

GESEL 20
anos

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

Fundação COGE

Desafios da Transição Elétrica

Prof. Nivalde de Castro

26 de setembro de 2019

Highlights

- A Transição Energética tem três Driver's: Descarbonização, Descentralização e Digitalização
- O principal objetivo da Transição é a Descarbonização
- Para efeito analítico deve-se diferenciar a Transição Energética da Elétrica – foco da apresentação.
- O cenário e dinâmica da Transição Elétrica no Mundo e no Brasil são completamente distintos, mas têm elementos convergentes
- As Políticas Energéticas são pragmáticas e de cunho nacional
- No mundo e no Brasil as UTE-g vão substituir as de usinas a carvão: descarbonização.

Contextualização da Transição Elétrica

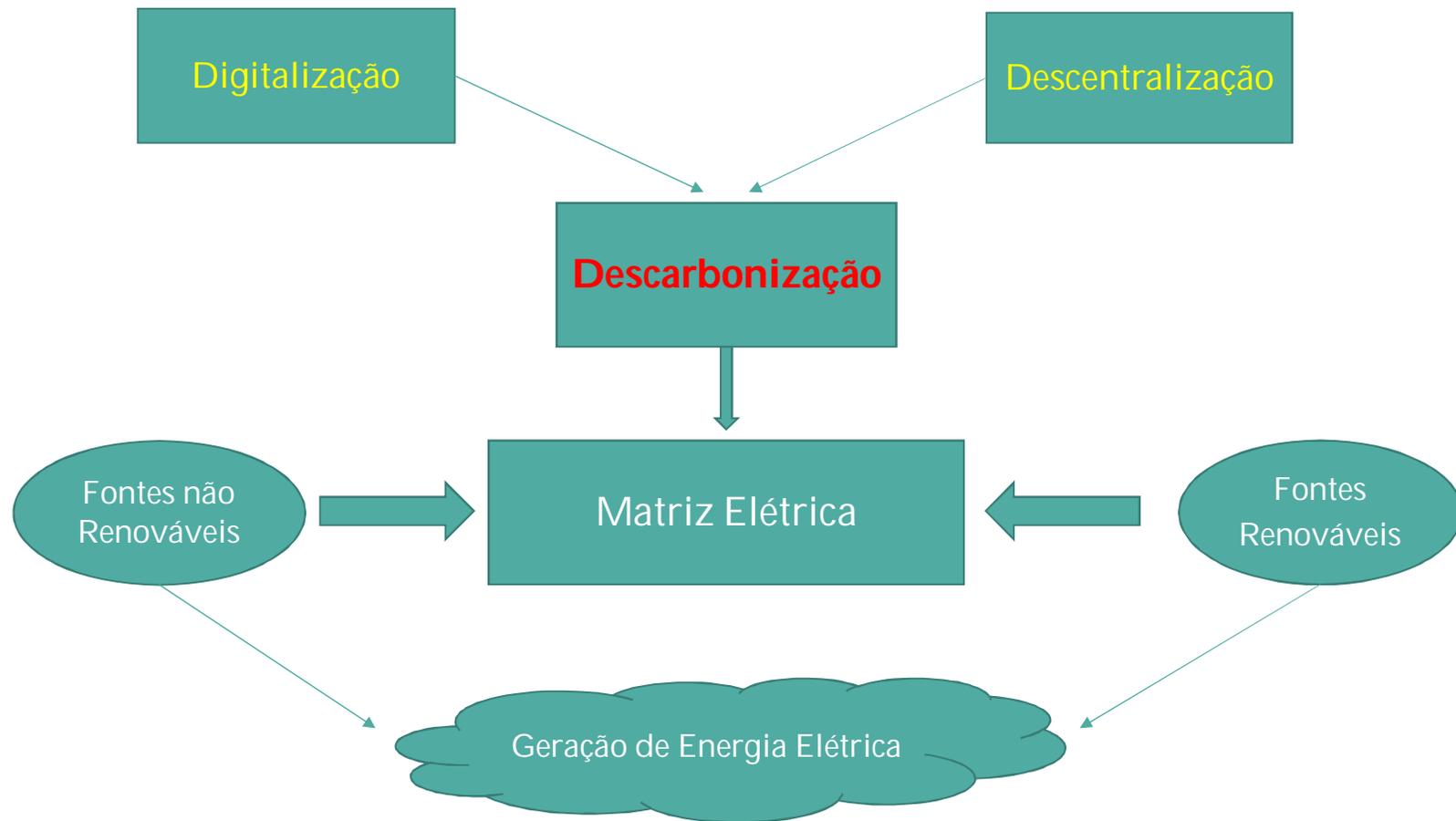
A dinâmica da Transição é dada por 3 D's:

