

**PSR**

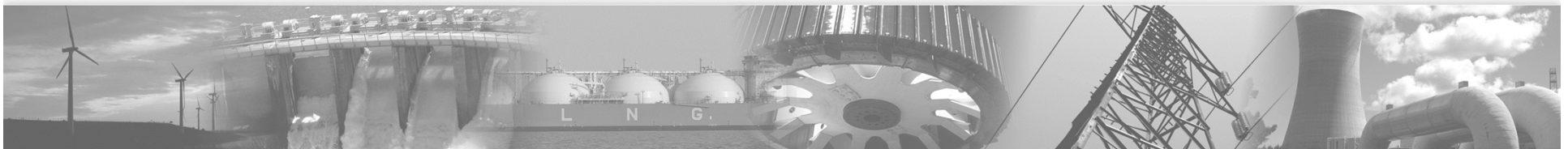


**COGEN**  
Associação da Indústria  
de Cogeração de Energia

# Inserção da Energia Solar no Brasil

Preparado por  
**PSR/GT COGEN Solar**

**EPE - Rio de Janeiro, 16/02/2012**



# Grupo de trabalho COGEN/Solar

---

## ► Empresas Participantes

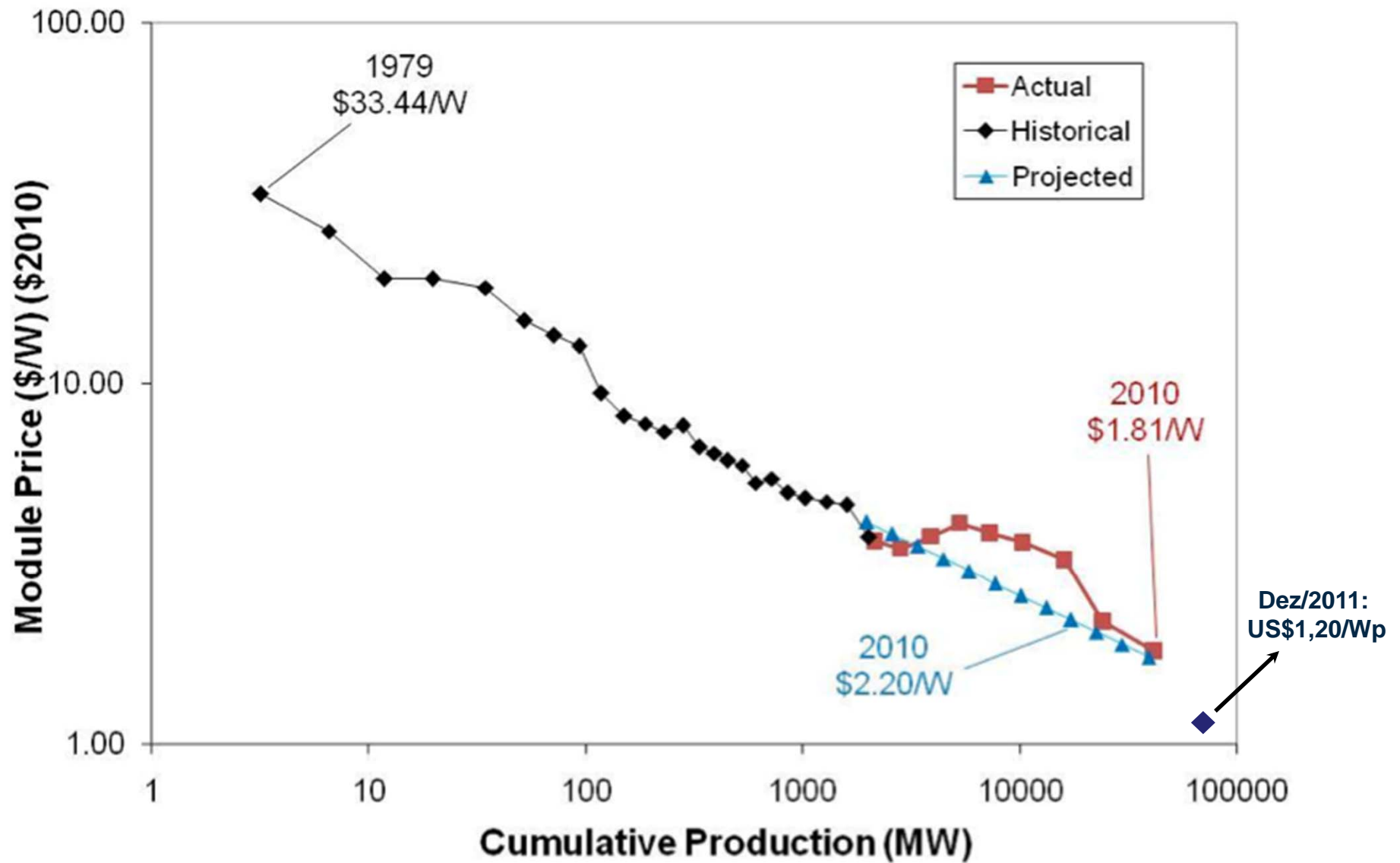
- Atiaia Energia
- Brenand Energia
- BTG Pactual
- Cesp
- CSN
- CPFL Comercialização
- CPFL Renováveis
- GE Energy
- Isolux Corsan
- Light Esco
- Odebrecht Energia
- Powerhouse
- Promon
- Safira
- Siemens
- Tractebel Energia
- Weg

