



## **Fórum e Mostra Tecnológica Água e Energia**

**22 e 23 de junho de 2017  
Vitória / ES**

João Bosco Anicio  
Eng. Eletricista  
Conselheiro do CREA-ES

## **O Grande Desafio da Humanidade**

**Gerar a energia necessária para o consumo futuro de forma sustentável com o aproveitamento dos potenciais de energias renováveis disponíveis e comercialmente viáveis, acompanhado de muita pesquisa científica e tecnológica para encontrar novos processos de geração de energia não poluentes e uso eficiente da energia.**

**Água é vida, energia é prosperidade.**

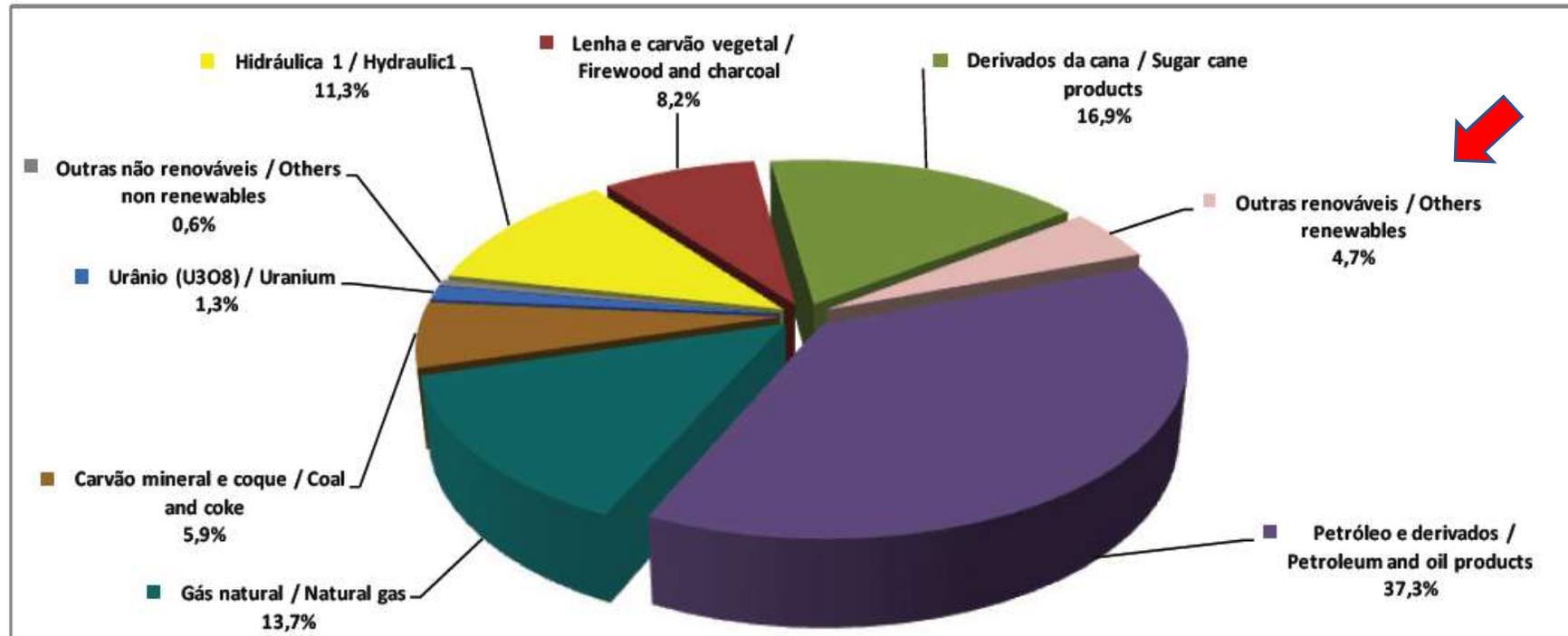
## **Matriz Energética**

**Instrumento de planejamento do setor de energia, confrontando produção x consumo e subsidiando a projeção futura na definição das fontes e usos, que deve se inserir no contexto da geografia ambiental, social e econômica, sob a lupa da tecnologia de produção, transmissão, distribuição e consumo eficientes.**

**Permite analisar as possibilidades de expansão, visando atender ao crescimento da demanda, contemplando aspectos técnicos e econômicos e impactos sociais e ambientais.**

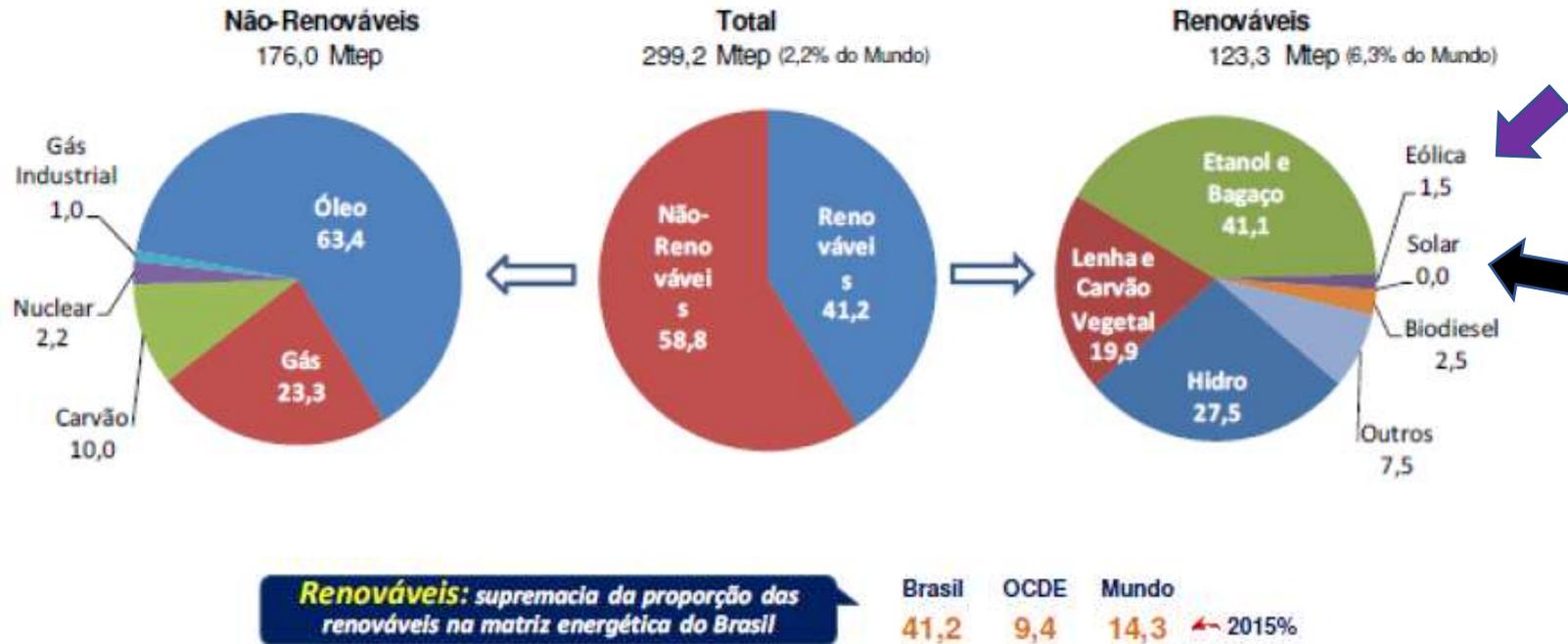
# Matriz Energética

## Brasil Oferta Interna de Energia - Ano base 2015\*



\*Fonte: BEN 2016 – MME / Empresa de pesquisa Energética - EPE

## Brasil Oferta Interna de Energia - Ano base 2015\*



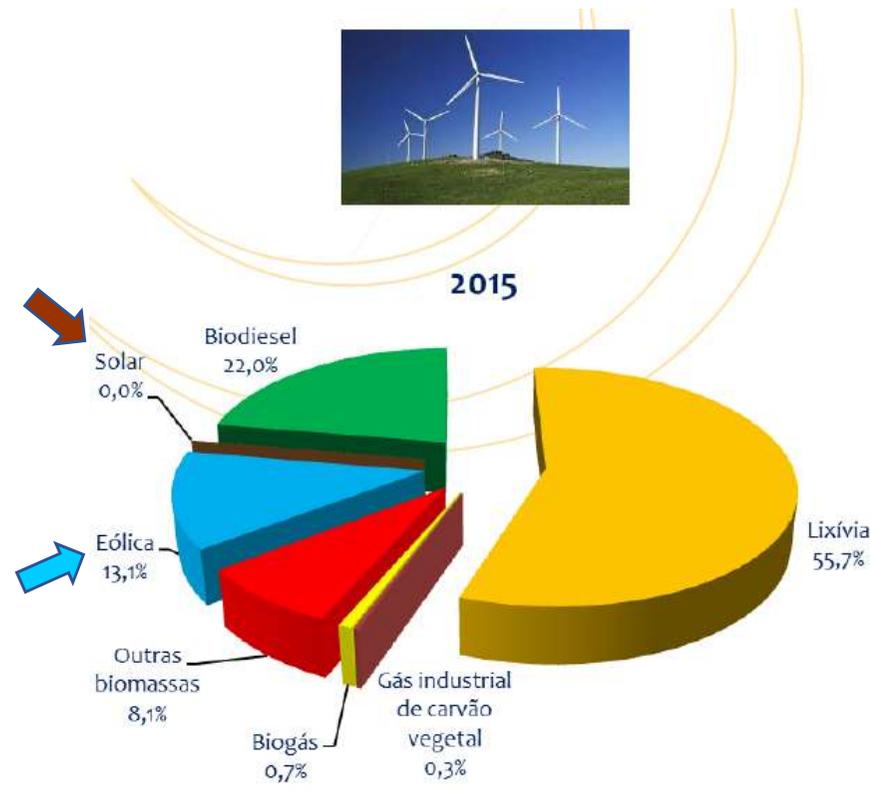
\*Fonte: EPE- Resenha Energética Brasileira – Exercício de 2015

## Brasil Oferta Interna de Energia - Ano base 2015\*



\*Fonte: BEN 2016 – MME / Empresa de pesquisa Energética - EPE

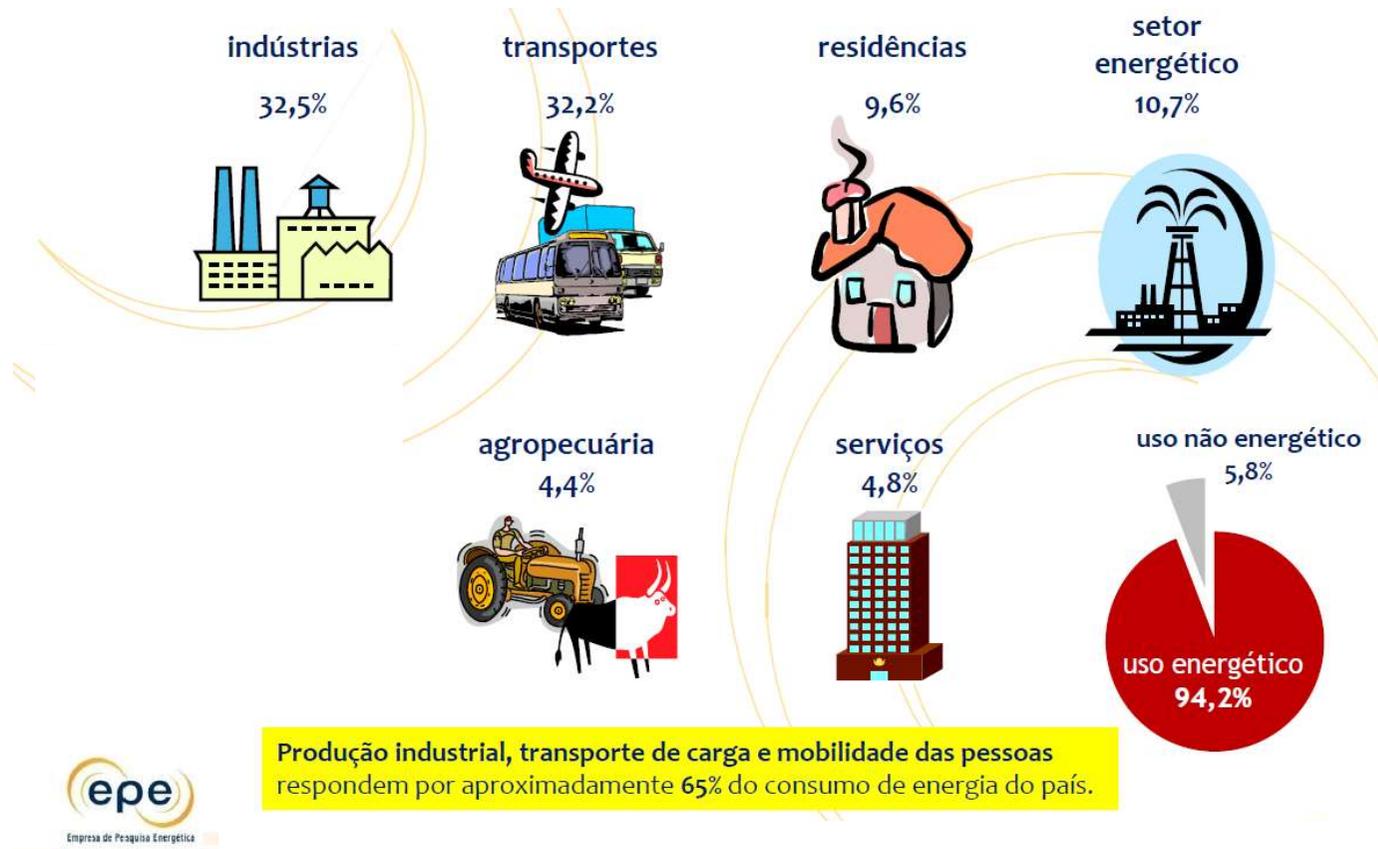
**Brasil Oferta Interna de Energia - Ano base 2015\***  
**Lixívia e outras renováveis**  
**4,7%**



