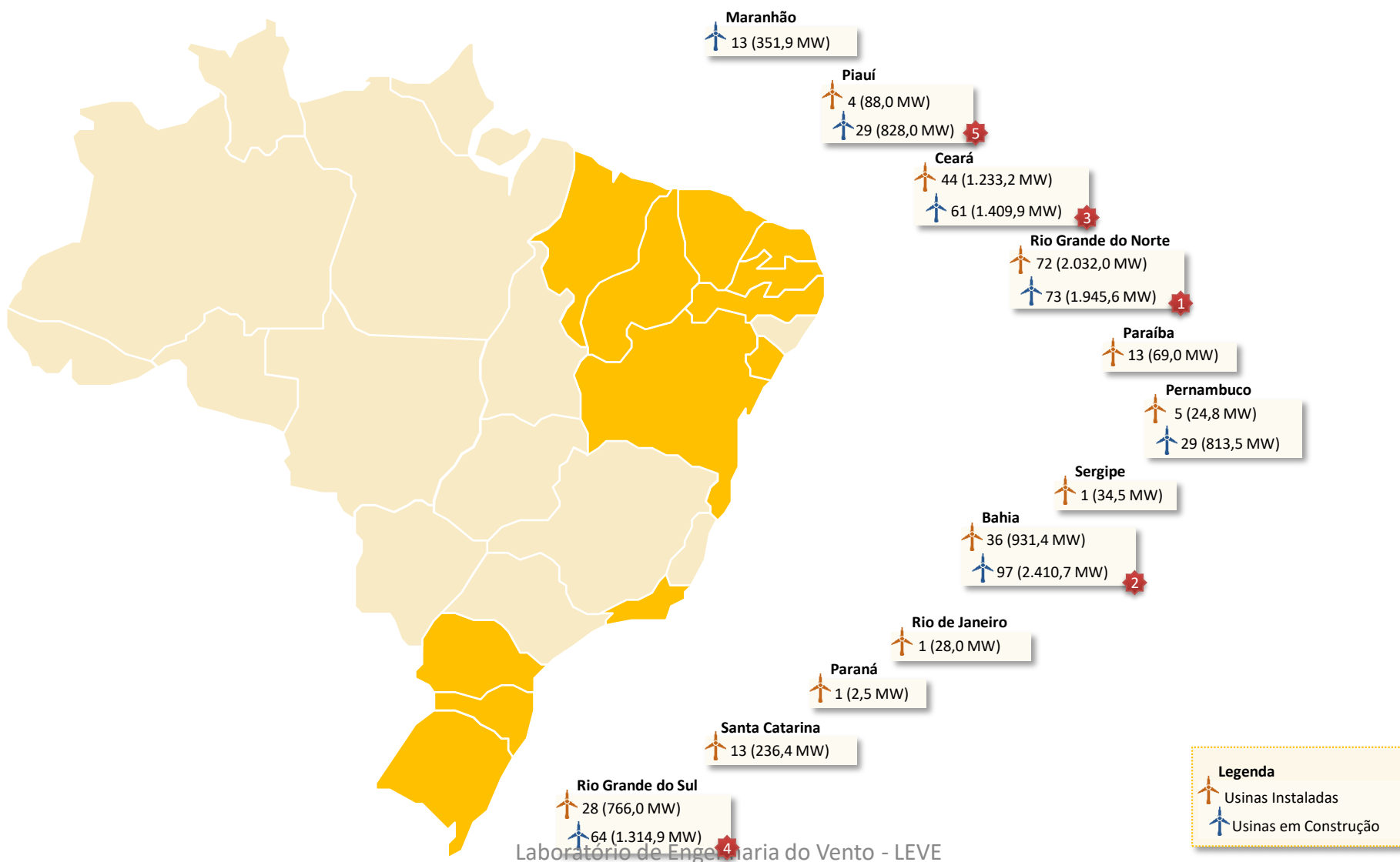
Legenda	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-elétrica
EOL	Central Geradora Eólica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear

Aneel, 08/2017

Capacidade Eólica Acumulada (MW)