- i. Descarbonização
- ii. Descentralização e
- iii. Digitalização

O processo de **Descarbonização altera a composição da Matriz Elétrica:**

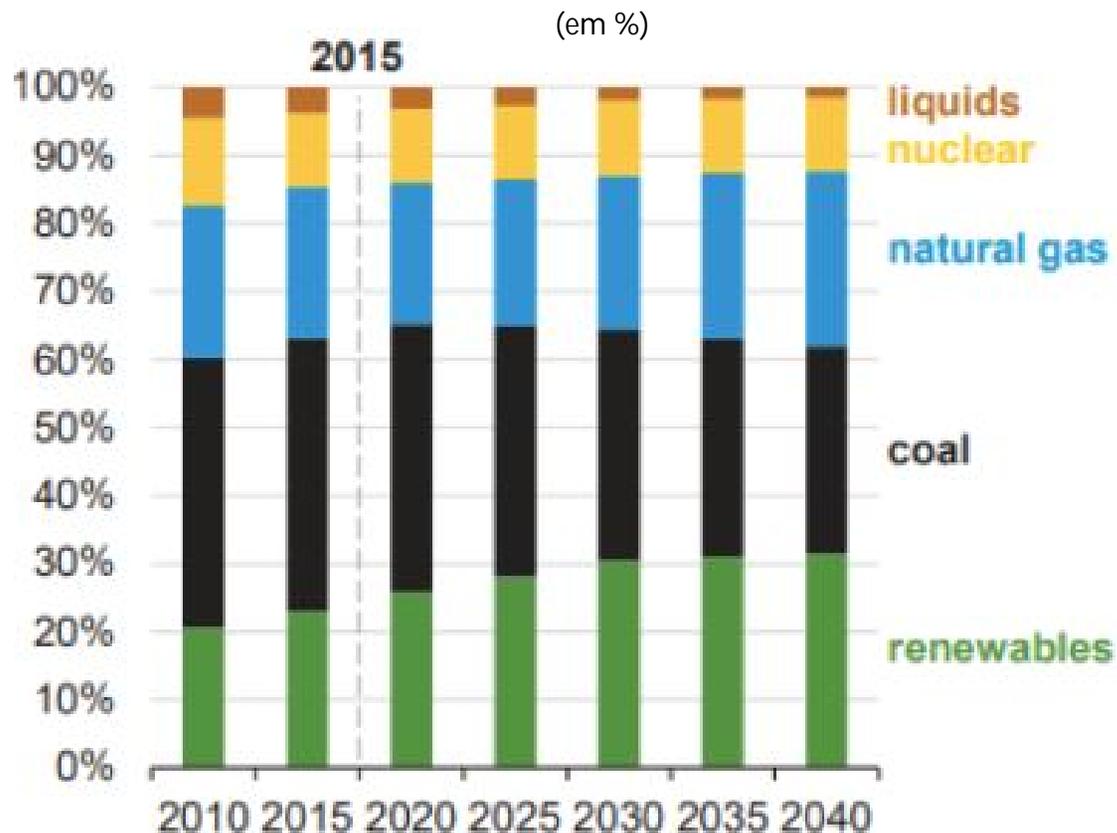
- i. Fontes não Renováveis
- ii. Fontes Renováveis

Contextualização da Transição Elétrica



Cenários da Transição Elétrica no Mundo

Projeção mundial da geração de energia elétrica por fonte: 2015-2040.