\*Fonte: BEN 2016 – MME / Empresa de pesquisa Energética - EPE

João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

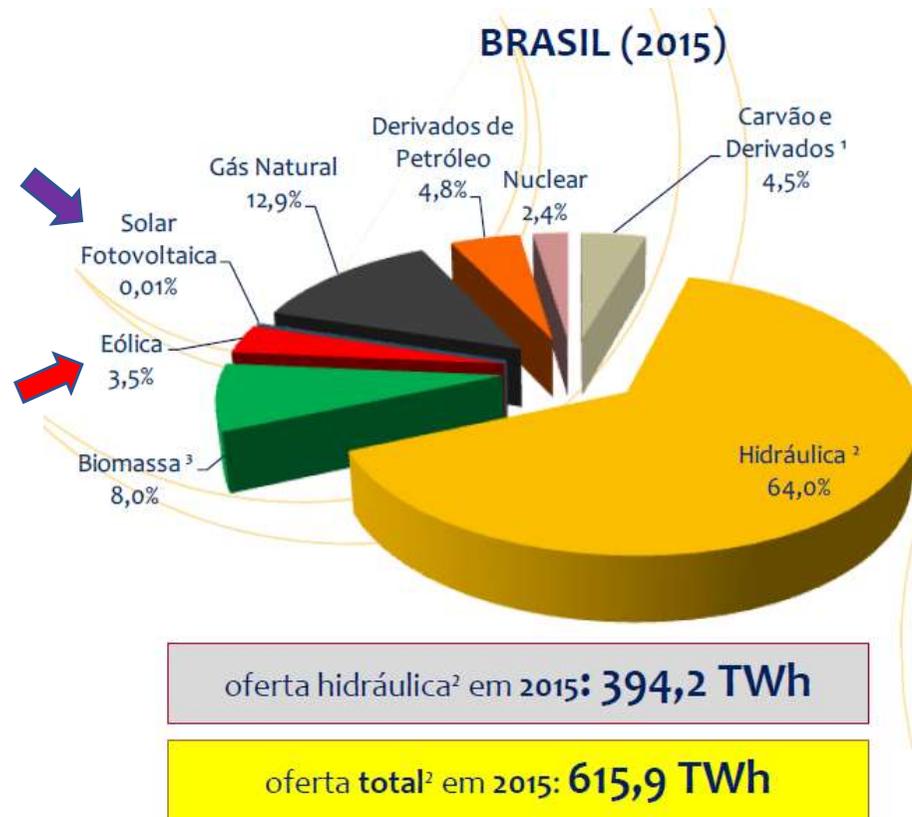
## Brasil – Uso da Energia - Ano base 2015\*



\*Fonte: BEN 2016 – MME / Empresa de pesquisa Energética - EPE

# Matriz Elétrica

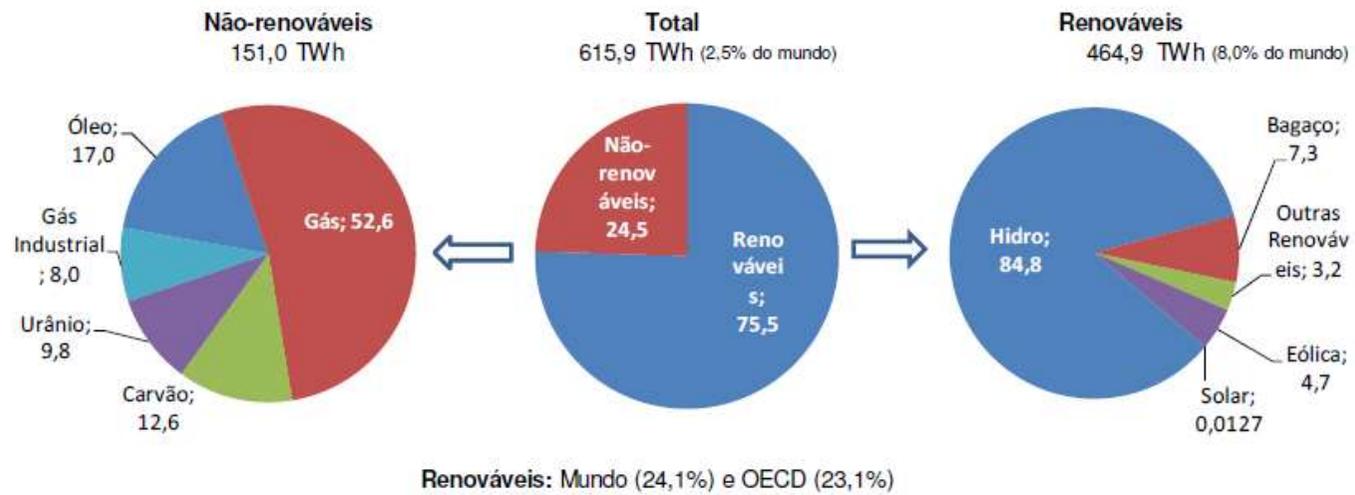
## Brasil Oferta Interna de Energia Elétrica - Ano base 2015\*



\*Fonte: BEN 2016 – MME / Empresa de pesquisa Energética - EPE

João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

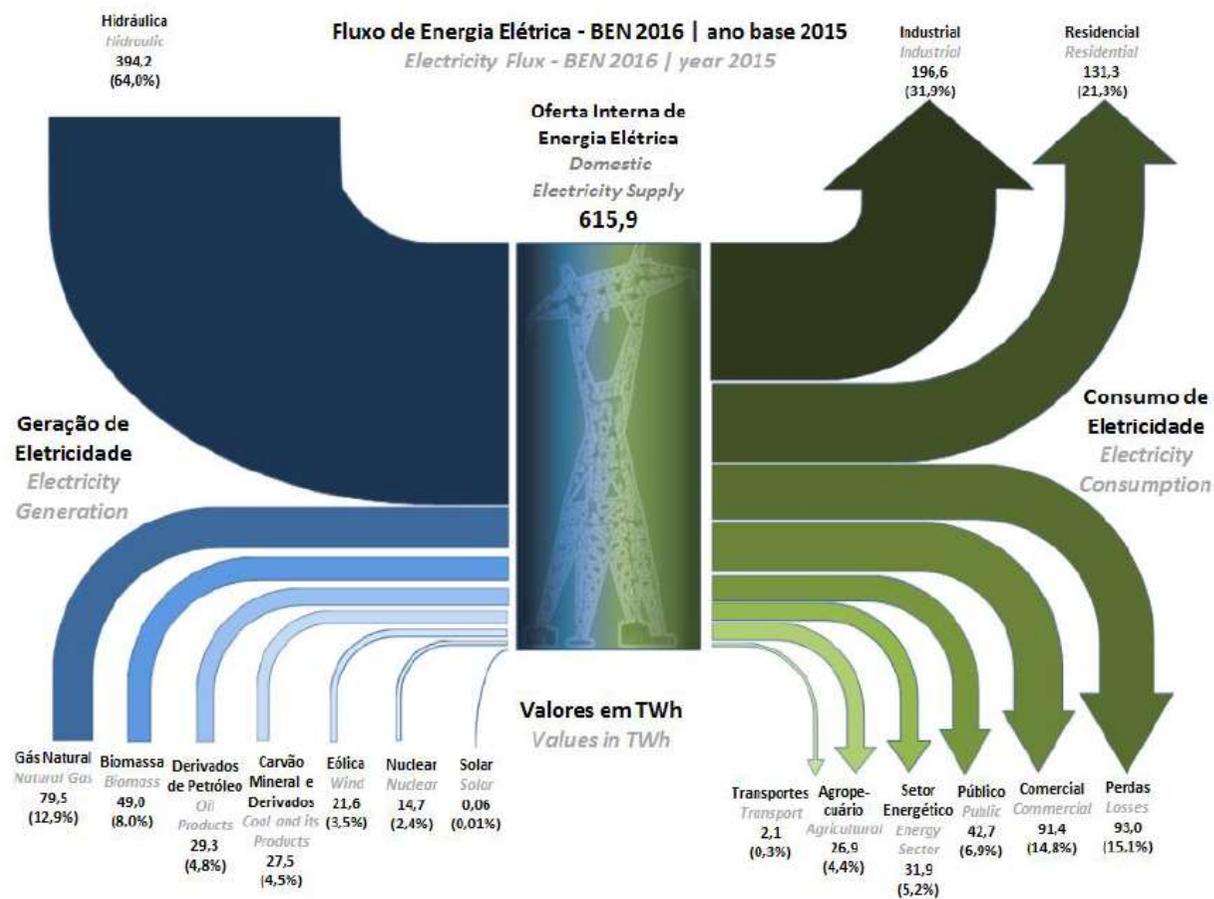
## Brasil Oferta Interna de Energia Elétrica- Ano base 2015\*



\*Fonte: EPE- Resenha Energética Brasileira – Exercício de 2015

João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

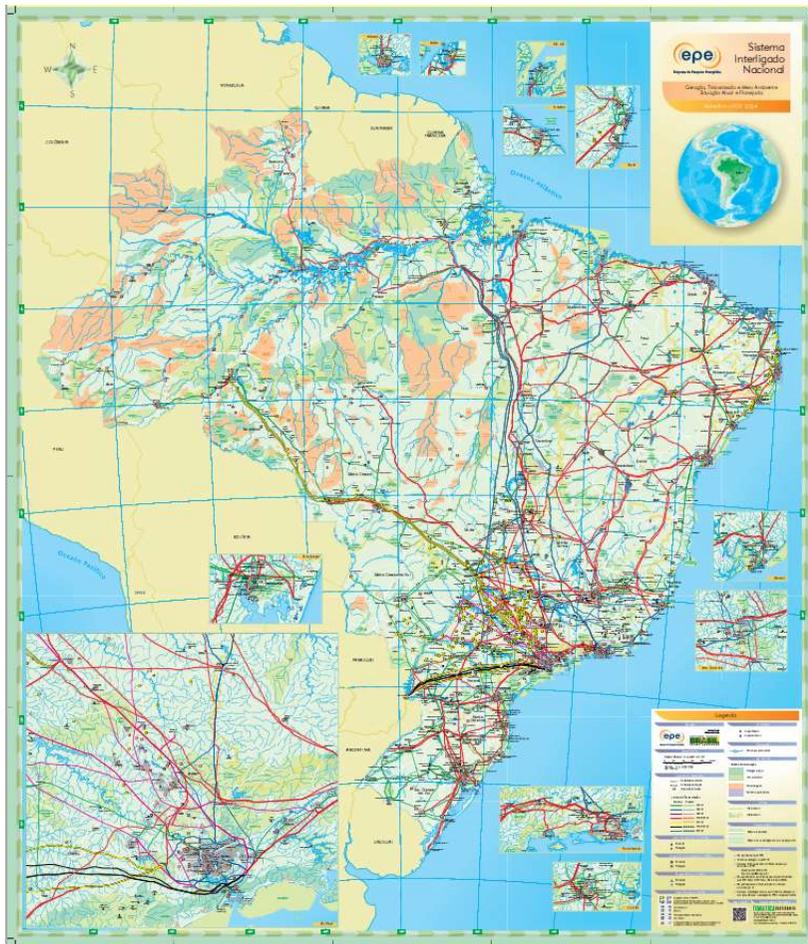
## Fluxo de Energia Elétrica 2015\*



\*Fonte: BEN 2016 – MME / Empresa de pesquisa Energética – EPE  
 Não inclui autoprodução e importação

João Bosco Anício  
 FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

## Sistema Interligado Nacional – SIN\*



Fontes: \* SIN Configuração 2024 - EPE  
\*\*Plano Nacional de Energia – 2030 - EPE

## Rede de Transmissão do SIN sobre a Europa\*\*

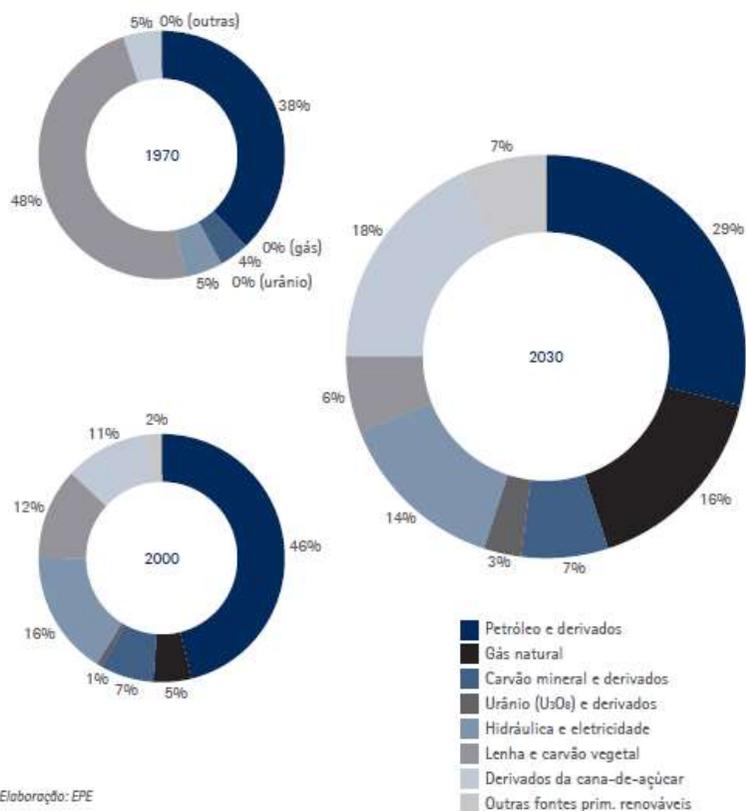


Fonte: Melo, 2004.