# Temário

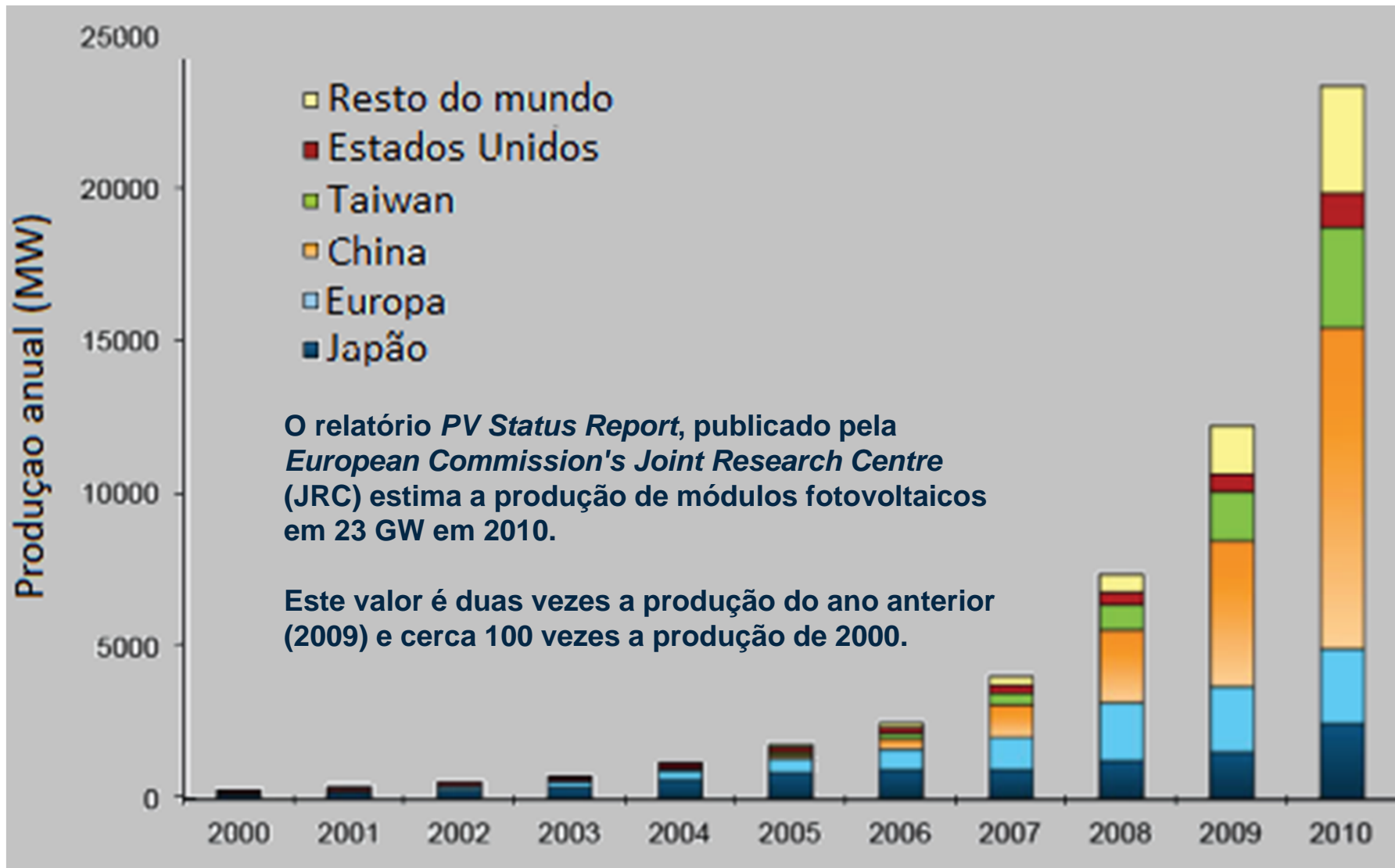
---

- ▶ Histórico
- ▶ Panorama do mercado global
- ▶ Inserção da energia solar no Brasil
  - Geração distribuída
  - Leilões