Fonte: EIA

Processo de Transição Elétrica no Mundo: 2000-2018

Geração por Fonte

Geração Elétrica (TWh) - MUNDO

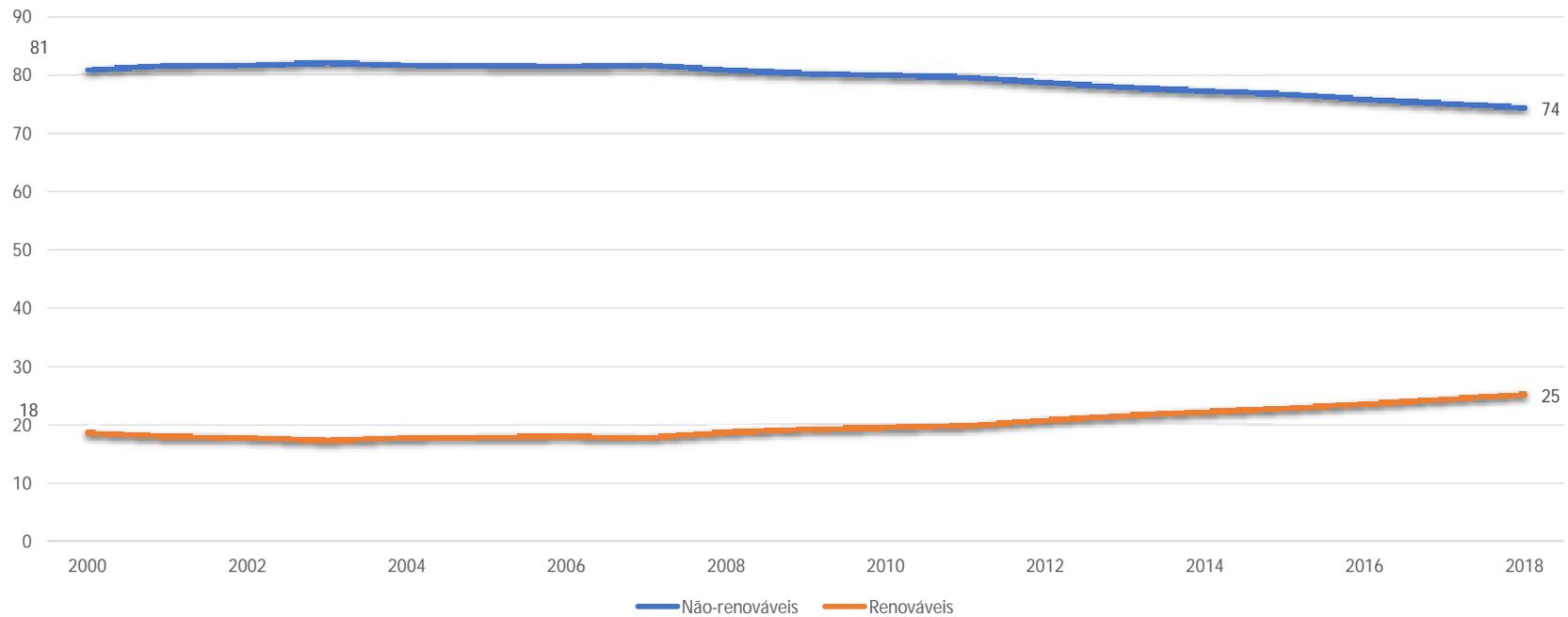
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Oil	1237,3	1204,4	1188,6	1191,4	1162,2	1164,3	1061,5	1078,8	1057,9	987,8	942,4	1051,4	1134,7	1080,0	1033,1	1031,8	948,0	870,0	802,8
Gas	2761,9	2937,3	3138,9	3294,4	3549,4	3750,7	3956,8	4277,0	4432,5	4446,1	4870,5	4907,6	5186,7	5088,2	5255,7	5597,3	5847,1	5952,8	6182,8
Coal	5985,0	6065,2	6315,9	6762,2	6988,1	7360,4	7771,0	8261,6	8277,5	8129,8	8658,4	9100,4	9141,6	9597,1	9628,8	9412,0	9507,4	9806,2	10100,5
Nuclear	2580,9	2653,8	2696,2	2641,6	2757,1	2769,1	2803,6	2746,4	2737,9	2699,2	2767,5	2651,8	2472,4	2491,7	2540,8	2575,6	2615,2	2639,0	2701,4
Total não-renováveis	12565,1	12860,6	13339,6	13889,6	14456,8	15044,5	15592,9	16363,8	16505,8	16262,9	17238,8	17711,2	17935,5	18256,9	18458,3	18616,7	18917,7	19268,0	19787,5
Hidroelétrica	2654,7	2586,5	2633,6	2628,6	2805,3	2915,8	3026,6	3079,4	3256,3	3250,2	3432,9	3499,2	3666,8	3793,2	3883,1	3884,4	4017,7	4065,4	4193,1
Eólica	31,4	38,4	52,3	62,9	85,1	104,1	132,9	170,7	220,6	275,9	341,6	436,8	523,8	645,3	712,0	831,4	956,9	1128,0	1270,0
Solar	1,1	1,4	1,8	2,3	3,0	4,2	5,7	7,8	12,6	21,0	33,7	65,0	100,8	139,1	197,9	260,7	328,4	453,5	584,6
Outras renováveis	185,5	191,2	205,9	217,4	234,6	254,8	271,9	294,8	315,0	339,4	378,9	397,9	430,8	464,1	502,2	536,5	556,6	585,0	625,8
Total renováveis	2872,7	2817,5	2893,6	2911,2	3128,0	3278,9	3437,0	3552,7	3804,5	3886,5	4187,1	4398,9	4722,2	5041,7	5295,2	5513,0	5859,6	6231,9	6673,5
Outras	110,5	104,3	107,3	117,8	116,8	128,3	125,9	124,6	123,0	119,9	148,4	148,5	150,1	151,2	161,0	157,3	179,6	176,7	153,8
Total de geração mundial	15548,3	15782,4	16340,5	16918,6	17701,7	18451,7	19155,8	20041,2	20433,3	20269,3	21574,3	22258,7	22807,8	23449,8	23914,6	24286,9	24956,9	25676,6	26614,8

PARTICIPAÇÃO (%)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Óleo	8	8	7	7	7	6	6	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	3
Gás	18	19	19	19	20	20	21	21	22	22	23	22	23	22	22	23	23	23	23
Carvão	38	38	39	40	39	40	41	41	41	40	40	41	40	41	40	39	38	38	38
Nuclear	17	17	16	16	16	15	15	14	13	13	13	12	11	11	11	11	10	10	10
Não-renováveis	81	81	82	82	82	82	81	82	81	80	80	80	79	78	77	77	76	75	74
Hidroelétrica	17	16	16	16	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Eólica	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2
Outras renováveis	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Renováveis	18	18	18	17	18	18	18	18	19	19	19	20	21	22	23	23	24	25	25
Outras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Dinâmica da Transição Elétrica no Mundo

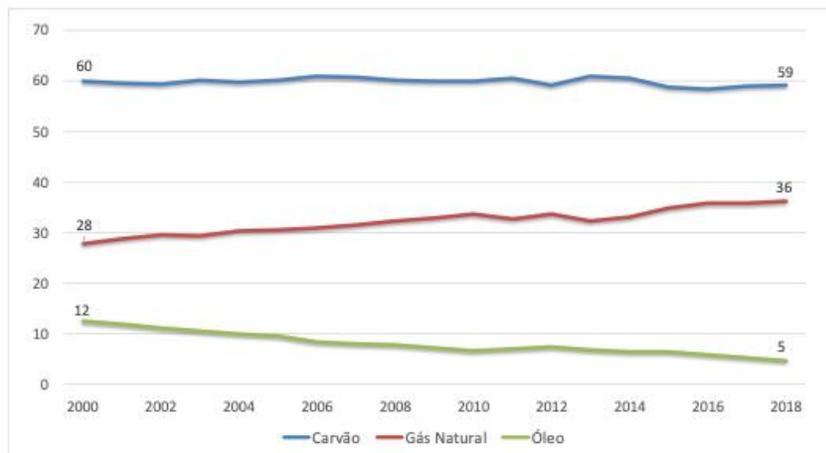
Evolução da geração mundial de energia elétrica por fonte: 2000-2018.

(em %)



Fonte:BP Statistical Review of World Energy (2019).