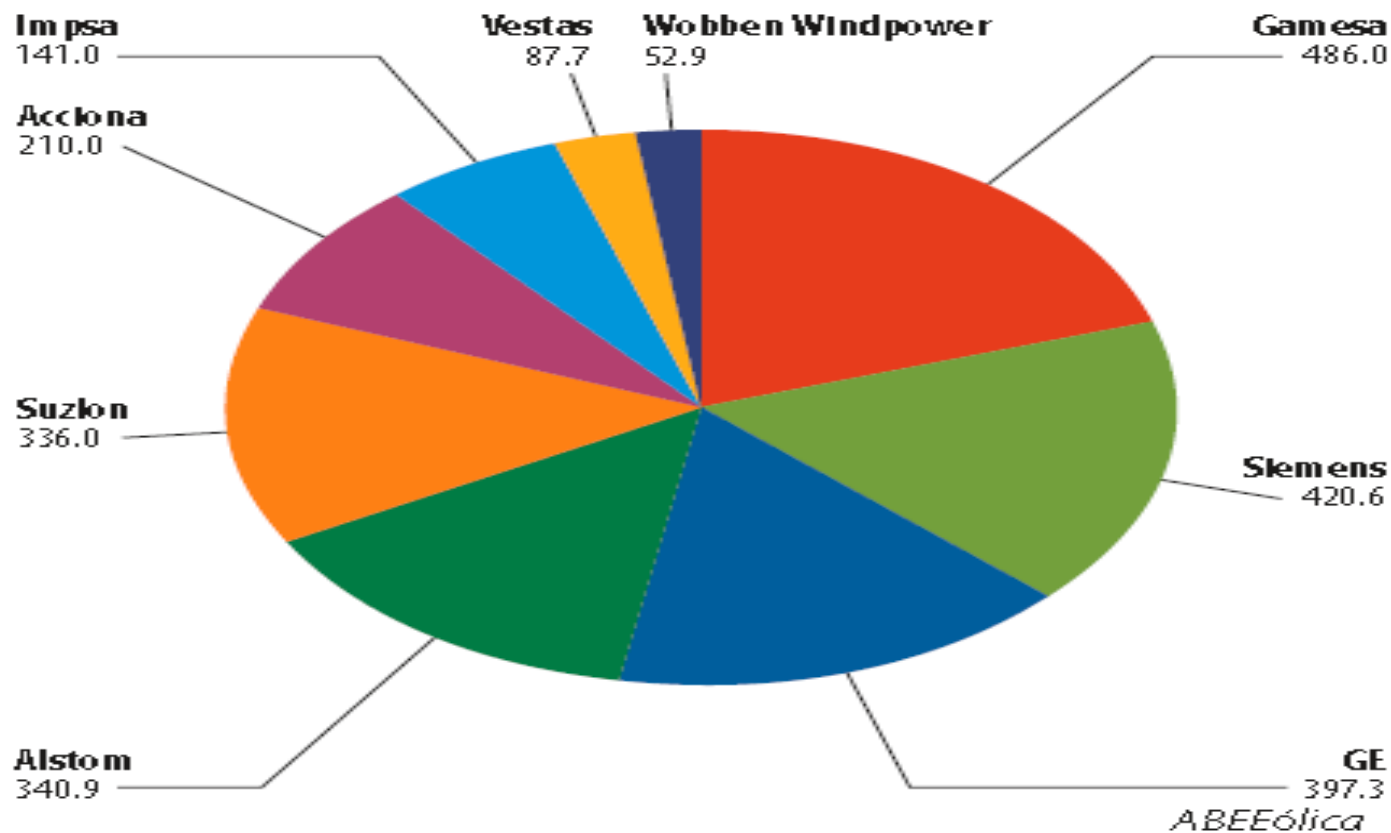


Localização dos Parques Eólicos



Fabricantes instalados no Brasil

Key industry players in the Brazilian wind market in 2014 (MW)



Indústria Eólica no Brasil (por especialidade/componentes)

● Aerogeradores

Acciona
Alstom
Gamesa
GE Wind
Impsa
Siemens
Suzlon
Vestas
WEG

Wobben Windpower

Torres

Acciona
Alstom
Alphatec
Engelbasa
Intecnial
RM Pernambucana
Tecnomaq
Torresbrás
Wobben Windpower

Pás

Aeris Energy
LM
Tecsis
Wobben Windpower



MAPEAMENTO DA CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA EÓLICA NO BRASIL

© 2014 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI

Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que seja citada a fonte.