João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

- **A matriz energética brasileira repousa majoritariamente em fontes tradicionais sendo 58,8% não renováveis**
- **A nossa situação é confortável e segura?**
- **Estamos no caminho certo?**
- **Qual a matriz energética projetada?**
- **Qual a perspectiva futura para as renováveis?**

## Brasil Oferta Interna de Energia – Evolução 1970 / 2030\*



### Brasil

|                | 1970 | 2000 | 2030 |
|----------------|------|------|------|
| Renováveis     | 58%  | 41%  | 45%  |
| Não Renováveis | 42%  | 59%  | 55%  |

Estamos caminhando para uma matriz com o aumento das emissões de carbono.

Onde vamos parar?

Quando o mundo era fóssil, o Brasil era essencialmente renovável.

Parece que estamos caminhando na contramão do mundo que busca incessantemente se tornar mais renovável.

\*Fonte: Plano Nacional de Energia 2030 - EPE

## Balanço Energético Consolidado- Fontes Primárias de Energia \*

| 2015                 | PETRÓLEO | GÁS NATURAL | CARVÃO VAPOR | CARVÃO METALÚRGICO | URÂNIO U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> | ENERGIA HIDRÁULICA | LENHA  | PRODUTOS DA CANA | OUTRAS FONTES PRIMÁRIAS | ENERGIA PRIMÁRIA TOTAL |
|----------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--------|------------------|-------------------------|------------------------|
| PRODUÇÃO             | 126.127  | 34.871      | 3.066        | 0                  | 512                                  | 30.938             | 24.519 | 50.424           | 16.013                  | 286.471                |
| IMPORTAÇÃO           | 15.377   | 16.198      | 5.638        | 7.625              | 2.159                                | 0                  | 0      | 0                | 0                       | 46.997                 |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES | -1.165   | 0           | -337         | 56                 | -1.701                               | 0                  | 0      | 0                | 8                       | -3.139                 |
| OFERTA TOTAL         | 140.339  | 51.069      | 8.367        | 7.681              | 971                                  | 30.938             | 24.519 | 50.424           | 16.021                  | 330.329                |

286,5  
Mtep

| 2000                 | PETRÓLEO | GÁS NATURAL | CARVÃO VAPOR | CARVÃO METALÚRGICO | URÂNIO U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> | ENERGIA HIDRÁULICA | LENHA  | PRODUTOS DA CANA | OUTRAS FONTES PRIMÁRIAS | ENERGIA PRIMÁRIA TOTAL |
|----------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--------|------------------|-------------------------|------------------------|
| PRODUÇÃO             | 63.849   | 13.185      | 2.603        | 10                 | 132                                  | 26.168             | 23.054 | 19.895           | 4.438                   | 153.334                |
| IMPORTAÇÃO           | 20.537   | 1.945       | 1.917        | 7.300              | 618                                  | 0                  | 4      | 0                | 0                       | 32.322                 |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES | -1.273   | 0           | 50           | 57                 | 1.278                                | 0                  | 0      | 0                | 0                       | 112                    |
| OFERTA TOTAL         | 83.113   | 15.130      | 4.570        | 7.367              | 2.028                                | 26.168             | 23.058 | 19.895           | 4.438                   | 185.767                |

153,3  
Mtep

| 1970                 | PETRÓLEO | GÁS NATURAL | CARVÃO VAPOR | CARVÃO METALÚRGICO | URÂNIO U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> | ENERGIA HIDRÁULICA | LENHA  | PRODUTOS DA CANA | OUTRAS FONTES PRIMÁRIAS | ENERGIA PRIMÁRIA TOTAL |
|----------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--------|------------------|-------------------------|------------------------|
| PRODUÇÃO             | 8.161    | 1.255       | 611          | 504                | 0                                    | 3.422              | 31.852 | 3.601            | 223                     | 48.627                 |
| IMPORTAÇÃO           | 17.845   | 0           | 0            | 1.454              | 0                                    | 0                  | 0      | 0                | 0                       | 19.299                 |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES | -277     | 0           | -28          | -151               | 0                                    | 0                  | 0      | 0                | 0                       | -456                   |
| OFERTA TOTAL         | 25.728   | 1.255       | 583          | 1.806              | 0                                    | 3.422              | 31.852 | 3.601            | 223                     | 68.470                 |

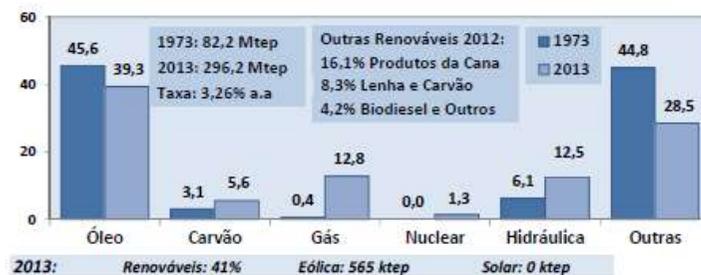
49,6  
Mtep

\*Fonte: BEN 2016 – MME / Empresa de pesquisa Energética - EPE

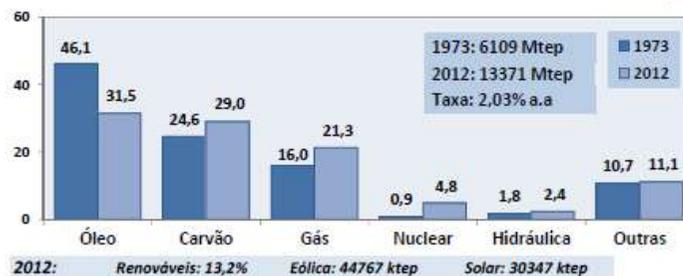
João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

## Brasil

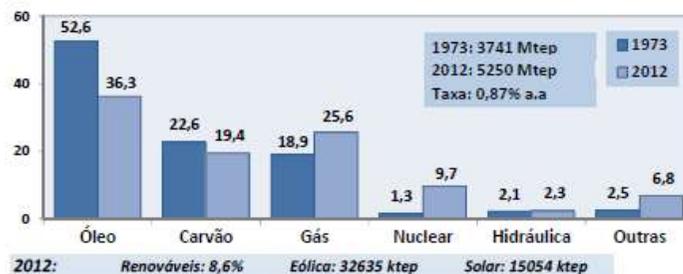
Matriz Energética (%) \*



## Mundo



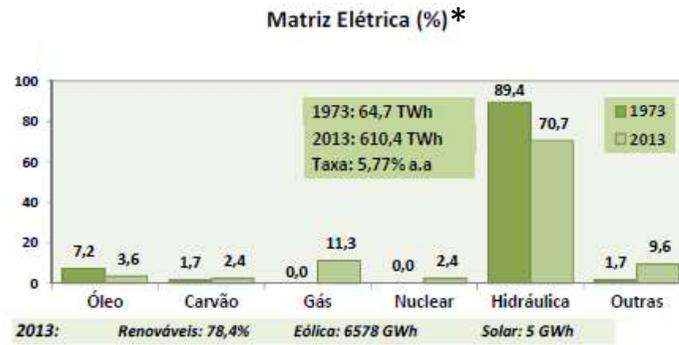
## OCDE



\*Fonte: Energias no Mundo 2012-2013 – MME

| Brasil         | 1973  | 2013  |
|----------------|-------|-------|
| Renováveis     | 50,9% | 41,0% |
| Não Renováveis | 49,1% | 59,0% |

## Brasil



## Mundo



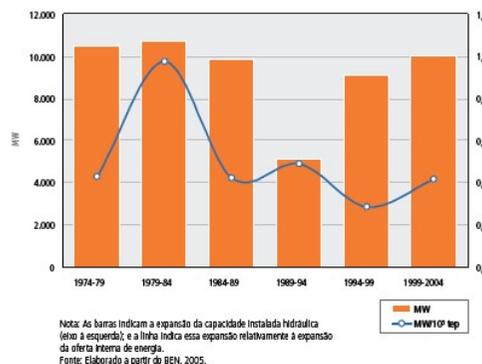
## OCDE



\*Fonte: Energias no Mundo 2012-2013 – MME

| Brasil         | 1973  | 2013  |
|----------------|-------|-------|
| Renováveis     | 91,1% | 80,3% |
| Não Renováveis | 8,9%  | 19,7% |

### Brasil Expansão da capacidade instalada em usinas hidrelétricas \*



### Evolução da capacidade de armazenamento Sistema Sudeste \*



### Potencial hidráulico brasileiro (MW) \*

| Bacia              | Aproveitado   | Inventário     | Estimado      | Total          | %            |
|--------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|--------------|
| Amazonas           | 835           | 77.058         | 28.256        | 106.149        | 42,2         |
| Paraná             | 41.696        | 10.742         | 5.363         | 57.801         | 23,0         |
| Tocantins/Araguaia | 12.198        | 11.297         | 4.540         | 28.035         | 11,2         |
| São Francisco      | 10.290        | 5.550          | 1.917         | 17.757         | 7,1          |
| Atlântico Sudeste  | 4.107         | 9.501          | 1.120         | 14.728         | 5,9          |
| Unuguai            | 5.182         | 6.482          | 1.152         | 12.816         | 5,1          |
| Atlântico Sul      | 1.637         | 1.734          | 2.066         | 5.437          | 2,2          |
| Atlântico Leste    | 1.100         | 1.950          | 1.037         | 4.087          | 1,6          |
| Paraguai           | 499           | 846            | 1.757         | 3.102          | 1,2          |
| Parnaíba           | 225           | 819            | 0             | 1.044          | 0,4          |
| Atlântico NE Oc.   | 0             | 58             | 318           | 376            | 0,1          |
| Atlântico NE Or.   | 8             | 127            | 23            | 158            | < 0,1        |
| <b>Total</b>       | <b>77.777</b> | <b>126.164</b> | <b>47.549</b> | <b>251.490</b> | <b>100,0</b> |
| <b>%</b>           | <b>30,9</b>   | <b>50,2</b>    | <b>18,9</b>   | <b>100,0</b>   |              |

Nota: 1) potencial aproveitado inclui usinas existentes em dezembro de 2005 e os aproveitamentos em construção ou com concessão outorgada; 2) inventário nesta tabela indica o nível mínimo de estudo do qual foi objeto o potencial; 3) valores consideram apenas 50% da potência de aproveitamentos binacionais; 4) valores não incluem o potencial de pequenas centrais hidrelétricas.

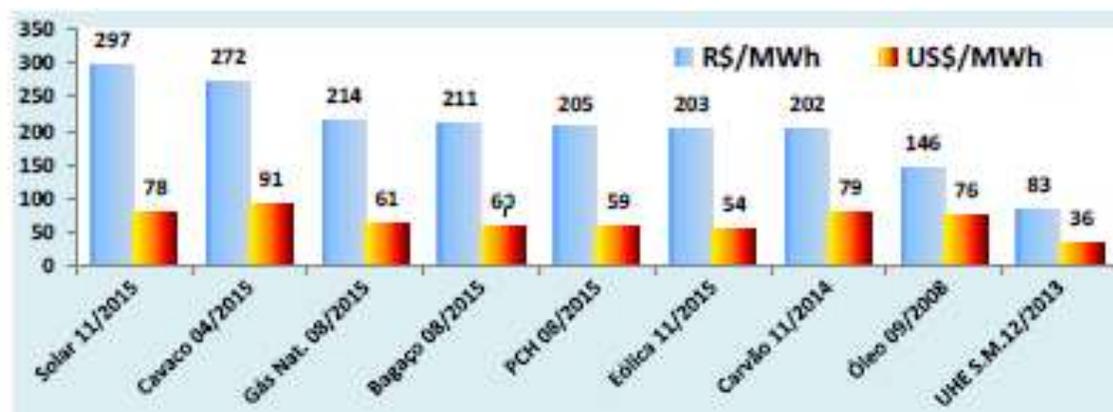
- No final dos anos 90 a expansão hidrelétrica foi relativamente pequena comparada com a expansão da oferta interna de energia. Uma consequência dessa expansão mais modesta foi o racionamento vivenciado em 2001-2002 por grande parte do sistema interligado
- Contrastando com os países desenvolvidos que apresentam uma taxa elevada de aproveitamento do seu potencial hidráulico bastante superior à dos países em desenvolvimento. O Brasil, detentor de um dos maiores potenciais do planeta, deve (ou pode) renunciar a essa alternativa?
- No caso de usinas com grandes reservatórios, o uso múltiplo da água pode se dar, por exemplo, para abastecimento urbano, irrigação, navegação fluvial, recreação e regularização de enchentes.