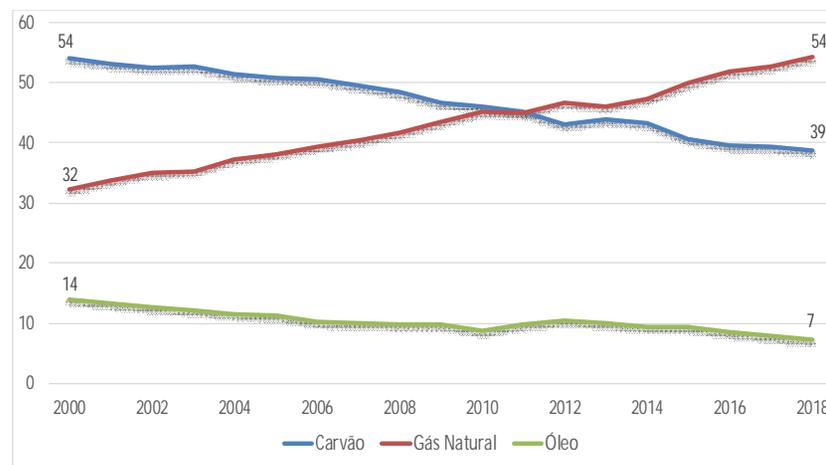
Participação % do Carvão, Gás Natural e Óleo na Geração Térmica Mundial: 2000 a 2018



No agregado MUNDIAL há aumento da geração a partir do gás, mas o nível de participação do carvão continua elevado.

Excluindo Índia e China, há forte tendência de substituição das térmicas a a carvão pelas UTE-g.

Participação % do Carvão, Gás Natural e Óleo na Geração Térmica Mundial excluindo Índia e China: 2000 a 2018



Fonte: BP Statistical Review of World Energy (2019).

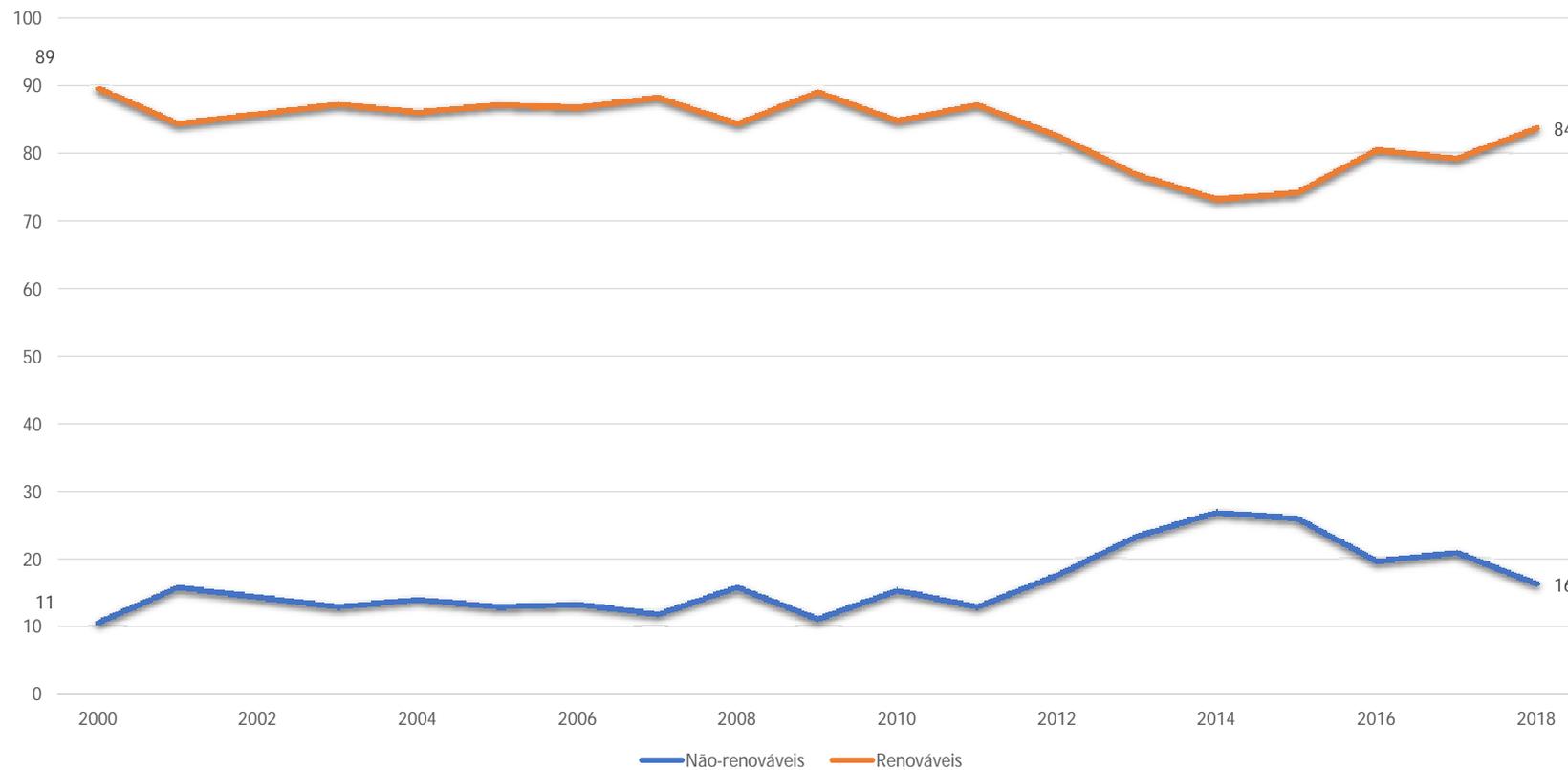
Dinâmica da Transição Elétrica no Brasil: 2000-2018