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial



Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior

Principais fabricantes (montadoras) instalados no Brasil

The three top players in the Brazilian wind market in 2014 were Gamesa, Siemens and General Electric (GE).

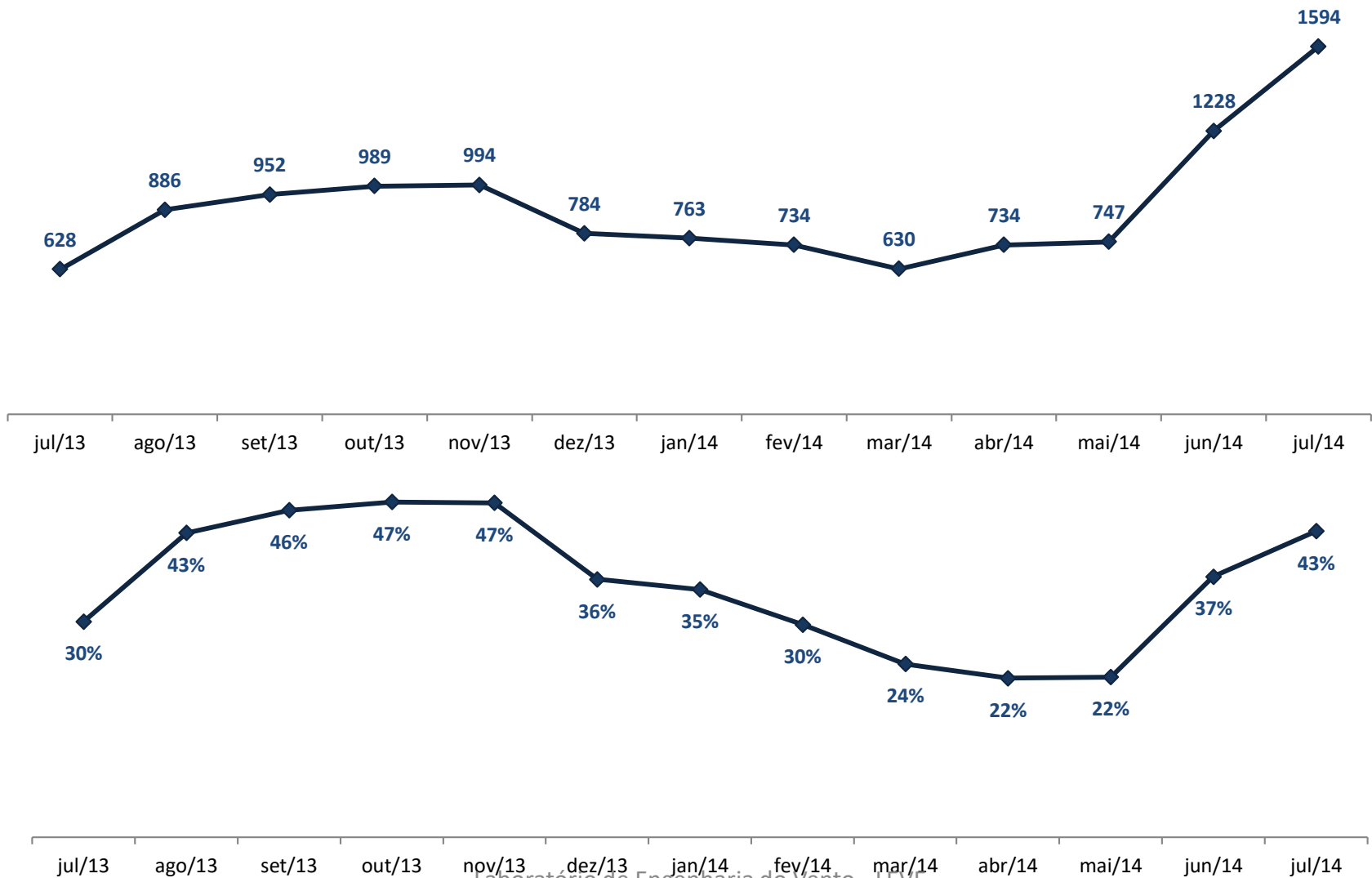
Installed capacity by State in 2014 (MW)