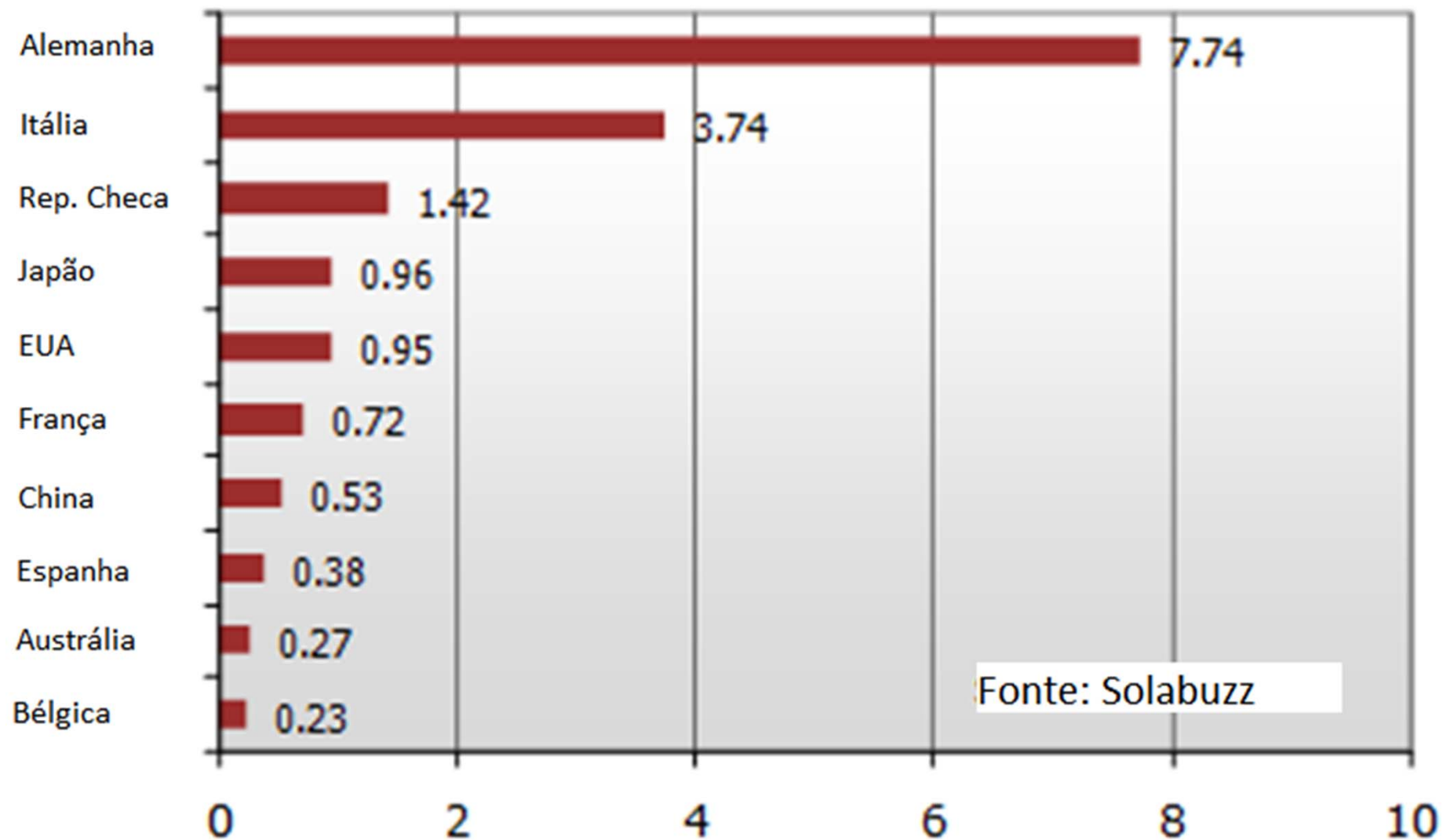
# Evolução de preços vs. produção



# Produção de módulos em 2010



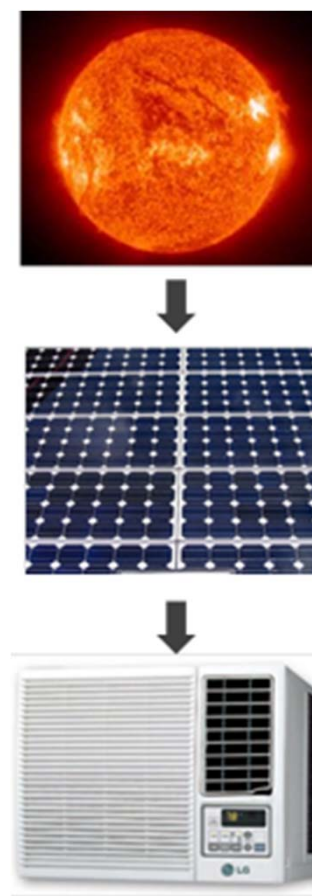
# Mercado consumidor em 2010 (GW)



# Aspectos favoráveis

---

- ▶ Energia renovável com baixo impacto ambiental
- ▶ Geração de empregos da indústria fotovoltaica
  - EUA (2011): 100 mil empregos para 1800 MW instalados
  - 70% em serviços: projetistas, instaladoras, vendas, etc.
- ▶ Baixo risco
  - Tecnologia dominada; A garantia oferecida pelos fabricantes de módulos é de 90% da potência inicial após 10 anos de operação e 80% após 20 anos.
- ▶ Postergação de investimentos em redes (vale para outras fontes de ger. distribuída)
- ▶ Sinergia com aumento de carga de distribuidoras



# Panorama atual do mercado global

---

## ► Produção

- Fortemente concentrada na China, Taiwan e EUA.

## ► Consumo

- Ainda fortemente concentrado na Europa. Grande freada devido à crise econômica. Avanço recente nos EUA, Índia, China e Am. Latina.

## ► Excesso de oferta com relação à demanda.

- Módulos fotovoltaicos despencando de preço (romperam 1 € /Watt e próximos de 1 US\$/Watt).
- Sistemas fotovoltaicos instalados na Alemanha a 2,2 €/Watt.

## ► Tendência para 2012

- Ano de consolidação no setor (muitas quebras, aquisições e fusões).
- Preços baixos.