Geração por Fonte

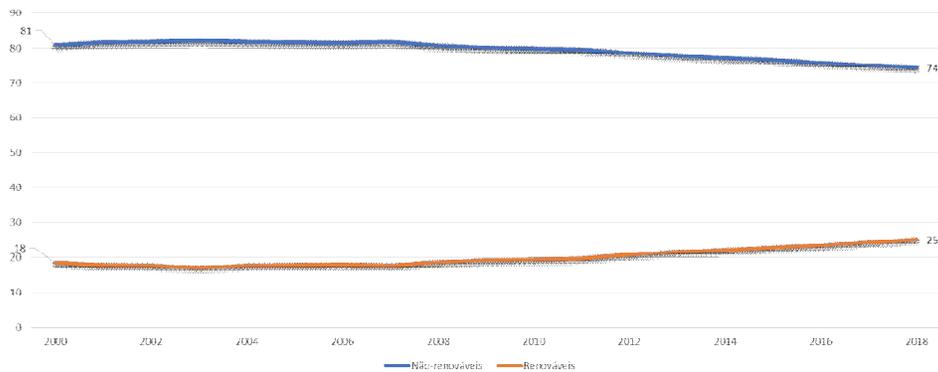
Geração Elétrica (TWh) - BRASIL																			
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Óil	15,2	15,9	13,5	10,8	12,3	11,7	12,4	13,4	17,7	14,7	16,1	14,6	19,3	26,0	34,8	28,9	14,9	15,5	11,5
Gas	4,1	9,9	12,4	13,1	19,3	18,8	18,3	15,5	28,8	13,3	36,5	25,1	46,8	69,0	81,1	79,5	56,5	65,6	46,8
Coal	11,3	11,5	9,5	9,5	10,9	11,5	11,2	11,3	12,2	10,3	11,7	13,2	14,8	22,3	27,3	27,4	26,1	25,8	21,9
Nuclear	6,0	14,3	13,8	13,4	11,6	9,9	13,8	12,3	14,0	13,0	14,5	15,7	16,0	15,4	15,4	14,7	15,9	15,7	15,6
Total não-renováveis	36,7	51,6	49,3	46,8	54,1	51,9	55,6	52,5	72,6	51,3	78,8	68,5	96,8	132,8	158,5	150,6	113,4	122,6	95,9
Hidroelétrica	304,4	267,9	286,1	305,6	320,8	337,5	348,8	374,0	369,6	391,0	403,3	428,3	415,3	391,0	373,4	359,7	380,9	370,9	387,7
Eólica	^	^	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7	1,2	1,2	2,2	2,7	5,1	6,6	12,2	21,6	33,5	42,4	48,5
Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	^	^	^	0,1	0,1	0,8	3,1
Outras renováveis	7,9	9,0	10,2	11,9	12,5	13,6	14,8	18,0	19,5	22,6	31,5	32,2	35,3	40,5	46,4	49,2	51,0	51,3	52,9
Total renováveis	312,3	276,9	296,4	317,6	333,3	351,1	363,8	392,7	390,3	414,9	437,0	463,3	455,7	438,0	432,0	430,7	465,5	465,4	492,2
Outras	^	^	^	-	-	^	-	-	-	-	^	-	^	^	-	-	-	-	-
Total de geração Brasil	348,9	328,5	345,7	364,3	387,5	403,0	419,4	445,1	462,9	466,2	515,8	531,8	552,5	570,8	590,5	581,2	578,9	588,0	588,0
^ Less than 0.05.																			
outras renováveis: +Includes electricity generated from: geothermal, biomass and other sources of renewable energy (not already itemized).																			
outras: Includes pumped hydro, other fossil generation and statistical differences.																			
PARTICIPAÇÃO (%)																			
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Óleo	4	5	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	5	6	5	3	3	2
Gas	1	3	4	4	5	5	4	3	6	3	7	5	8	12	14	14	10	11	8
Carvão	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	4	5	5	5	4	4
Nuclear	2	4	4	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Não-renováveis	11	16	14	13	14	13	13	12	16	11	15	13	18	23	27	26	20	21	16
Hidroelétrica	87	82	83	84	83	84	83	84	80	84	78	81	75	68	63	62	66	63	66
Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	4	6	7	8
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Outras renováveis	2	3	3	3	3	3	4	4	4	5	6	6	6	7	8	8	9	9	9
Renováveis	89	84	86	87	86	87	87	88	84	89	85	87	82	77	73	74	80	79	84
Outras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte:BP Statistical Review of World Energy (2019).