- Alguns dos benefícios socioeconômicos gerados a partir do uso múltiplo de reservatórios podem ser expressos quantitativamente pelas receitas líquidas anuais obtidas pelos usos determinados e pelos empregos, diretos e indiretos, criados a partir dos projetos implantados.
- Em função da redução dos níveis dos reservatórios disponíveis para a geração de energia e da escassez de água para outros usos o gerenciamento dos recursos hídricos de maneira adequada passa a ser um grande desafio

\* Fonte: Plano Nacional de Energia 2030 - EPE

- Historicamente, as hidrelétricas tiveram uma contribuição expressiva na oferta interna de energia. As recentes exigências sociais e ambientais - e mesmo a dificuldade em encontrar novos aproveitamentos hídricos viáveis para projetos de geração – vêm tornando cada vez mais difícil a expansão da matriz energética do país por meio de grandes hidrelétricas.
- Num contexto de redução da capacidade de armazenamento dos grandes reservatórios as térmicas ganham papel relevante na segurança energética ao lado das fontes intermitentes. Porém, além de aumentar as emissões de Gás Efeito Estufa – GEE, impacta o preço da tarifa na geração da energia elétrica e, como consequência, onera o bolso do consumidor.

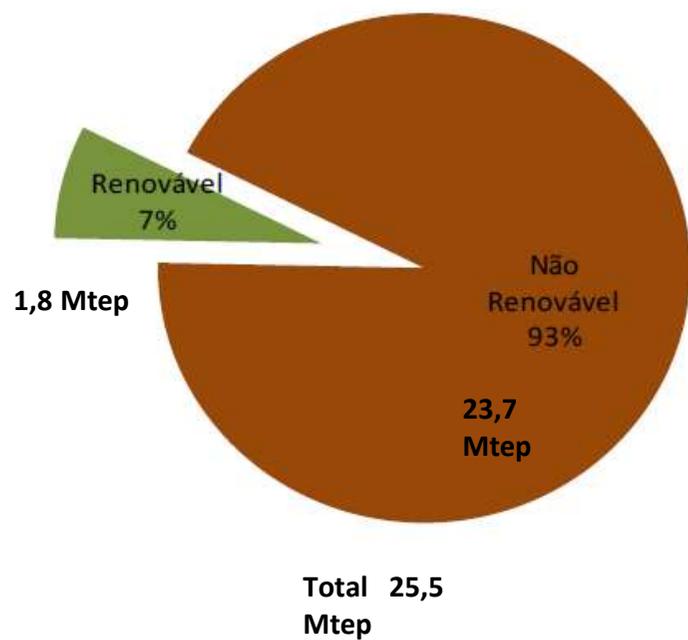
### Preços Médios de leilões de Geração por Fonte \*



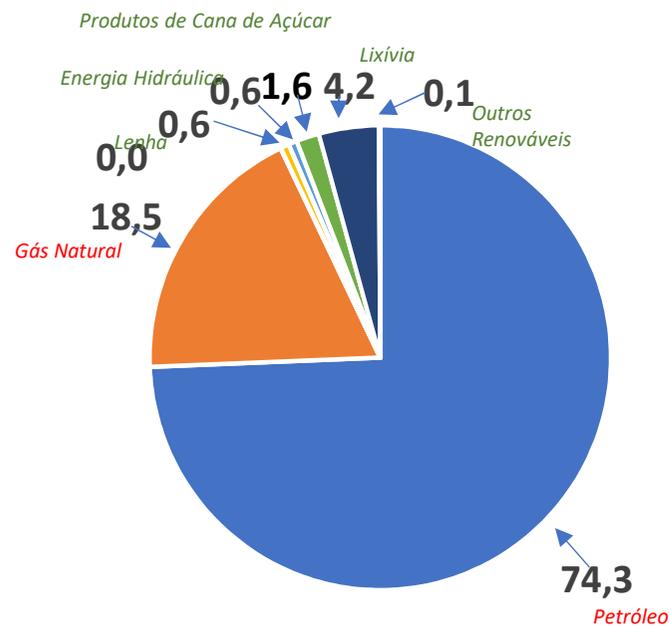
\* Fonte: Energia Solar no Brasil e no Mundo – Ano Base 2015 - EPE

# **Espírito Santo**

Produção de Energia no Espírito Santo\*  
Renovável x Não Renovável

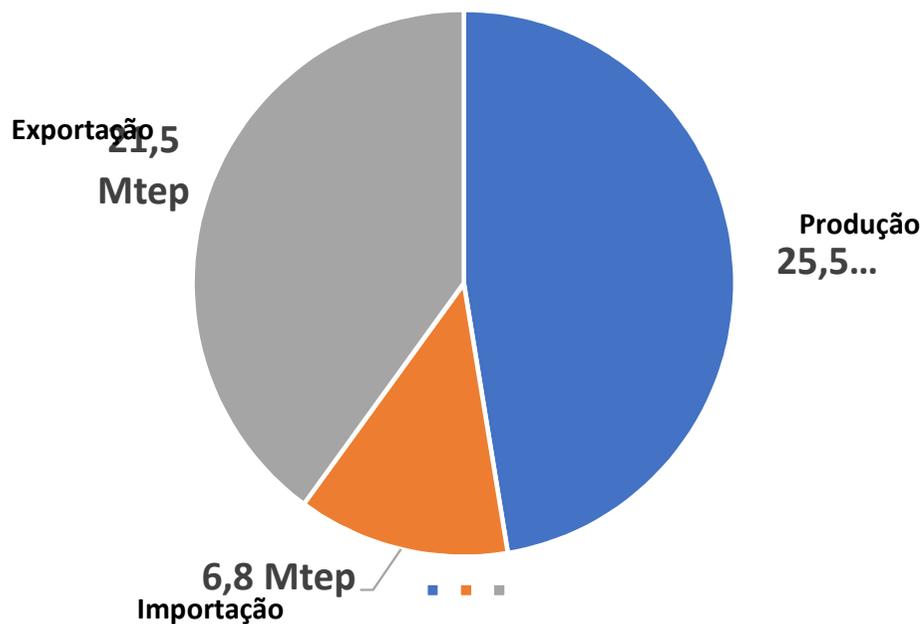


Produção de Energia no Espírito Santo\*  
Distribuição por Fonte (%)

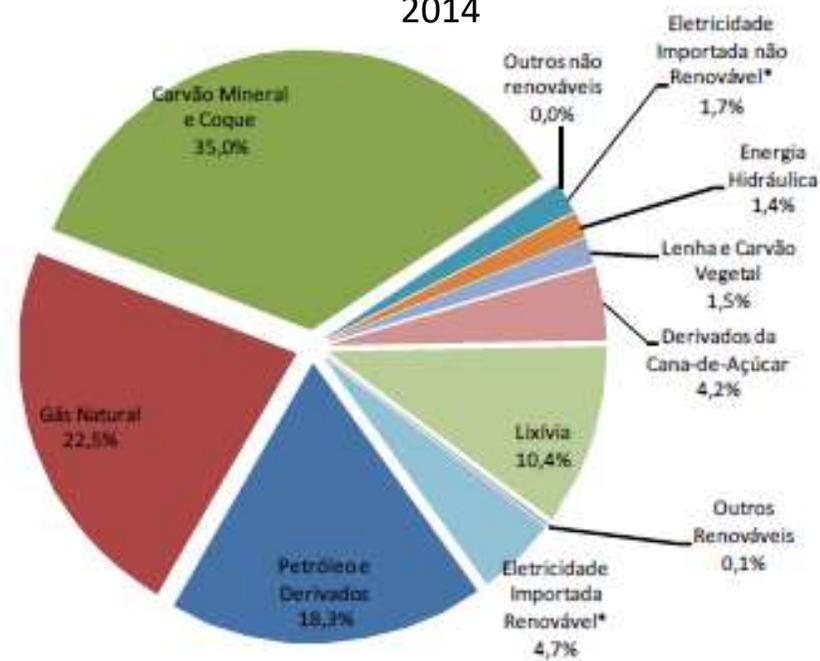


\*Fonte: Balanço Energético do Espírito Santo – Ano Base 2014 - ASPE

Fluxo Energético no Espírito Santo\*  
2014



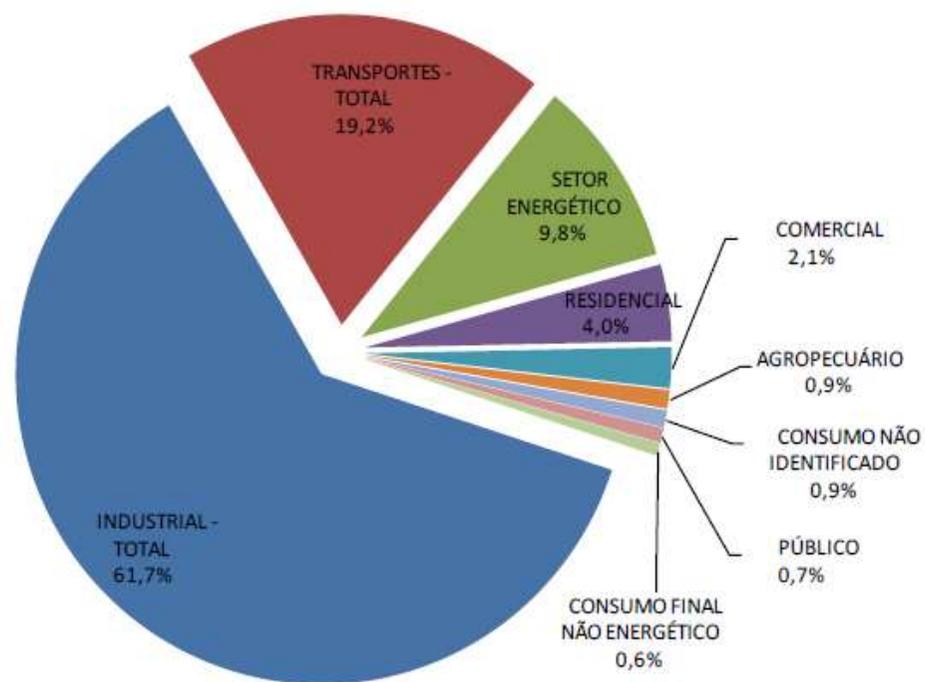
Distribuição da Oferta Interna Bruta por Fonte no ES  
\*  
2014



**Total 10,38 Mtep → Renovável 2,33 Mtep (22,5%)**  
**Não Renovável 8,05 Mtep (77,5%)**

\*Fonte: Balanço Energético do Espírito Santo – Ano Base 2014 - ASPE

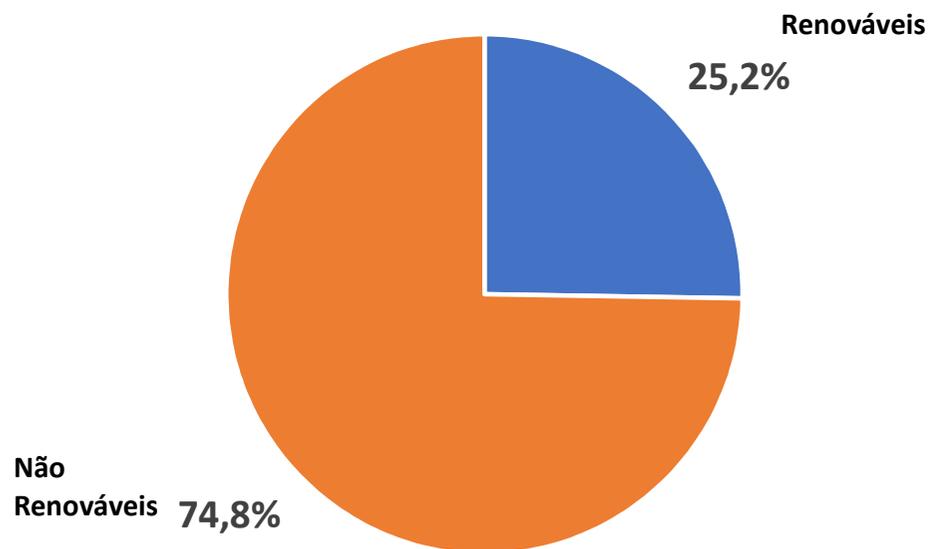
## Consumo final por Setor – 2015\*



\*Fonte: Balanço Energético do Espírito Santo – Ano Base 2014 - ASPE

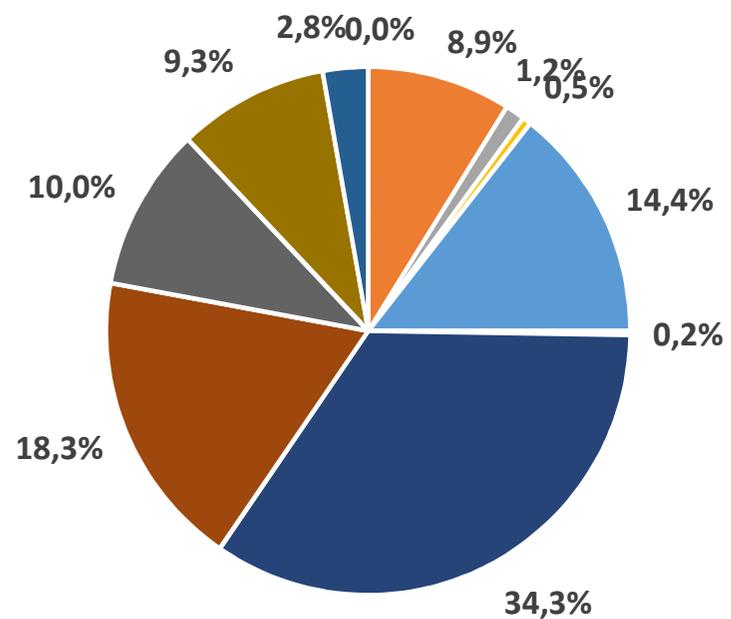
João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