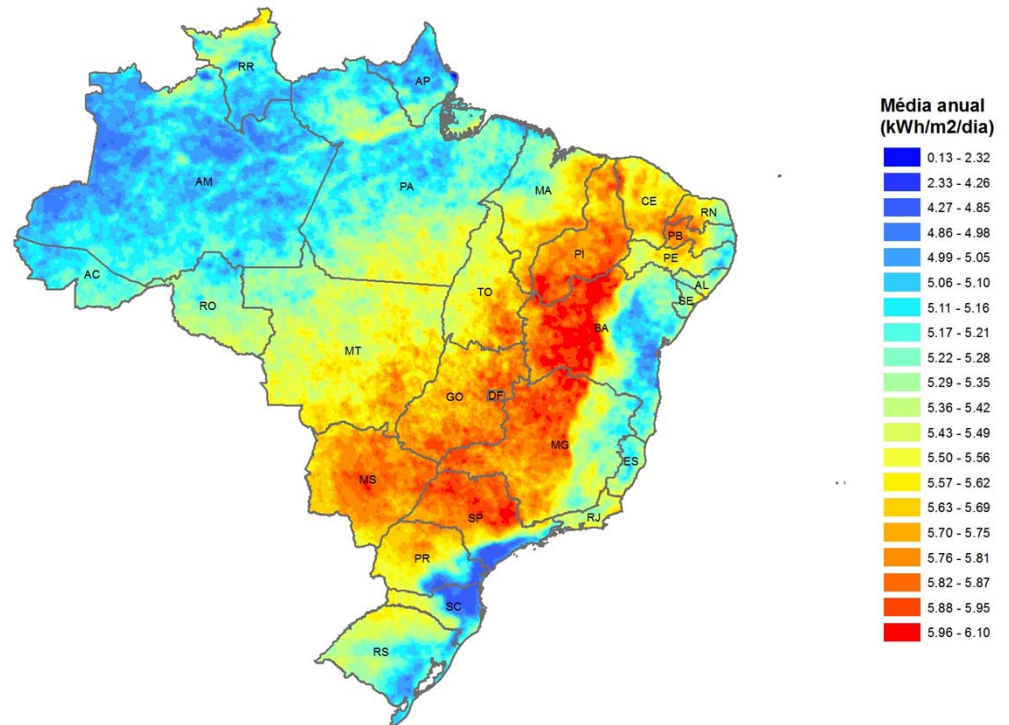
# Recurso solar no Brasil

## ► Abundante

- Os maiores valores de irradiação na região central do país (semiárido). Exemplo: Tocantins, oeste da Bahia, Sul do Maranhão e Piauí.

► Irradiação solar diária no Brasil: 4,1 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup>.

► Maior valor na Alemanha: somente 3,4 kWh/m<sup>2</sup>.



# Recurso solar no Brasil

---

## ► Bem conhecido

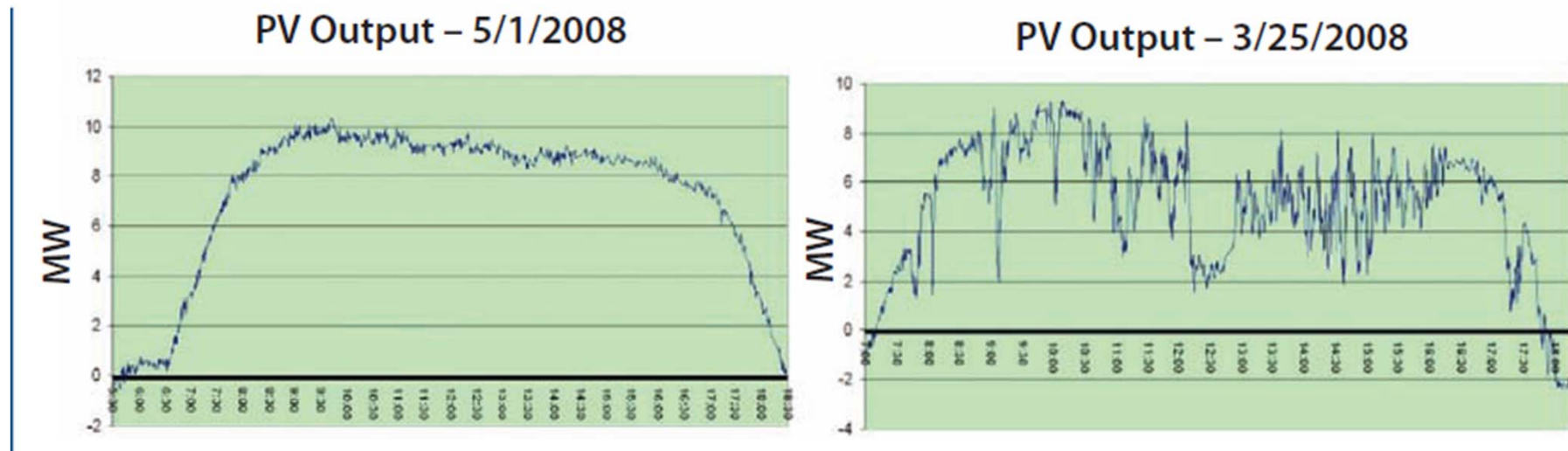
- Atlas e softwares oferecem boa estimativa da radiação solar (incerteza de 5% no Nordeste e pouco maior no resto do país).
- A exigência de medições de campo (como para projetos eólicos) poderia talvez ser dispensada no caso de leilões; a exigência à instalação de estação de medição no local da outorga poderia servir de filtro para espantar “aventureiros”.