State	Installed capacity in 2014	Cumulative capacity at the end of 2014
Bahia	342.8	931.4
Ceará	572.2	1,233.2
Paraíba	–	69.0
Pernambuco	79.9	104.7
Piauí	70.0	88.0
Paraná	–	2.5
Rio de Janeiro	--	28.1
Rio Grande do Norte	751.6	2,092.0
Rio Grande do Sul	654.9	1,118.8
Santa Catarina	–	236.4
Sergipe	–	34.5
Total	2,472.4	5,938.5



Figura 23 – Localização das unidades de montagem de naceles e cubos instaladas ou em processo de instalação no Brasil

Geração (MW med) e Fator de Capacidade (%) - Atual



Com 84% de Fator de Capacidade Fonte Eólica atinge novo recorde de geração

Portal Fator Brasil – 14/10/2015

Foram 3.689 MW responsáveis por 46 % de atendimento da demanda do Subsistema Nordeste com fator de capacidade de 84%.

Segundo dados do Operador Nacional do Sistema (ONS), no dia 12 de outubro(segunda-feira), a geração eólica verificada no Subsistema Nordeste foi responsável por mais um recorde, atingindo 3.689 MW às 08:24h, o que representou 46% da demanda deste Subsistema, com fator de capacidade de 84% .

Investimentos: ~R\$4,5 milhões/MW instalado

Ano	Potência Acrescida (MW)	Investimento (milhões)
1998	5,0	R\$ 22,50
1999	12,5	R\$ 56,25
2002	3,0	R\$ 13,50
2003	1,8	R\$ 8,10
2004	4,8	R\$ 21,60
2006	208,3	R\$ 937,35
2007	10,2	R\$ 45,90
2008	77,8	R\$ 350,10
2009	278,0	R\$ 1.251,15
2010	330,4	R\$ 1.486,80
2011	498,7	R\$ 2.244,15
2012	1.083,4	R\$ 4.875,48
2013	948,2	R\$ 4.266,86
2014	2.872,7	R\$ 12.927,37
2015	3.506,5	R\$ 15.779,36
2016	1.650,6	R\$ 7.427,74
2017	655,4	R\$ 2.949,30
2018	2.308,8	R\$ 10.389,62
Total Geral	14.456,3	R\$ 65.053,13

65.053.130,00/14.456,3 ~ R\$4.500.000,00/MW

Alta do Dólar.....