Geração de Energia Elétrica - 2015 \*  
Renováveis x Não Renováveis



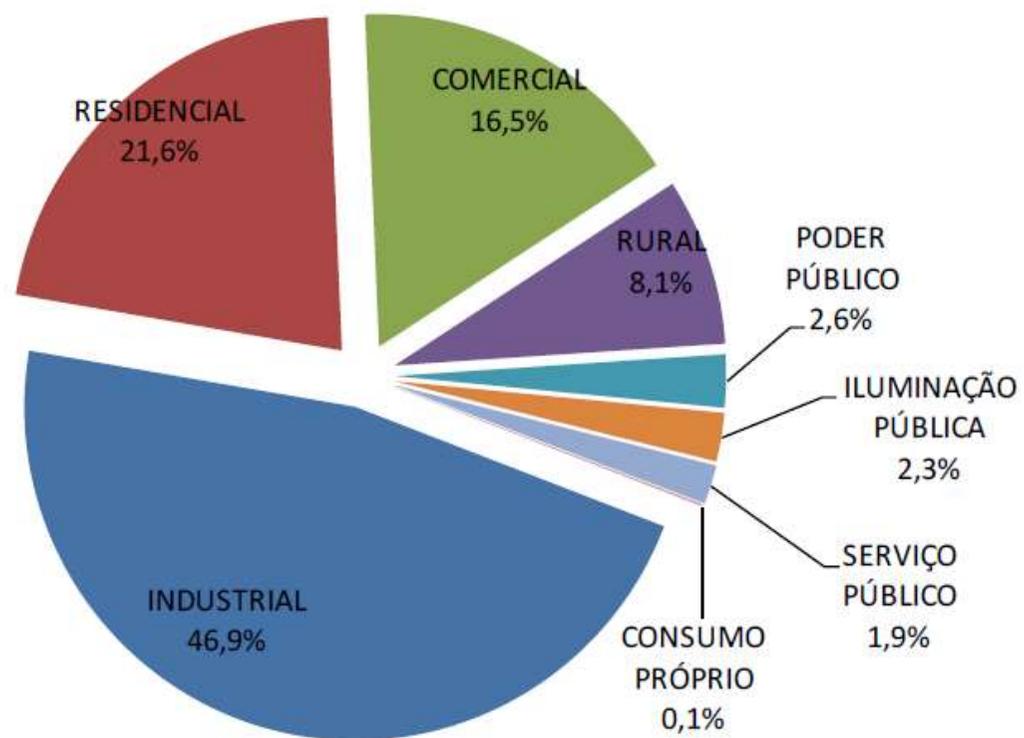
\*Fonte: Balanço Energético Nacional – Ano Base 2015 - ASPE

Geração de Energia Elétrica no ES por Fonte - 2015\*



João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

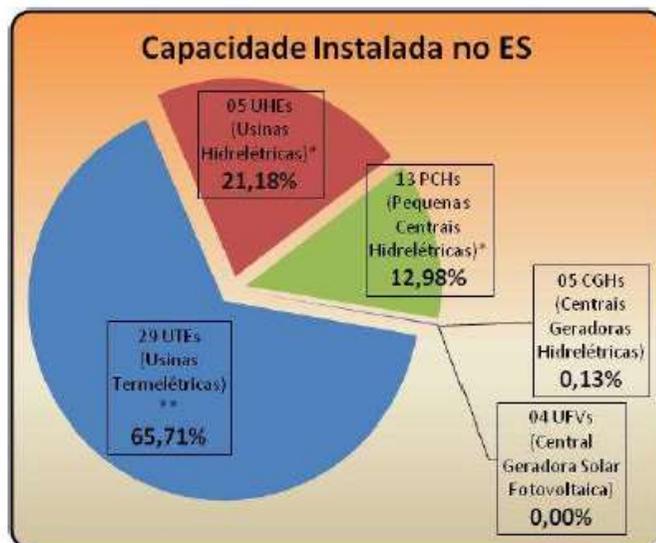
## Consumo de energia Elétrica Distribuída por Setor - 2014\*



\*Fonte: Balanço Energético do Espírito Santo – Ano Base 2014 - ASPE

João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

## Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica - 2015



| DETALHAMENTO DA CAPACIDADE INSTALADA NO ES EM 2015 |                |                |
|--|----------------|----------------|
| GERAÇÃO DOMÉSTICA                                  | POTÊNCIA (MW)  | %              |
| 29 UTEs (Usinas Termelétricas)**                   | 1011,64        | 65,71%         |
| 05 UHEs (Usinas Hidrelétricas)*                    | 326,02         | 21,18%         |
| 13 PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas)*         | 199,85         | 12,98%         |
| 05 CGHs (Centrais Geradoras Hidrelétricas)         | 2,06           | 0,13%          |
| 04 UFVs (Central Geradora Solar Fotovoltaica)      | 0,01           | 0,00%          |
| <b>TOTAL (56 Empreendimentos)</b>                  | <b>1539,59</b> | <b>100,00%</b> |

Fonte: ANEEL adaptado pela ASPE - Atualização Jun/2015

\*Foi considerado somente empreendimentos de fro nteiras que injetam energia no Sistema do Espírito Santo

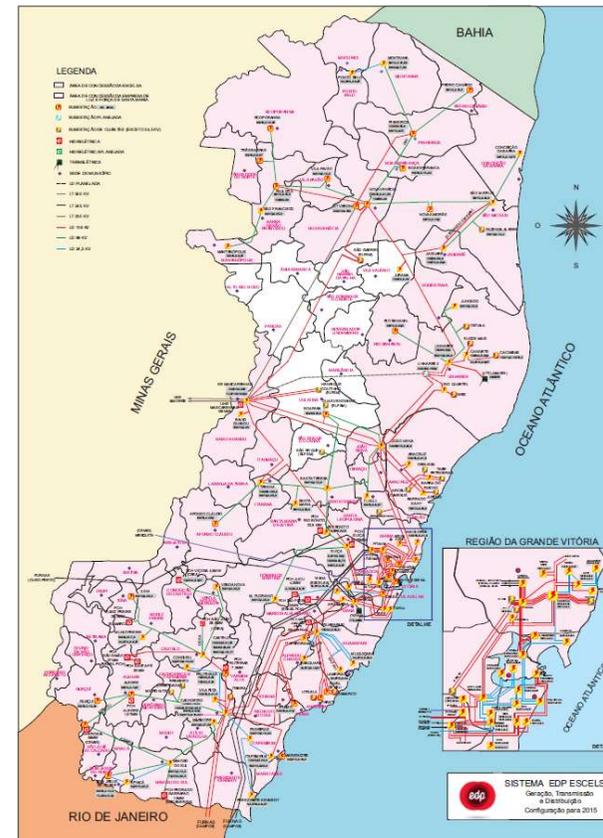
\*\*Estão incluídas 7 usinas com capacidade maior que 5MW, sujeita a autorização da ANEEL e outras 22 de menor capacidade onde é necessário somente o registro junto a ANEEL

## Sistema Interligado Nacional – SIN\* Áreas ES / RJ / Leste MG



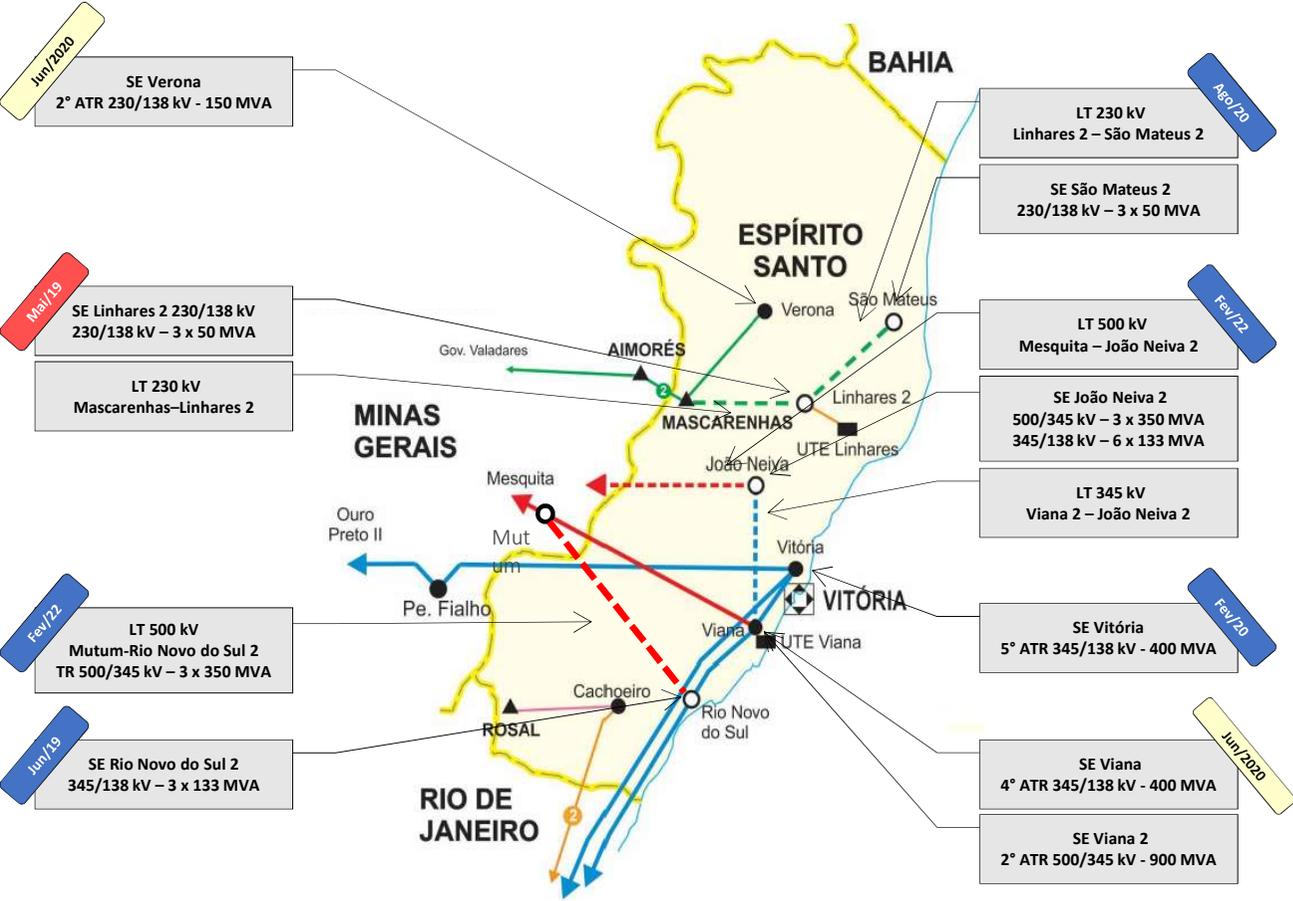
Fontes: \* Plano Decenal – EPE  
\*\*EDP Espírito Santo