## ► Mais previsível

- A produção de uma usina fotovoltaica é bem mais previsível em escala anual que a de outras fontes de renováveis.
- É também menos variável na produção sazonal.
- A maior variabilidade está no curtíssimo prazo (nuvem, etc.).

# Produção horária

**Figure 3.2 Nevada Solar Photovoltaic (PV) Plant Output on a Sunny Day (Left) and a Partly Cloudy Day (Right) in 2008**



Fonte: The Future of the Electric Grid - An interdisciplinary MIT study (<http://web.mit.edu/mitei/research/studies/the-electric-grid-2011.shtml>)

# Custo de produção (geração distribuída)

---

- ▶ Custo de produção estimado em 0,45 R\$/kWh
  - Sistema FV a R\$ 6/W instalado em local com 15% de fator de capacidade (ex: Rio), com 25 anos de vida útil, considerando perda de eficiência de 1% ao ano, um custo de O&M anual de 1% do CAPEX e taxa de desconto real de 7,5%.
- ▶ Já competitivo quando comparado à “conta de luz” de consumidores na baixa tensão de diversas distribuidoras (tarifa + ICMS + PIS + COFINS + iluminação pública).
- ▶ Barreiras econômicas
  - Consumidores na alta tensão: tarifa menor quando a produção solar é maior (atualmente a tarifa de ponta ocorre somente a partir das 17h).
- ▶ Barreiras técnicas/regulatórias (audiência pública ANEEL).

# Sobre a competitividade da solar na Alta Tensão

---

- ▶ A energia solar ainda não é competitiva na AT em nenhuma distribuidora, mesmo com CAPEX a R\$ 6000/Wp (baixo).
  - O valor econômico da energia solar é a economia da energia valorada à tarifa fora de ponta, quando há insolação. Por ser uma fonte intermitente, não se considerou economia com a tarifa de demanda.
  - Com a REN nº 464, de 22 de novembro de 2011, as concessionárias podem declarar horários de ponta livremente. Em casos de ponta “diurna” (ex: entre 13h e 16h), a competitividade da energia para o mercado de Alta Tensão seria bem diferente.

# Desafios para a geração distribuída (i)

---

## ► Receios das distribuidoras

- Perda de receita pela redução de mercado, principalmente para clientes na BT atualmente faturados somente pelo kWh consumido.
- Redução do controle operativo da rede (ex: maior dificuldade de controle do nível de tensão no período de carga leve).
- Perda de qualidade da energia (ex: distorção harmônica).
- Efeito da intermitência da geração solar fotovoltaica na vida útil de equipamentos (ex: transformadores) pelo uso mais intensivo destes.

# Desafios para a geração distribuída (ii)

---

## ▶ Procedimento de registro

- Necessidade de registro de autoprodutor na ANEEL.
- Celebração de contrato de Acordo Operativo com distribuidora.

## ▶ Disponibilidade financeira

- Ainda que sejam econômicas, as instalações demandam investimentos proibitivos ou desencorajadores para boa parte da população.

## ▶ Escassez de empresas especializadas

- Poucas empresas projetistas, instaladoras, etc. com experiência.
- Necessidade de qualificar mão de obra qualificada.

# Agenda regulatória (ger. distribuída até 1 MW)

---

- ▶ Introduzir sistema de compensação de energia nas faturas de energia (*net metering*).
- ▶ Tarifa binômica na Baixa Tensão, separando a cobrança pelo fio (R\$/kW) daquela cobrada pelo consumo (R\$/kWh).
- ▶ Simplificar o processo de registro de autoprodutor e exigências de licenciamento ambiental.
- ▶ Reduzir o prazo para a emissão do Parecer de Acesso.
- ▶ Definição sobre o ator responsável por custos de eventuais reforços ou ampliações na rede necessários.



# Agenda regulatória (ger. distribuída até 1 MW)

---

- ▶ Dispensa de estudos elétricos e operacionais para integração das plantas na rede de baixa tensão.
- ▶ Definição de requisitos do sistema de proteção.
- ▶ Padronização de Acordos Operativos e procedimentos a para a conexão (hoje variam por concessionária).
- ▶ Analisar mecanismos de mitigação de eventuais exposições financeiras das distribuidoras na CCEE por desvios com relação ao montante contratado.

# Conclusões (geração distribuída)

---

- ▶ A barreira econômica está “ficando para trás”, mas outras precisam ser adequadas
  - Exemplo: barreira financeira do mercado comprador.
  - Resistência natural das distribuidoras (perda de receitas na BT e redução no controle operativo em suas redes).
  - Simplificação do processo de registro na ANEE: e conexão à rede.
  - Necessidade de treinamento de mão de obra qualificada.
- ▶ O governo, a ANEEL e as distribuidoras precisam continuar avançando numa agenda. Caso contrário...
  - Seremos atropelados pela avanço desta tecnologia.
  - A desordem não interessa a ninguém e perdem todos.

# Leilão de energia solar no Brasil?

---

## ► Aprendizado

- Aprendizado das soluções / tecnologias mais adequadas ao Brasil (PV cristalino, PV com filme fino, uso de rastreadores, CSP, CPV, etc.).  
“Todos os fabricantes sempre oferecem a solução mais econômica.”
- “Tropicalização” de equipamentos e soluções de engenharia.
- O mercado revelaria o preço e as tecnologias mais competitivas.