Dinâmica da Transição Elétrica no Brasil

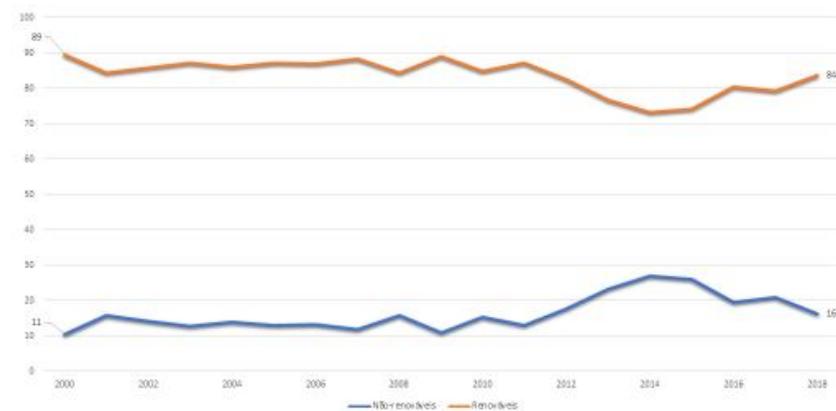


Transição Elétrica Completamente Opostas



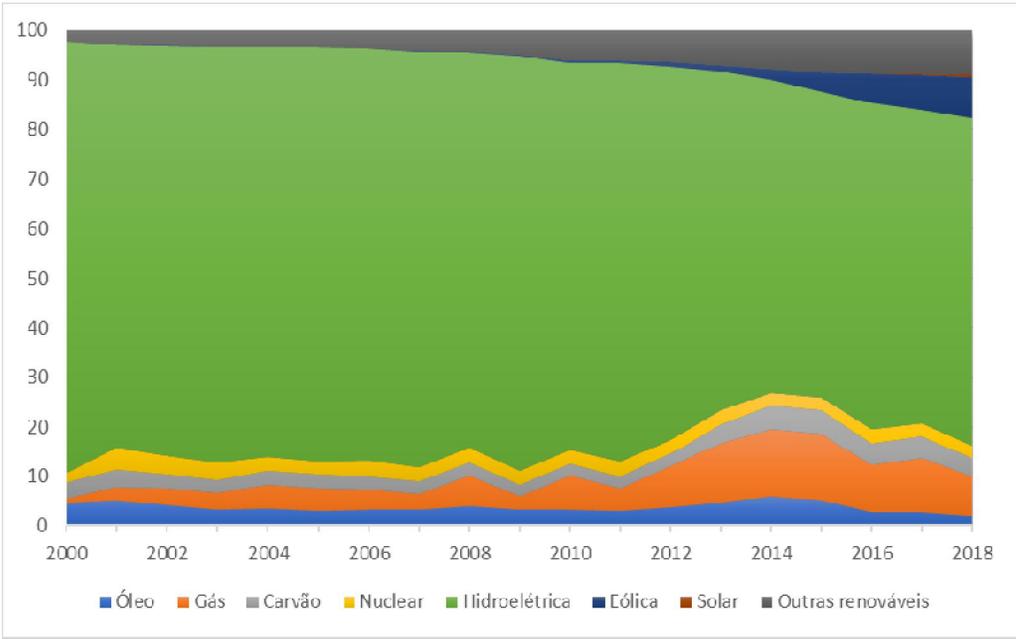
← Dinâmica da Transição Elétrica no Mundo

Dinâmica da Transição Elétrica no Brasil

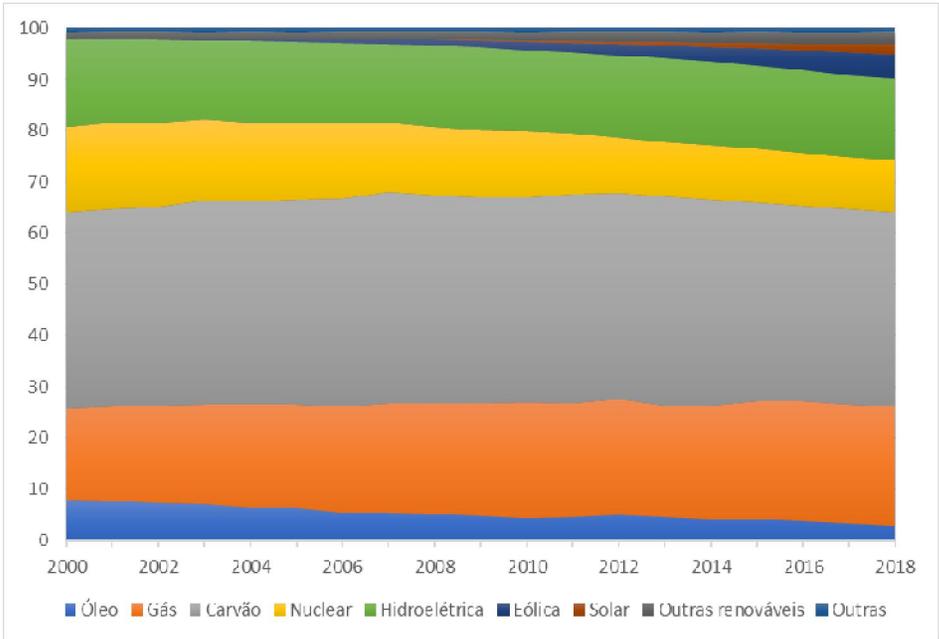


Transição Elétrica Distintas

Brasil



Mundo



Brasil: fim da Hegemonia das UHE

- Legislação ambiental draconiana;
- Restrições legais: áreas de proteção ambiental e indígenas;
- Potencial hídrico concentrado na Região Norte (plana);
- Limitações geográficas e ambientais na construção de UHE com reservatório;
- Alternativa: UHE de fio d'água (sem grandes reservatórios, não há capacidade de regularização da oferta).

Necessidade de geração de UTE

Fontes Renováveis Intermitentes

- Avanço da fonte eólica:
Em 2018 = 12,7 GW
Em 2027 = 26,7 GW.
- Crescimento exponencial da energia solar centralizada
2018 = 1,2 GW
2027 = 8,6 GW.
PDE/ 2029 vai dar números maiores

O Processo de Transição Elétrica no Brasil

Fim da hegemonia das usinas hidrelétricas:

Em 2018 participação das UHE na matriz = 64% da matriz

Em 2027 Projeção da EPE = 54%.