## Sistema Elétrico Espírito Santo\*\*



João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

# Ampliações e Reforços SIN – Área ES \*



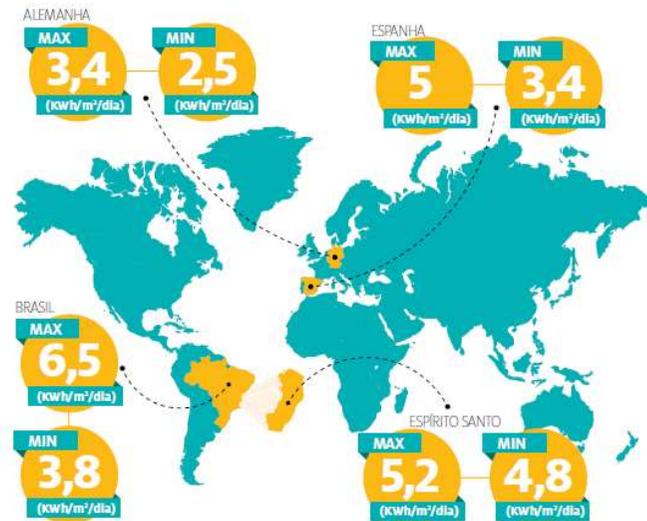
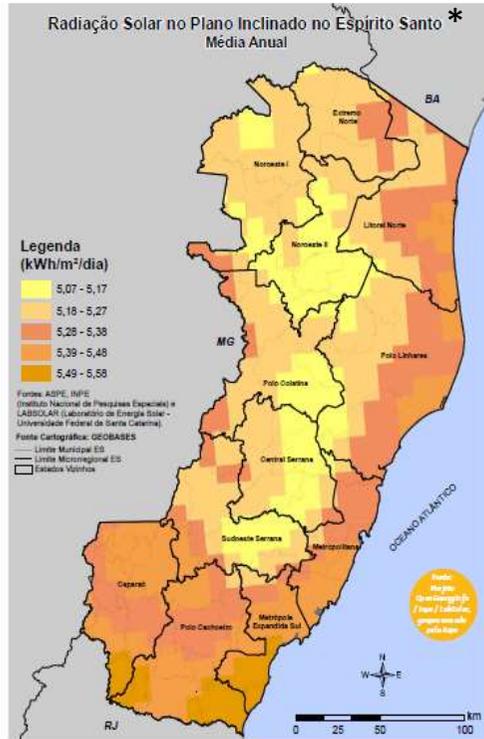
\*Fonte: Plano Decenal – EPE  
EDP Espírito Santo

- **O ES é um grande produtor e exportador de Petróleo e Gás Natural**
- **A Oferta Interna de Energia é predominantemente não renovável**
- **A Geração de energia elétrica é 75% não renovável e 91% térmica**
- **É uma situação confortável?**
- **Qual o potencial existente de fontes renováveis?**
- **Como e onde incrementar a participação das fontes renováveis?**

# Potencial Energias Renováveis

# Potencial Energia Solar no ES

## Radiação Solar no Brasil, no Espírito Santo e no Mundo \*



## Instalações Solares no Mundo \*\*

Geração e Potência Instalada Solar no Mundo - 2014

| País              | Geração (TWh) | % da Geração Total | Potência Instalada (MW) | Fator de Capacidade (%) | Expansão no Ano (GW) |
|-------------------|---------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 China           | 39,2          | 0,6                | 43.480                  | 13,0                    | 15,2                 |
| 2 Estados Unidos  | 39,0          | 0,9                | 25.577                  | 19,5                    | 7,3                  |
| 3 Alemanha        | 38,4          | 6,4                | 39.698                  | 11,2                    | 1,4                  |
| 4 Japão           | 30,9          | 3,1                | 35.409                  | 12,2                    | 12,0                 |
| 5 Itália          | 25,2          | 9,3                | 18.922                  | 15,4                    | 0,3                  |
| 6 Espanha         | 13,9          | 5,1                | 5.432                   | 29,3                    | 0,1                  |
| 7 Reino Unido     | 7,6           | 2,4                | 9.071                   | 11,9                    | 3,6                  |
| 8 França          | 7,3           | 1,3                | 6.557                   | 13,6                    | 0,9                  |
| 9 Índia           | 6,6           | 0,5                | 4.453                   | 18,7                    | 1,4                  |
| 10 Austrália      | 6,1           | 2,4                | 5.065                   | 14,8                    | 0,9                  |
| 11 Coreia do Sul  | 3,8           | 0,7                | 3.408                   | 15,0                    | 1,0                  |
| 12 Grécia         | 3,5           | 7,8                | 2.606                   | 15,4                    | 0,0                  |
| 13 Bélgica        | 3,2           | 4,7                | 3.251                   | 11,3                    | 0,1                  |
| 14 Canadá         | 2,6           | 0,4                | 2.504                   | 13,4                    | 0,6                  |
| 15 Tailândia      | 2,4           | 1,4                | 1.420                   | 20,4                    | 0,1                  |
| Outros            | 23,3          | 0,3                | 27.324                  | 11,2                    | 7,0                  |
| <b>Mundo</b>      | <b>253,0</b>  | <b>1,0</b>         | <b>234.178</b>          | <b>13,9</b>             | <b>51,8</b>          |
| <b>% do mundo</b> | <b>1,0</b>    |                    | <b>3,8</b>              |                         | <b>22,2</b>          |

## Capacidade Instalada e Fator de Capacidade, no Mundo \*\*



\* Fonte: A Energia Solar no Espírito Santo – ASPE

\*\* Fonte: A Energia Solar no Brasil e no Mundo 2015 - MME

## Energia Solar - Principais Incentivos no Brasil\*

**ProGD** – O Ministério de Minas e Energia lançou, em 15/12/2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica, com o objetivo de aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores (residencial, comercial, indústria e agropecuária), com base em fontes renováveis, em especial, a solar fotovoltaica.

**Chamada Pública (CP) ANEEL** – De 2014 a 2016 entraram em operação as plantas FV da CP nº 013/2011 - Projetos Estratégicos: “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira” (24,6 MW contratados, ao custo de R\$ 396 milhões).

**Isenção de IPI** - De acordo com o Decreto nº 7.212, de 15/06/2010, são imunes à incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados, a energia elétrica, derivados de petróleo, combustíveis e minerais.

**Isenção de ICMS** - Pelo Convênio ICMS 101/97, celebrado entre as secretarias de Fazenda de todos os estados, há isenção do imposto Sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) para as operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica, válido até 31/12/2021.

**Desconto na TUST/TUSD** - A RN ANEEL 481/2012, ampliou para 80% o desconto na tarifa de uso do sistema de transmissão/distribuição (TUST/TUSD) para empreendimentos com potência inferior a 30 MW.

**Isenção de ICMS, PIS e Cofins na Geração Distribuída** – Os convênios ICMS 16, 44 e 52, 130 e 157, de 2015, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), firmados por AC, TO, MA, CE, RN, PE, AL, BA, MG, RJ, SP, RS, MS, MT, GO e DF, isentam o ICMS sobre a energia que o consumidor gerar. O tributo se aplica apenas sobre o excedente que ele consumir da rede, e para instalações inferiores a 1 MW. O mesmo vale para o PIS e Cofins (Lei 13.169, de 6/10/2015).

\* Fonte: A Energia Solar no Brasil e no Mundo 2015 - MME

**Redução do Imposto de Importação** – A Resolução CAMEX 64, de 22/08/2015, reduz de 14% para 2%, a alíquota incidente sobre bens de capital destinados à produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica, vigente até 31/12/2016.

**Inclusão no programa “Mais Alimentos”** - A partir de novembro de 2015, os equipamentos para produção de energia solar e eólica passaram a fazer parte do programa “Mais Alimentos”, o que possibilita financiamentos a juros mais baixos.

**Apoio BNDES:** pela Lei 13.203, de 8/12/2015, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, foi autorizado a financiar, com taxas diferenciadas, os projetos de geração distribuída em hospitais e escolas públicas.

**Plano Inova Energia** – Fundo de R\$ 3 bilhões, criado em 2013, pelo BNDES, Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ANEEL, com foco na empresa privada e com o objetivo de pesquisa e inovação tecnológica nas áreas de: redes inteligentes de energia elétrica, linhas de transmissão de longa distância em alta tensão; energias alternativas, como a solar; e eficiência de veículos elétricos.

### Geração Distribuída (GD)

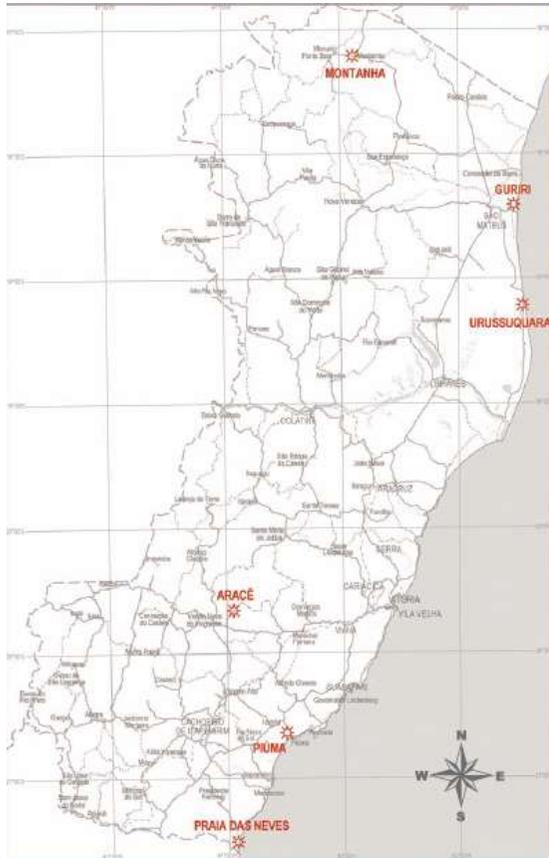
Pode ser definida como a geração de energia elétrica próxima ao local de consumo, ou no próprio estabelecimento consumidor. Em 2012, a ANEEL aprovou duas Resoluções Normativas, a nº 482 e a nº 517, que estabelecem as condições gerais para a microgeração de energia elétrica, além do sistema de compensação de energia elétrica (net metering), atualmente em uso em diversos países.

A Resolução Normativa ANEEL nº 687/15, complementar à 482/12, estabelece que abaixo de 75 kW é microgeração, e acima de 75 kW e até 5 MW é minigeração, e vale para qualquer fonte renovável de geração. Se enquandram nestas modalidades os Imóveis individuais, condomínios, cooperativas e consórcios. Para a microgeração, a distribuidora terá o prazo de 34 dias para conectar a instalação à rede, a contar do dia da solicitação.

FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

## Potencial de Energia Eólica no ES

### Posição das Torres Anemométricas \*



### POTENCIAL DE GERAÇÃO EÓLICA \*

| INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADE |             |            |                          |                     |                     |
|-------------------------------------|-------------|------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| ALTURA [m]                          | VENTO [m/s] | ÁREA [km²] | POTÊNCIA INSTALÁVEL [MW] | FATOR DE CAPACIDADE | ENERGIA ANUAL [GWh] |

| 100 | 6,0 - 6,5 | 4306 | 6460 | 0,154 | 8738 |
|-----|-----------|------|------|-------|------|
|     | 6,5 - 7,0 | 1946 | 2519 | 0,152 | 4503 |
|     | 7,0 - 7,5 | 398  | 897  | 0,230 | 1804 |
|     | 7,5 - 8,0 | 131  | 196  | 0,267 | 460  |
|     | 8,0 - 8,5 | 28   | 42   | 0,300 | 111  |
|     | ≥ 8,5     | 5    | 8    | 0,328 | 22   |

| 75 | 6,0 - 6,5 | 2498 | 3747 | 0,184 | 6023 |
|----|-----------|------|------|-------|------|
|    | 6,5 - 7,0 | 896  | 1345 | 0,224 | 2636 |
|    | 7,0 - 7,5 | 236  | 354  | 0,264 | 918  |
|    | 7,5 - 8,0 | 50   | 75   | 0,300 | 196  |
|    | 8,0 - 8,5 | 12   | 17   | 0,334 | 51   |
|    | ≥ 8,5     | 2    | 3    | 0,355 | 8    |

| 50 | 6,0 - 6,5 | 875 | 1318 | 0,195 | 2297 |
|----|-----------|-----|------|-------|------|
|    | 6,5 - 7,0 | 266 | 399  | 0,24  | 837  |
|    | 7,0 - 7,5 | 68  | 102  | 0,278 | 249  |
|    | 7,5 - 8,0 | 15  | 23   | 0,317 | 63   |
|    | 8,0 - 8,5 | 3   | 4    | 0,346 | 11   |
|    | ≥ 8,5     | 0   | 0    | 0,378 | 2    |

| INTEGRAÇÃO CUMULATIVA |            |                          |                     |
|-----------------------|------------|--------------------------|---------------------|
| VENTO [m/s]           | ÁREA [km²] | POTÊNCIA INSTALÁVEL [MW] | ENERGIA ANUAL [GWh] |

|       |      |       |       |
|-------|------|-------|-------|
| ≥ 6,0 | 7015 | 10522 | 16038 |
| ≥ 6,5 | 2708 | 4062  | 7300  |
| ≥ 7,0 | 762  | 1143  | 2397  |
| ≥ 7,5 | 164  | 247   | 593   |
| ≥ 8,0 | 33   | 50    | 134   |
| ≥ 8,5 | 6    | 9     | 25    |

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| ≥ 6,0 | 3653 | 5540 | 9732 |
| ≥ 6,5 | 1180 | 1783 | 3708 |
| ≥ 7,0 | 299  | 448  | 1073 |
| ≥ 7,5 | 63   | 94   | 255  |
| ≥ 8,0 | 13   | 20   | 59   |
| ≥ 8,5 | 2    | 3    | 9    |

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| ≥ 6,0 | 1250 | 1846 | 3458 |
| ≥ 6,5 | 352  | 528  | 1162 |
| ≥ 7,0 | 86   | 129  | 325  |
| ≥ 7,5 | 18   | 27   | 76   |
| ≥ 8,0 | 3    | 4    | 13   |
| ≥ 8,5 | 0    | 1    | 2    |