## ► Tendência

- Preços devem diminuir progressivamente, de maneira que o leilão de cada ano provavelmente resultaria em valores menores que os dos anos anteriores (tal como ocorre na eólica).





# Leilão de energia solar no Brasil?

---

## ► Incentivo à indústria nacional?

- Financiamento do BNDES (índice de nacionalização > 60%)
- Lei específica (ex: Lei 12507 de out/2011, a “Lei do Tablet”)
- Tarifários (ex: isenção de Imposto de Importação para células visando à promoção de fabricação de módulos no Brasil)
- Protecionismo “na veia”
  - Itália: o incentivo depende do grau de componentes europeus;
  - Canadá: acesso a incentivos exige fabricação de local módulos (Ontario);
  - Índia e África do Sul: projetos autorizados pelo governo devem utilizar; módulos cristalinos fabricados localmente.

# Leilão de energia solar no Brasil?

---

## ► Contratação com moderação

- Leilões anuais **controlados** (Ex: um limite de x MW contratados ou de y R\$ gastos, neste caso os MW sendo consequência dos preços).
- Aprendizado das tecnologias promissoras e descobrimento de preços
  - Ex: contratação de 500 MW (100 MWm/ano), com possibilidade de ajuste deste volume nos anos seguintes em função dos resultados dos leilões (queda de preços se confirmando) alavancaria o mercado no Brasil.
  - Se o Brasil contratar até 2020 montante igual instalado na Alemanha em 2010 (7,5 GW) a energia solar representaria da ordem de 1% da capacidade instalada e 0,5% da produção de energia.

# CAPEX

---

- ▶ Custo EPC: 6200 R\$/kW
- ▶ Demais custos
  - Meio ambiente: 0,5 a 1,5% do EPC
  - Engenharia do proprietário: 1,0 a 1,5% do EPC
  - Comissionamento: 0,5% do EPC
  - Contingências: 3,0% a 5,0% do EPC
- ▶ **Faixa do CAPEX: 5000 a 7000 R\$/kW**



# Preço de contratação da energia solar

---

- ▶ Fator de capacidade de 18,5% (local com boa irradiação)
- ▶ Financiamento BNDES (hipótese: similar às demais fontes)
  - 6 meses de desembolso seguindo modalidade “paripassu”.
  - 80% de financiamento (70% do CAPEX pois há itens não financiáveis)
  - Amortização em 16 anos (TJLP + 2,5% de spread de risco).
- ▶ Impostos: regime de tributação sobre o Lucro Presumido
- ▶ Custos e encargos
  - TFSEE, Encargo da CCEE, Encargo do ONS.
  - Seguro garantia igual a 0,5% do financiamento.
  - Seguro operação igual a 0,4% do valor imobilizado.
  - TUST/TUSD: 80% de desconto (pendente de aprovação pela ANEEL).



# Preço de contratação da energia solar

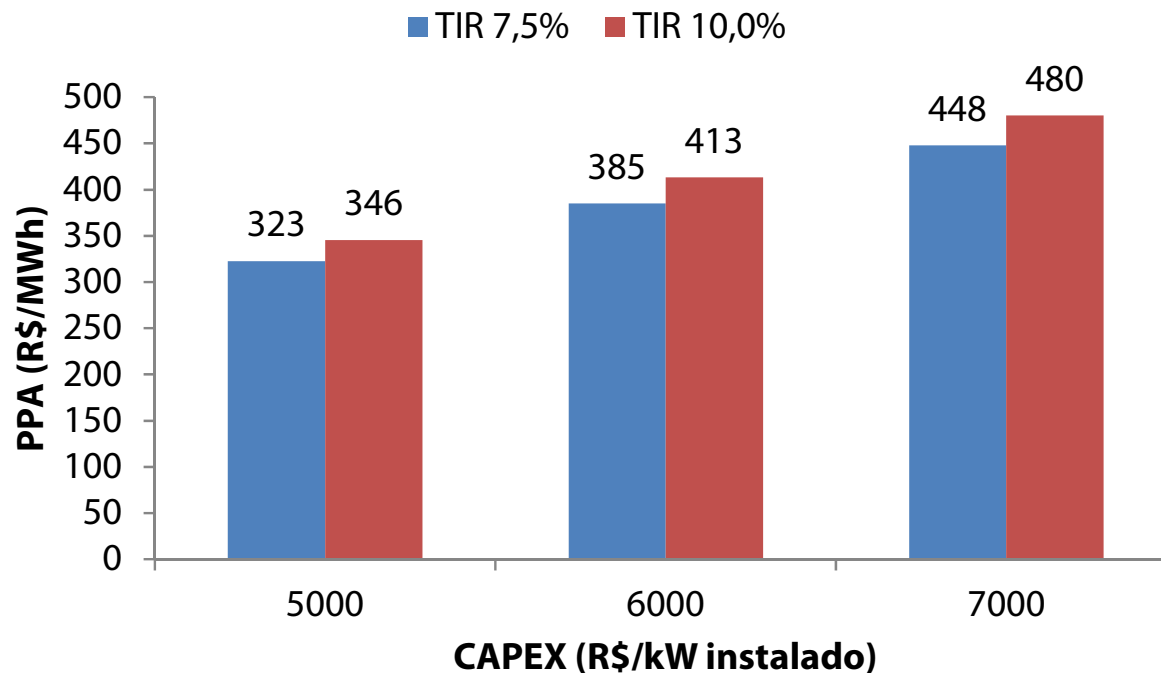
---

## ► Outras premissas

- Custo de O&M fixo anual = 0,5% do CAPEX.
- Degradação da produção dos módulos:
  - 1,4% no primeiro ano.
  - 0,7% ao ano em anos subsequentes.
- Contratos de venda da energia com duração de **20 anos**.
  - Montante reduzindo na mesma proporção da degradação dos módulos.