Resultante: redução significativa da capacidade de regularização dos reservatórios

Eólica + Solar (centralizada) aumentam participação na matriz:

Em 2018= 9%

Em 2027 Projeção da EPE = 17%

UTE aumenta participação na matriz:

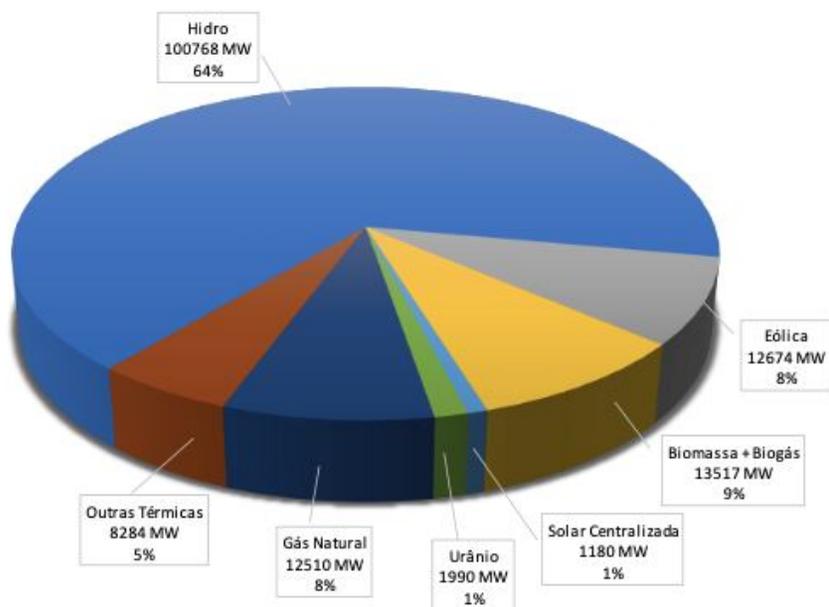
2018 = 8%

2027 Projeção da EPE = 17%

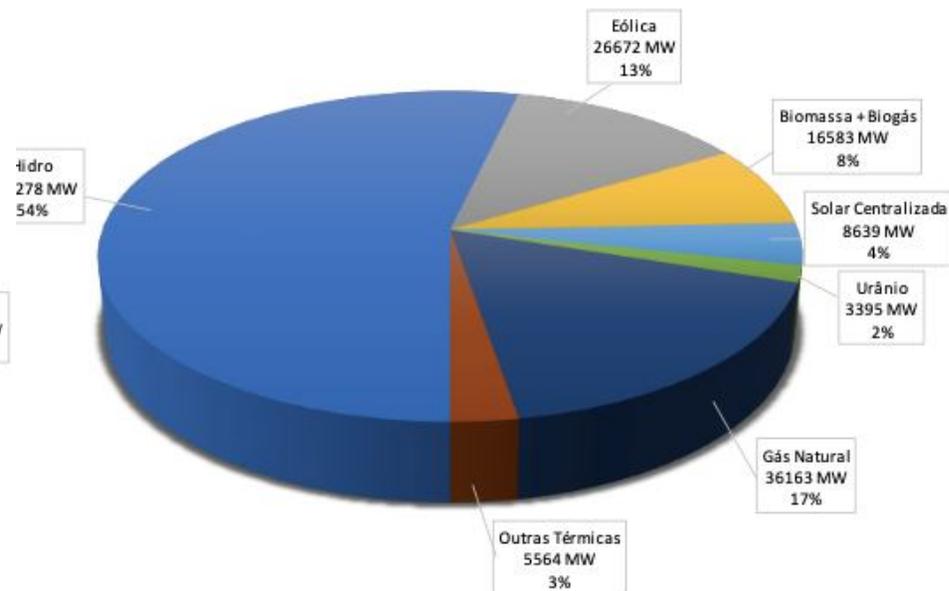


Matriz elétrica do Brasil: 2018 - 2027

2018



2027



Fonte: EPE

Perfil projetado da matriz elétrica brasileira: 2027

- A matriz elétrica brasileira continuará com **alta participação de fontes renováveis (78%)**. Mas com aumento das UTE.
- Processo de Transição Energética no Brasil tem dois drivers, diferentes do resto do mundo:
 - i. UHE perdem participação a favor das fontes eólica e solar; e
 - ii. UTEs a gás consolidam posição de hegemonia como fonte segura e firme de despacho.

Geração de UTE-g na Base

- O PDE 2027 considera o Pré-Sal como determinante do **aumento na oferta de gás natural** de 65 milhões de m³/dia para 111 milhões de m³/dia em 2027.
- Estimativas mais recentes da EPE consideram mais **30 milhões de m³/dia** com novas **rotas de escoamento** de gás do Pré-Sal (informação que deve constar no PDE 2029).
- Gás do Pré-Sal (e de campos *on shore*) é mais compatível com **geração de base** do que geração na ponta.

Política Energética tende a direcionar o gás do Pré-Sal para geração na base. Há apoio do Ministério da Economia para esta iniciativa condizente com a reforma no mercado de gás.

Geração de UTE-g na Base

- A EPE indica preço de viabilidade entre **R\$ 140 a 160/MWh** equivalente a **US\$ 3 e 4 MM/BTU**.
- Gás até **US\$ 5 MM/BTU** ainda viável (considerando **inflexibilidade de 50%**). Preço maior que US\$ 5 MM/BTU inviabiliza a opção para geração de base.

A redução do preço do gás é prioridade do Ministério da Economia (“Choque de energia”). Vai criar competitividade ao mercado de gás e favorecer a indústria nacional notadamente eletro intensiva.

Geração de UTE-g na Base

- As UTE-g gerando na base deslocam parte da geração das UHE. Preservação dos níveis dos reservatórios para atendimento de ponta.
- O aumento da energia armazenada nas UHE permitirá operação do SIN de forma mais flexível com **modulação da geração** garantindo **equilíbrio dinâmico entre oferta e demanda**.