### Grandes Escalas Atmosféricas Atuantes nos Regimes de vento Brasileiro e Capixaba



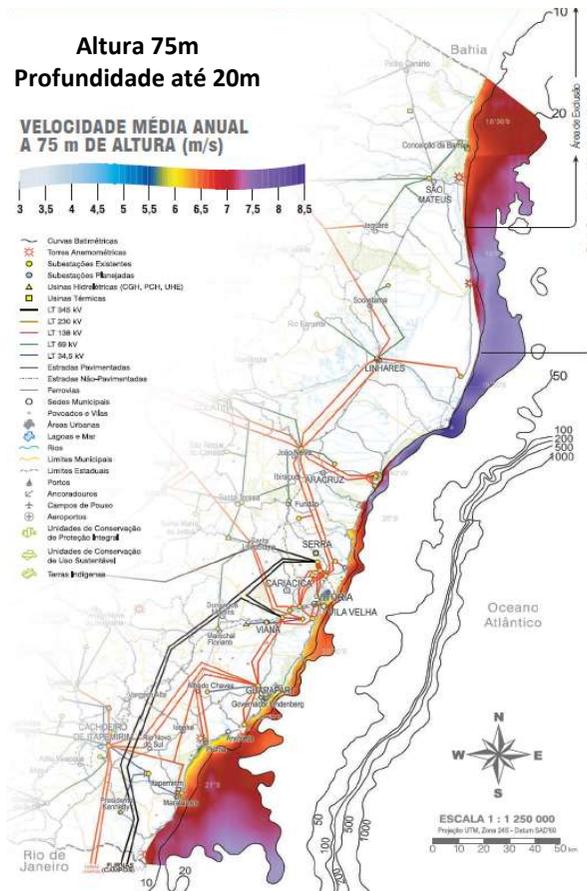
Potencial de 0,53 TW a 50m, 1,79 TW a 75m e 4,06 TW a 100m  
 Fator de capacidade médio de 0,224 na altura de 75m para a faixa de 6,5 a 7,0

- A atratividade para investimentos dependem de contextos econômicos e institucionais de cada país
- Os limiares mínimos variam entre 5,5 m/s e 7,0 m/s
- Tecnicamente médias anuais  $\geq 6,0$  m/s constituem condições favoráveis para operação de usinas eólicas

\* Fonte: Atlas Eólico Espírito Santo - ASPE

# Potencial de Energia Eólica no ES\*

## Potencial Eólico Sobre o Mar (Offshore)



\* Fonte: Atlas Eólico Espírito Santo - ASPE

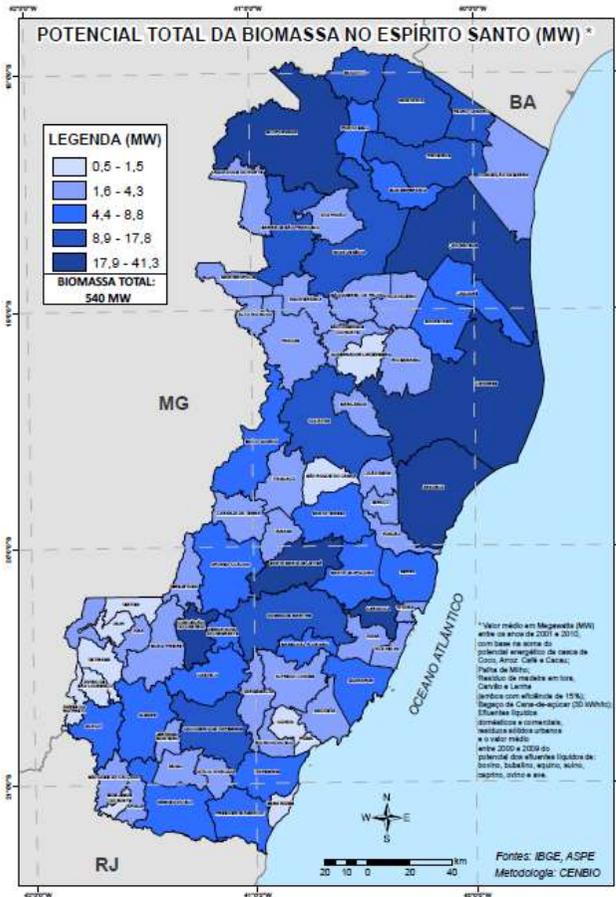
Tabela 5.2 ESTIMATIVA DE POTENCIAL EÓLICO SOBRE O MAR (OFFSHORE)

| Profundidade (m) | INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADE |             |            |                          |                     | INTEGRAÇÃO CUMULATIVA |             |            |                          |                     |
|------------------|-------------------------------------|-------------|------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|-------------|------------|--------------------------|---------------------|
|                  | ALTURA [m]                          | VENTO [m/s] | ÁREA [km²] | POTÊNCIA INSTALÁVEL [MW] | FATOR DE CAPACIDADE | ENERGIA ANUAL [GWh]   | VENTO [m/s] | ÁREA [km²] | POTÊNCIA INSTALÁVEL [MW] | ENERGIA ANUAL [GWh] |
| 0 a 10 m         | 100                                 | 6,0 - 6,5   | 202        | 303                      | 0,176               | 468                   | ≥ 6,0       | 934        | 1201                     | 2301                |
|                  |                                     | 6,5 - 7,0   | 357        | 536                      | 0,204               | 960                   | ≥ 6,5       | 63         | 948                      | 1883                |
|                  |                                     | 7,0 - 7,5   | 219        | 328                      | 0,248               | 715                   | ≥ 7,0       | 275        | 412                      | 923                 |
|                  |                                     | 7,5 - 8,0   | 39         | 58                       | 0,273               | 138                   | ≥ 7,5       | 33         | 83                       | 208                 |
|                  |                                     | 8,0 - 8,5   | 15         | 23                       | 0,315               | 63                    | ≥ 8,0       | 17         | 25                       | 70                  |
|                  |                                     | ≥ 8,5       | 2          | 2                        | 0,344               | 7                     | ≥ 8,5       | 2          | 2                        | 7                   |
| 0 a 20 m         | 75                                  | 6,0 - 6,5   | 278        | 417                      | 0,202               | 739                   | ≥ 6,0       | 788        | 1182                     | 2437                |
|                  |                                     | 6,5 - 7,0   | 289        | 433                      | 0,232               | 891                   | ≥ 6,5       | 31         | 765                      | 1638                |
|                  |                                     | 7,0 - 7,5   | 194        | 292                      | 0,275               | 702                   | ≥ 7,0       | 221        | 332                      | 818                 |
|                  |                                     | 7,5 - 8,0   | 19         | 28                       | 0,322               | 81                    | ≥ 7,5       | 27         | 40                       | 116                 |
|                  |                                     | 8,0 - 8,5   | 8          | 11                       | 0,356               | 35                    | ≥ 8,0       | 8          | 11                       | 35                  |
|                  |                                     | ≥ 8,5       | 0          | 0                        | 0,000               | 0                     | ≥ 8,5       | 0          | 0                        | 0                   |
| 0 a 10 m         | 100                                 | 6,0 - 6,5   | 220        | 330                      | 0,177               | 512                   | ≥ 6,0       | 4817       | 7225                     | 15603               |
|                  |                                     | 6,5 - 7,0   | 894        | 1341                     | 0,210               | 2465                  | ≥ 6,5       | 433        | 6855                     | 15091               |
|                  |                                     | 7,0 - 7,5   | 2356       | 3585                     | 0,246               | 7739                  | ≥ 7,0       | 3703       | 5554                     | 12626               |
|                  |                                     | 7,5 - 8,0   | 1118       | 1677                     | 0,273               | 4090                  | ≥ 7,5       | 1307       | 1960                     | 4887                |
|                  |                                     | 8,0 - 8,5   | 174        | 261                      | 0,319               | 731                   | ≥ 8,0       | 189        | 283                      | 797                 |
|                  |                                     | ≥ 8,5       | 13         | 22                       | 0,345               | 66                    | ≥ 8,5       | 13         | 22                       | 66                  |
| 0 a 20 m         | 75                                  | 6,0 - 6,5   | 332        | 508                      | 0,205               | 948                   | ≥ 6,0       | 477        | 7156                     | 16883               |
|                  |                                     | 6,5 - 7,0   | 1280       | 1920                     | 0,241               | 4037                  | ≥ 6,5       | 441        | 6628                     | 15933               |
|                  |                                     | 7,0 - 7,5   | 2263       | 3394                     | 0,276               | 8202                  | ≥ 7,0       | 3139       | 4708                     | 11878               |
|                  |                                     | 7,5 - 8,0   | 748        | 1121                     | 0,313               | 3076                  | ≥ 7,5       | 876        | 1314                     | 3673                |
|                  |                                     | 8,0 - 8,5   | 128        | 193                      | 0,355               | 600                   | ≥ 8,0       | 128        | 193                      | 600                 |
|                  |                                     | ≥ 8,5       | 0          | 0                        | 0,000               | 0                     | ≥ 8,5       | 0          | 0                        | 0                   |

- Potencial de 0,76 GW a 75m e 0,95 GW a 100m na profundidade de 10m  
Fator de capacidade médio de 0,232 na altura de 75m para a faixa de 6,5 a 7,0

- Potencial de 6,62 GW a 75m e 6,90 GW a 100m na profundidade de 20m  
Fator de capacidade médio de 0,241 na altura de 75m para a faixa de 6,5 a 7,0

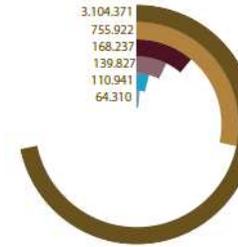
# Potencial de Energia Biomassa no ES\*



Energia e potencial de cada biomassa no Espírito Santo versus consumo residencial (média 2001 a 2010)

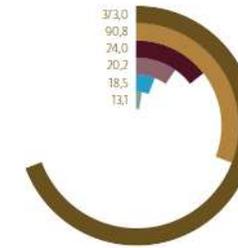
| Energia e Potencial de cada biomassa no ES Versus o Consumo Residencial (média 2001 a 2010) |                                     |                                       |  |  |                |
|---|-------------------------------------|---------------------------------------|--|--|----------------|
| Tipo de Biomassa  | Quantidade Produzida em (toneladas) | Energia por tipo de biomassa em [MWh] | Potencial por tipo de biomassa em [MW] | Equivale ao Nº de Residências consumindo (380 kWh/mês)** |                |
| <b>Lavoura Temporária</b>   |                                     |                                       | <b>24,0</b>                            |  |                |
| Milho (casca) ton   | 106.443,7                           | 13.924                                | 1,4                                    | 1.036  |                |
| Cana de açúcar ton  | 4.196.749,8                         | 125.902                               | 22,6                                   | 9.368  |                |
| <b>Lavoura Permanente</b>   |                                     |                                       | <b>13,1</b>                            |  |                |
| Cacau (casca) ton   | 8.569,1                             | 4.663                                 | 0,6                                    | 347  |                |
| Café (casca) ton  | 607.802,9                           | 67.969                                | 8,2                                    | 5.057  |                |
| Coco (casca) Mil frutos   | 160.663,0                           | 38.308                                | 4,4                                    | 2.850  |                |
| <b>Silviculturas</b>  |                                     |                                       | <b>90,8</b>                            |  |                |
| Resíduos de Madeira em Tora, ton  | 1.707.189,3                         | 674.935                               | 81,1                                   | 50.218   |                |
| Lenha, ton  | 104.144,7                           | 45.049                                | 5,4                                    | 3.552  |                |
| Carvão, ton   | 39.869,3                            | 35.938                                | 4,3                                    | 2.674  |                |
| <b>Efluentes Animais (Cabeças)*</b>   |                                     |                                       | <b>373,0</b>                           |  |                |
| Bovino  | 1.963.812,0                         | 2.314.395                             | 278,1                                  | 172.202  |                |
| Equino, Asinino e Muar  | 89.143,3                            | 163.549                               | 19,7                                   | 12.169   |                |
| Suíno   | 295.103,2                           | 144.237                               | 17,3                                   | 10.732   |                |
| Caprino e Ovino   | 49.311,0                            | 2.675                                 | 0,3                                    | 199  |                |
| Ave   | 15.206.576,3                        | 479.515                               | 57,6                                   | 35.678   |                |
| <b>Efluentes Domésticos e Comerciais</b>  |                                     | 3.392.775,0                           | 64.310                                 | <b>18,5</b>  | 4.785          |
| <b>Resíduos Sólidos Urbanos (Habitantes)</b>  |                                     | 3.392.775,0                           | 168.237                                | <b>20,2</b>  | 12.518         |
| <b>Biomassa Total</b>   |                                     |                                       | <b>4.343.608</b>                       | <b>539,7</b>   | <b>323.185</b> |

Resultados ASPE 2012. Fonte IBGE, ano base 2010. Metodologia do CENBIO, 2008. \* dados IBGE de 2000 a 2009. \*\* Considerado de 25% o rendimento do Grupo Monogorador.