Diversificação da Matriz

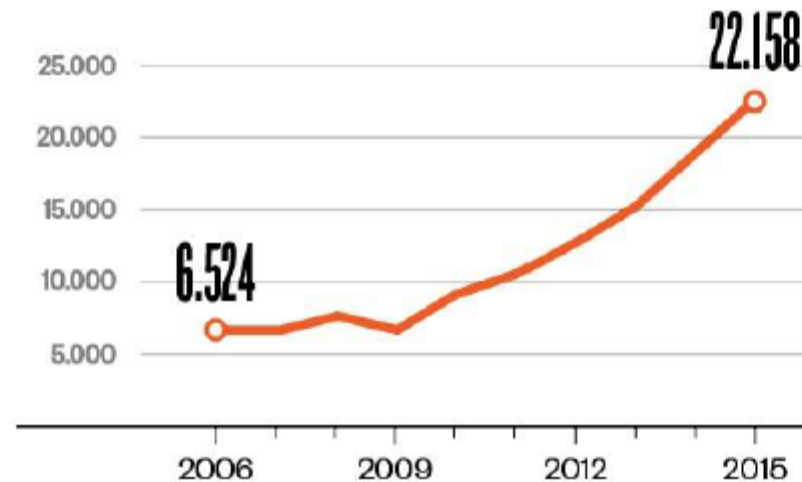
- A sazonalidade do sistema hidroelétrico, responsável por cerca de 65% da energia oferecida, indica a necessidade da complementação energética.
- A redução da capacidade de armazenamento nos futuros projetos hidroelétricos (usinas a fio d'água), reforça a necessidade de diversificação.
- Constatação da “Sazonalidade Inversa” entre as fontes hídrica, eólica e biomassa.
- Recente déficit crítico no nível dos reservatórios das usinas hidroelétricas, causado pela falta de chuva, forçou o acionamento das usinas térmicas.
- Complementariedade Regional entre fontes:
 - Sul / Nordeste: Energia Eólica
 - Sudeste / Centro-Oeste: Bioeletricidade



Energias renováveis no Brasil

Em uma década, potência instalada de energia solar, eólica e biomassa cresceu no país

Em megawatts



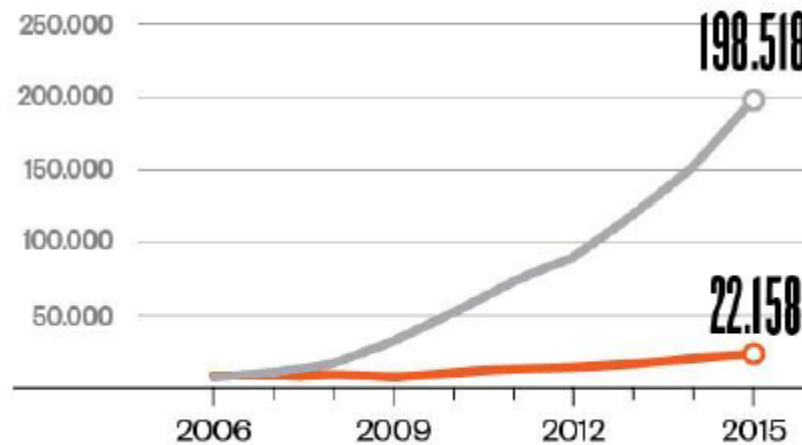
Energias renováveis no Brasil (Foto: Agência Internacional para as Energias Renováveis (Irena)/ÉPOCA)

Brasil x China

Comparado com a China, o crescimento de energias renováveis no Brasil é pequeno

Em megawatts

China ● Brasil

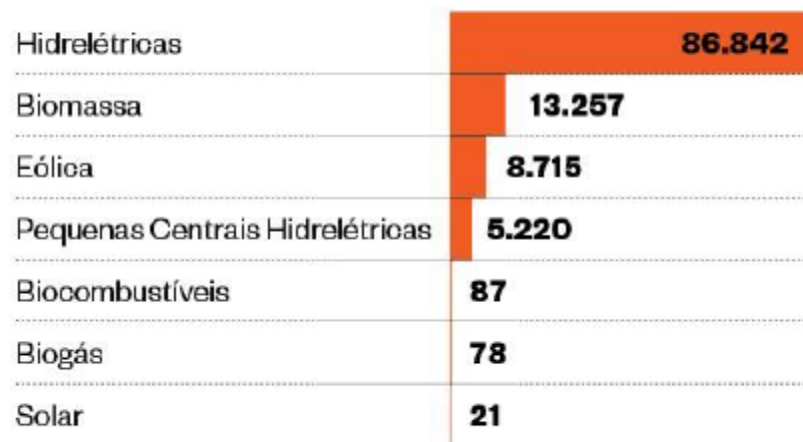


Energias renováveis no Brasil (Foto: Agência Internacional para as Energias Renováveis (Irena)/ÉPOCA)