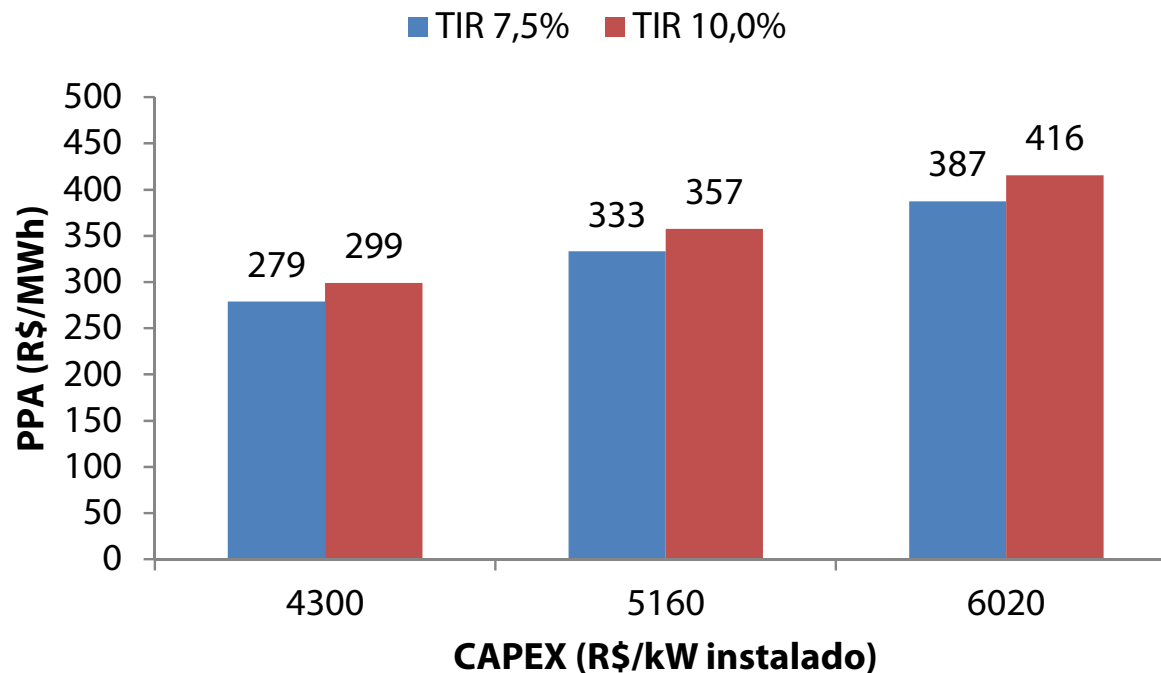
# Preço do PPA

- ▶ Variação do CAPEX entre 5000 R\$/kW e 7000 R\$/kW.
- ▶ Variação da TIR real do acionista (7,5% e 10%).



# Preço do PPA com incentivos

- ▶ Variação do CAPEX entre 5000 R\$/kW e 7000 R\$/kW.
- ▶ Variação da TIR real do acionista (7,5% e 10%).



# Sobre Leilões

---

- ▶ Diversificação da matriz energética com visão de longo prazo.
- ▶ Aprendizado tecnológico: o leilão permitirá identificar as melhores alternativas tecnológicas ao Brasil
- ▶ Processo de “tropicalização” de equipamentos e soluções de engenharia.
- ▶ Inserção regional: locais com maior irradiação via de regra são os mais carentes em projetos de infraestrutura.

# Sobre Leilões

---

- ▶ Empregos: densidade (empregos/MW) bem superior a das demais fontes (vale para a GD também).
- ▶ Benefício internacional à imagem do Brasil e suas lideranças políticas.
- ▶ Estímulo à cadeia produtiva nacional: fabricantes de inversores, cabos, disjuntores, estruturas metálicas, módulos, empresas integradoras, projetistas, etc.
- ▶ Modulação de carga: recordes de consumo instantâneo no SIN sistematicamente tem ocorrido no verão entre 14:30h e 15:30h, quando a produção da energia solar é alta.

# Futuro

---

## ► Avanços na tecnologia de semicondutores

- O Prof. Ely Sachs (MIT), propõe uma forma direta da transformação do silício em *wafer*. A abordagem simplifica o processo atual, com grande redução nas perdas. Potencial de redução de custos de 50%.
- Pesquisa em outros materiais semicondutores: CIGS, CdTe, GaAs, células sensibilizadas por corante, etc.

## ► Preço futuro dos módulos

- Teoria do aprendizado tecnológico: queda de 20% do preço a cada duplicação da quantidade acumulada produzida.

## ► Cenários

- Crescimento da produção de 5%, 10% e 15% ao ano.