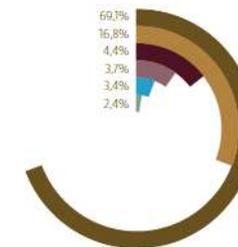


Energia por tipo de biomassa em [MWh] disponível no Estado do Espírito Santo

Resultados ASPE 2012. Fonte IBGE, ano base 2010. Metodologia do CENBIO, 2008.



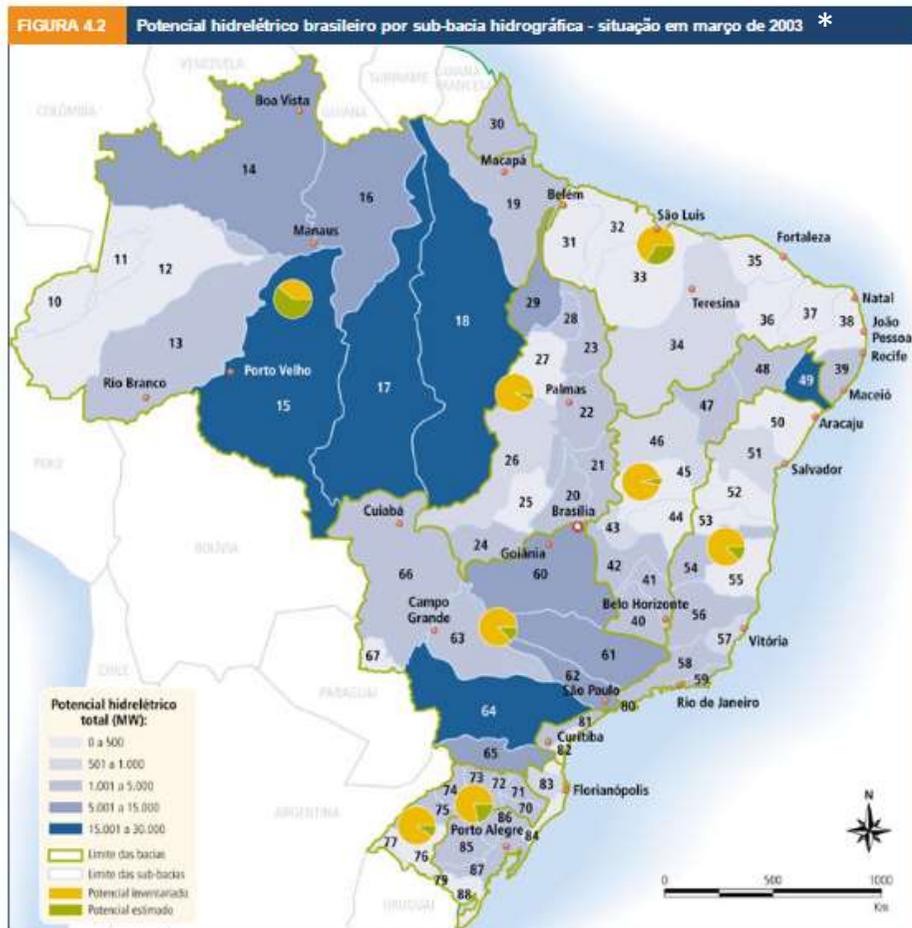
Potencial por tipo de biomassa em [MW] disponível no Estado do Espírito Santo



Potencial por tipo de biomassa em [%] disponível no Estado do Espírito Santo

\* Fonte: Atlas de Bioenergia do Espírito Santo – 2013 - ASPE

## Potencial Energia Hidrelétrica no ES \*



\* Fonte: Sistema de Informação do potencial hidrelétrico brasileiro – SIPOT / ELETROBRAS

\*\* Fonte: Plano Nacional de Energia 2030 - EPE

## Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Sub-bacia Hidrográfica – Dez/2003

| Sub-bacia Hidrográfica               | Código | Estimado |                       | Inventariada |                       | Total (MW) |                       |
|--------------------------------------|--------|----------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------|-----------------------|
|                                      |        | (MW)     | % em relação ao total | (MW)         | % em relação ao total | (MW)       | % em relação ao total |
| Rios Mucuri, São Mateus e Outros     | 55     | 70,20    | 0,1                   | 288,70       | 0,2                   | 358,90     | 0,1                   |
| Rios Itapemirim, Itabapoana e Outros | 57     | 176,50   | 0,2                   | 553,14       | 0,3                   | 729,64     | 0,3                   |

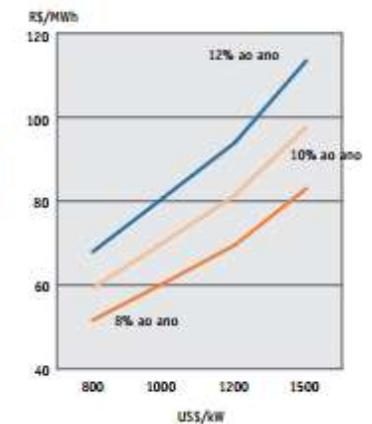
**Total 841,8 MW**

## Custo Médio de Geração Hidrelétrica \*\*

Custo Médio da Geração Hidrelétrica (R\$/MWh)

| US\$/kW | Taxa de desconto (ao ano) |      |       |
|---------|---------------------------|------|-------|
|         | 8%                        | 10%  | 12%   |
| 800     | 51,6                      | 59,4 | 67,9  |
| 1.000   | 60,5                      | 70,3 | 80,9  |
| 1.250   | 69,5                      | 81,3 | 94,0  |
| 1.500   | 83,0                      | 97,7 | 113,5 |

(\*) custo não avançado, excluído tributos e contribuições



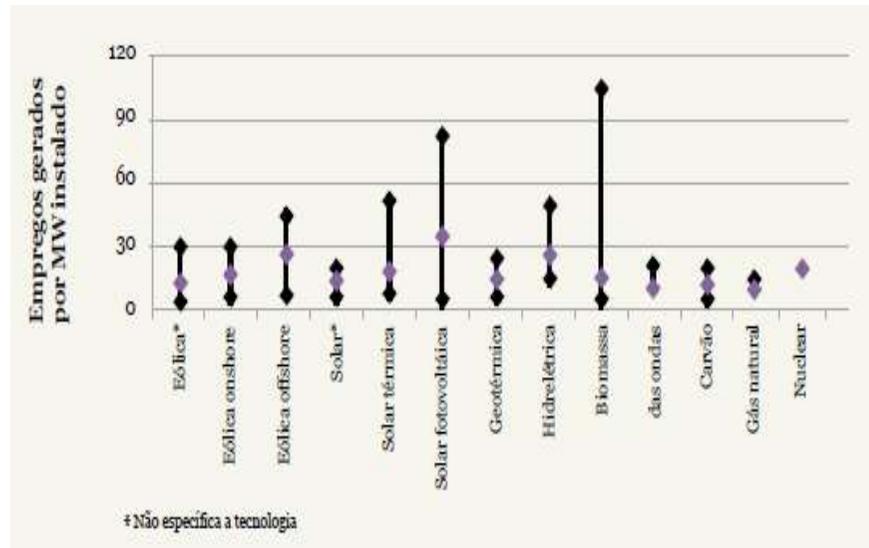
João Bosco Anício  
FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017

- O potencial de geração hidrelétrica remanescente no ES tem algum espaço para PHCs, mini e micro usinas hidrelétricas, não sendo suficiente para garantir o suprimento de energia para o Estado
- A exploração do potencial hidráulico deve ser incentivada dentro do conceito de uso múltiplo da água. Carecemos de reservatórios para regularização do abastecimento d'água. Algumas oportunidades foram perdidas, mas devemos reconsiderar a situação e viabilizá-las economicamente e ambientalmente
- O sistema elétrico que abastece o Espírito Santo evoluiu bastante na última década com a construção de linhas de 230kV, 345kV e 500kV reforçando a capacidade de suprimento e a confiabilidade
- Está prevista para 2019 uma linha de 500kV proveniente de Mesquita (MG) até João Neiva prosseguindo até Vitória em tensão de 345kV. Com mais reforços poderá ser possível escoar a geração de usinas eólicas e térmicas na região norte do Estado, podendo também viabilizar usinas solares
- O Estado é um grande produtor de gás natural, com estações ligadas a gasodutos que se interligam com a rede nacional, exportando a maior parte de sua produção. As necessidades do Estado podem ser totalmente atendidas a depender de infraestrutura de distribuição

- Pode ainda ser um grande gerador de energia elétrica de fonte de gás natural, visto que esse tipo de geração é um importante ator na garantia a segurança energética, podendo firmar a energia de fontes intermitentes, diante do cenário de severas restrições a construção de grandes reservatórios
- A Biomassa também tem um papel a desempenhar na composição da matriz energética capixaba. Apesar de ser pequeno diante da demanda do Estado, apresenta-se geralmente como oportunidade associada a processos produtivos que utilizam cana de açúcar, resíduos florestais, resíduos agrícolas, biogás proveniente do tratamento de efluentes líquidos gerados na criação animais, nos processos domésticos e comerciais, de suínos, nas demais criações e resíduos sólidos urbanos.
- O potencial de geração eólica é significativo comparado com a demanda de energia elétrica do Estado. O desafio está em viabilizar a sua exploração mesmo diante da existência de sítios mais competitivos
- A energia solar é uma fonte promissora para o abastecimento do território capixaba, mostrando que a variação da radiação incidente no plano inclinado está entre 4,8 e 5,2 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Não há como deixar de aproveitar o potencial existente considerando os benefícios decorrentes do uso dessa fonte.

Há também o aspecto da criação de empregos diretos e indiretos. Há estudo que mostra que as fontes de energia eólica, solar fotovoltaica e hidrelétrica são as maiores geradoras de empregos por MW instalado. Uma grande oportunidade para a geração de renda, propiciando condições de vida mais digna para os cidadãos.

Geração de empregos por MW instalado para diversas fontes e tecnologias \*



\*Fonte: SIMAS, M. S., IEE-USP, 20124  
 Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas  
 WWF-Brasil – Fundo Mundial para a Natureza - 2015

# Considerações Finais

## Questões importantes relativos aos desafios a serem vencidos

- Onde e de que forma expandir a geração de energia por fonte hídrica?
- Construir usinas com reservatórios ou usinas a fio d'água?
- Como impulsionar o desenvolvimento de demais fontes renováveis e otimizar seu caráter intermitente com segurança energética?
- Construir termelétricas para firmar a energia das fontes renováveis?
- Qual a estratégia a ser adotada para explorar as reservas do pré-sal diante dos níveis atuais de preços dos combustíveis fósseis?
- Quais objetivos a serem alcançados pela política energética na ampliação da oferta de energia?
- Segurança energética ou redução nos níveis de emissão de gases efeito estufa?
- Modicidade tarifária ou atração de investimentos?

- Acrescente-se a necessidade de uma correta sinalização de preços, que reflita adequadamente as situações de oferta e demanda e impactos sociais e ambientais, um ambiente regulatório que crie condições para a atração de investimentos e o estabelecimento de políticas públicas proativas.
- Os investidores buscam alternativas rentáveis e a sociedade a modicidade tarifária com mínimo custo social e ambiental. Não é uma tarefa fácil, sendo recheada de dilemas cuja discussão deve ser feita a partir do entendimento claro dos custos e dos benefícios que caracterizam cada fonte de energia considerada.
- Pensando em sustentabilidade qualquer expansão deve privilegiar o uso eficiente de energia. A busca por eficiência no uso da energia deve ser permanente, sendo importante a redução de desperdícios e ineficiências em todos os processos.
- O papel da demanda não pode ser minimizado. O uso tecnologias de gestão da demanda, contribuindo com o uso sustentável dos recursos naturais e aliviando a pressão por investimentos na expansão da oferta deve ser considerado. As novas tecnologias como redes inteligentes contribuirão fortemente para otimizar o comportamento da demanda.
- Há que se pensar no estabelecimento de um processo de eficiência econômico social.  
Não se pode debitar toda a responsabilidade aos técnicos e aos equipamentos  
A gestão da demanda serve para a energia, para a água e qualquer outro recurso natural

- É preciso estabelecer uma estratégia clara de expansão da matriz energética, definindo o papel das fontes tradicionais e renováveis e levando em conta os tradeoffs apresentados pelas diferentes opções.
- É necessário internalizar os custos ambientais de uma maneira muito explícita  
O baixo preço do petróleo poderá frear o desenvolvimento das fontes renováveis
- Para responder a todos os questionamentos é necessário ouvir a sociedade.  
Cabe a ela a decisão, devendo estar suficientemente informada e dispor de plena compreensão dos custos e benefícios das alternativas e definir uma estratégia adequada e consciente para a expansão da matriz energética.
- O aval da sociedade é o passaporte para definir o papel de cada fonte na formação da matriz energética, visando a garantia do atendimento à demanda, privilegiando a energia limpa e renovável sem abrir mão da segurança energética.
- Cabe agora ao governo nortear, por meio de políticas públicas, a estratégia a ser seguida, com diretrizes, ações e sinalizações econômicas claras, tendo por base consenso obtido a partir de mecanismos de diálogo com a sociedade.

# Muito Obrigado!

**João Bosco Anicio**  
**Eng. Eletricista**  
**Conselheiro do CREA-ES**  
**[jbanicio.eng@outlook.com](mailto:jbanicio.eng@outlook.com)**

FORUM ÁGUA & ENERGIA – Vitória/ES – Junho/2017