É considerada pela área técnica da EPE e do MME como opção mais eficiente e econômica.

Posição Estratégica das UTE-g

O PDE-2027 apresenta alternativas para o atendimento à ponta:

- i. Usinas térmicas a gás natural;
- ii. Usinas hídricas reversíveis;
- iii. Repotenciação de usinas existentes;
- iv. Medidas pelo lado da demanda; e
- v. Armazenamento.

**Estas alternativas não têm
marco regulatório
consolidado e/ou de
viabilidade econômica**

Fatores favoráveis às UTE-g

- i. “Despachabilidade”;
- ii. Confiabilidade do suprimento de energia;
- iii. Níveis de emissão menores.

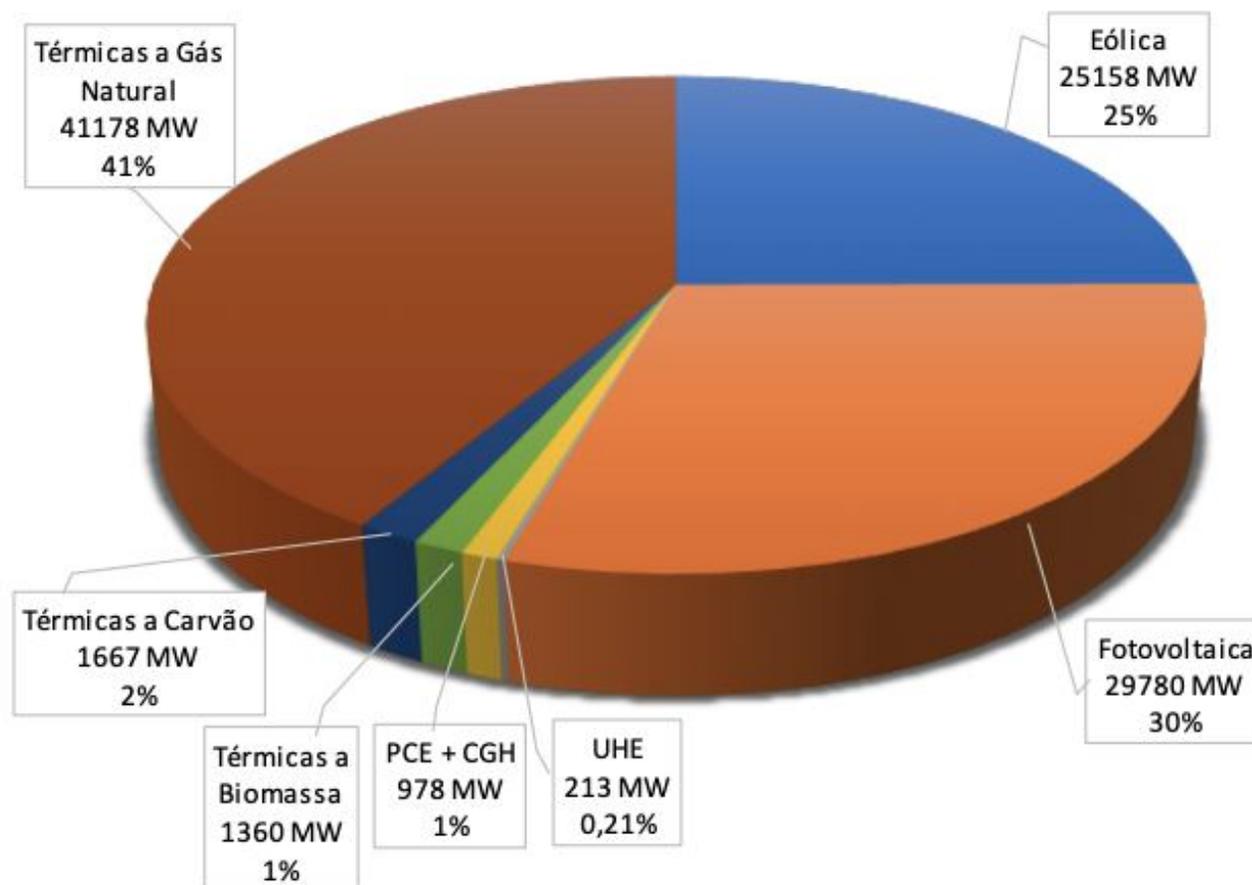
**As UTE-g são a opção
mais eficiente do
ponto de vista:
econômico, energético
e ambiental**

CO2 emitido por *British thermal units (Btu)* de energia para vários combustíveis (em *pounds*)

Coal (anthracite)	228.6
Coal (bituminous)	205.7
Coal (lignite)	215.4
Coal (subbituminous)	214.3
Diesel fuel and heating oil	161.3
Gasoline (without ethanol)	157.2
Propane	139.0
Natural gas	117.0

Fonte: U.S. Energy Information Administration (EIA)

Cadastro de Projetos no Leilão A-6 2019



Estes dados refletem as expectativas dos agentes com relação às mudanças do novo mercado de gás e o novo papel das UTE-g na matriz elétrica.

Conclusões

A Política Energética, responsável, pelo processo de Transição Elétrica:

É de cunho e base nacional: EU, China e Índia, USA;

É pragmática e se impõe na estratégia da composição da Matriz Elétrica

Recebe insumos do Planejamento Energético (EPE);

Interage, dinamicamente, com:

- i. Inovações Tecnológicas (Programa de P&D da Aneel)
- ii. Marco Regulatório; e
- iii. Novos negócios e desenhos de mercado

Obrigado pela atenção



Grupo de Pesquisa do Setor Elétrico

<http://www.gesel.ie.ufrj.br/>
nivalde@ufrj.br