# Futuro

---

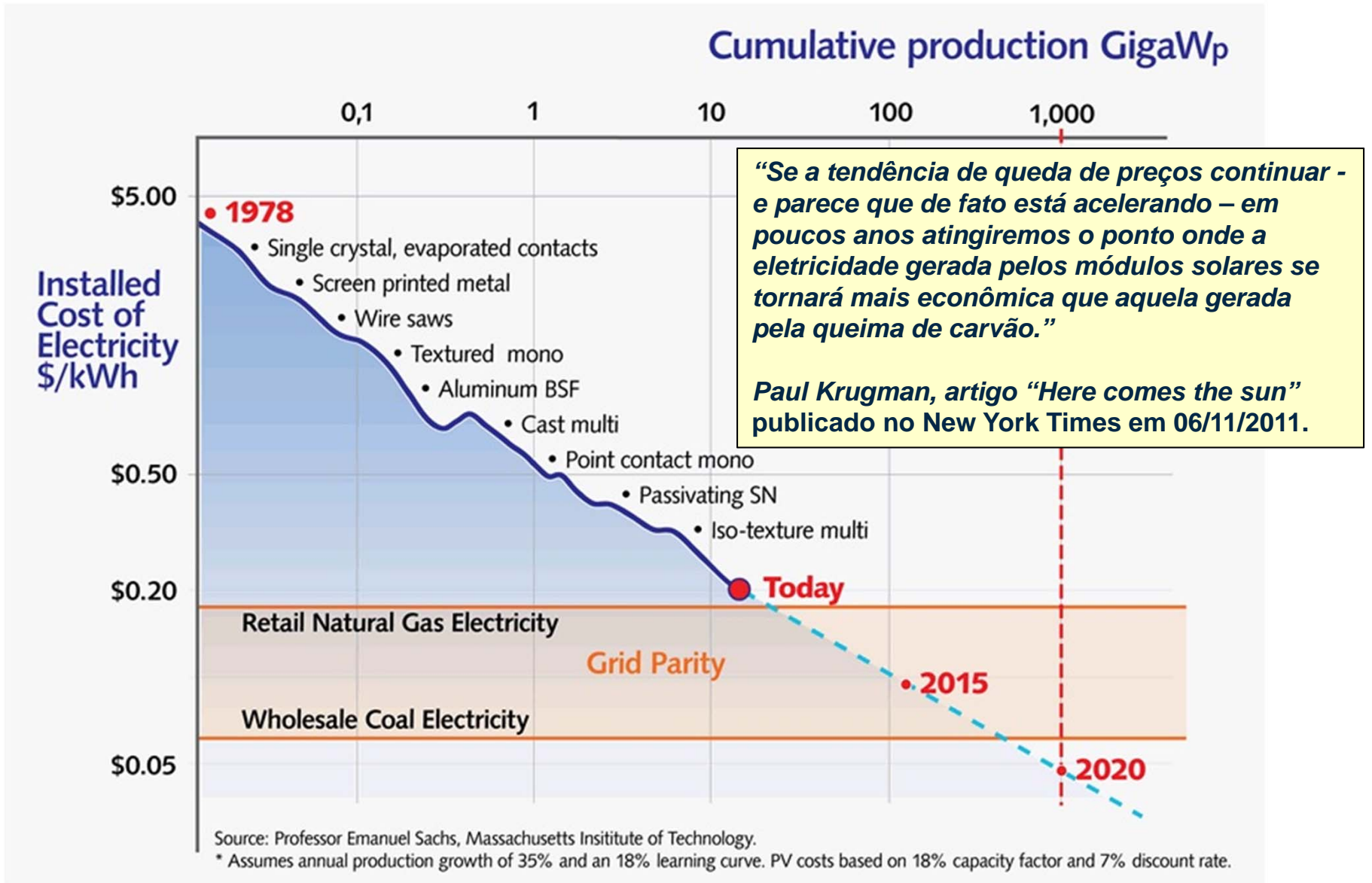
## ► Resultados em 2020

- Produção global entre 50 GW/ano e 100 GW/ano
- Queda de preços dos módulos de 40 a 50%
- Sistemas FV instalados a \$1,0/W, com custo de produção comparável ao da produção eólica atual

## ► Desafios

- Custo do “BoS” deve seguir a mesma trajetória declinante dos módulos
- Referências no tema
  - \$1/W *Photovoltaic Systems Workshop*, DOE  
[http://www1.eere.energy.gov/solar/sunshot/pdfs/dpw\\_summary.pdf](http://www1.eere.energy.gov/solar/sunshot/pdfs/dpw_summary.pdf)
  - Relatório do *Rocky Mountain Institute*  
<http://www.rmi.org/Content/Files/BOSExecSummary.pdf>

# Tendências de custos





# Conclusões

---

## ► Geração distribuída

- Regulamentação em elaboração pela ANEEL favorável.
- Viabilidade começando pelos clientes na baixa tensão (graças a impostos e encargos que se somam às tarifas).
- Clientes na alta tensão: viabilidade chegará depois, mas pode ser acelerada se concessionárias declararem ponta durante o dia.
- A energia solar será um serviço, igual a Internet ou TV a cabo.

## ► Usinas

- Competitivas em prazo maior (ex: 2020).
- Leilões: diversificação da matriz energética, benefício à cadeia produtiva nacional, projetos de inserção regional, geração de empregos, modulação de carga e ganhos de imagem.

# PSR

## Obrigado



[www.psr-inc.com](http://www.psr-inc.com)



[psr@psr-inc.com](mailto:psr@psr-inc.com)



+55 21 3906-2100



+55 21 3906-2121