Fontes de energias renonáveis

No Brasil, hidrelétricas ainda são a principal fonte de energia

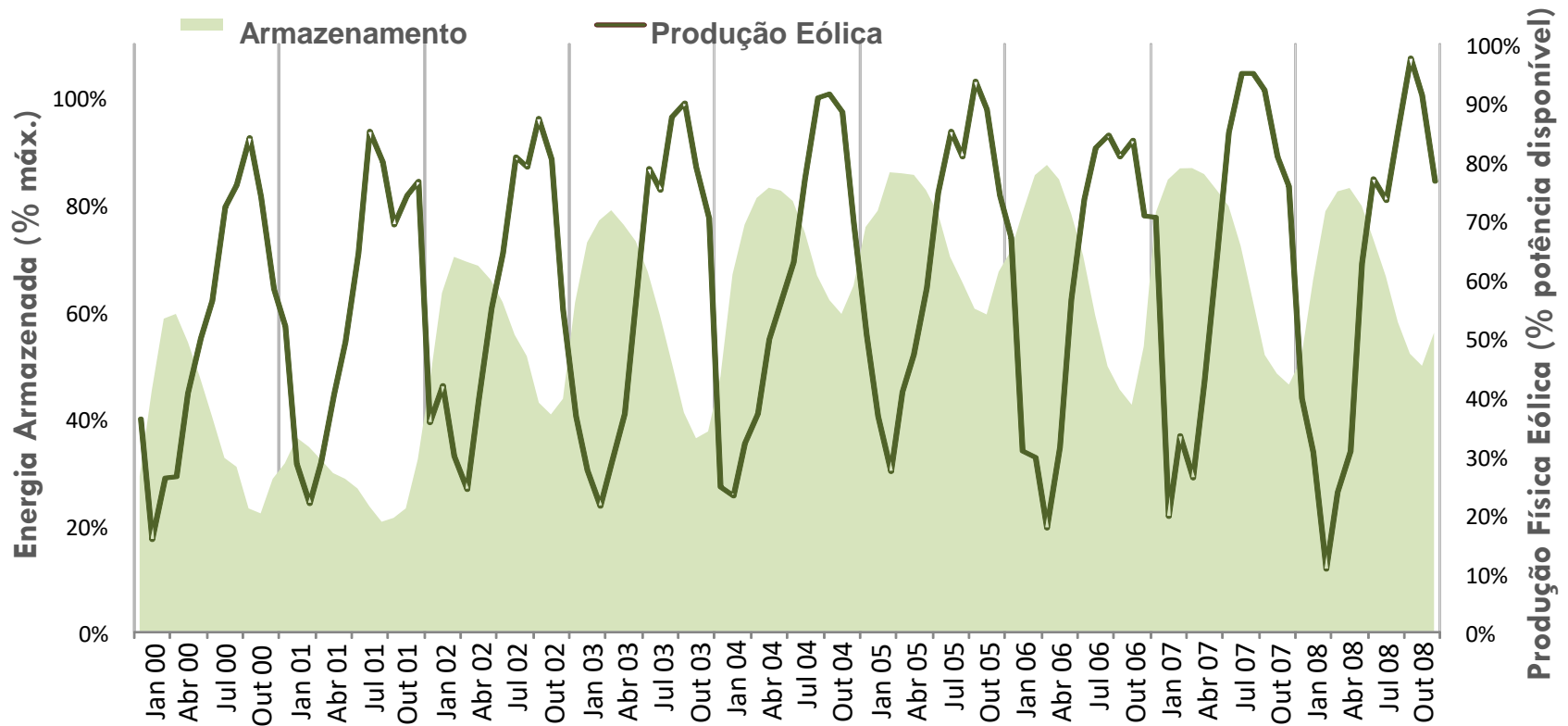
Em megawatts (2015)



Energias renováveis no Brasil (Foto: Agência Internacional para as Energias Renováveis (Irena)/ÉPOCA)

Eólica x Hidrelétrica

- A “**sazonalidade inversa**” da eólica representa um aumento virtual da capacidade de armazenamento das hidrelétricas.



Complementariedade (escalas...)

