



Matriz elétrica brasileira e fontes de geração

Fernando Umbria

LPS Consultoria Energética

Agenda

- Características gerais e conceitos importantes
- Aspectos legais e regulatórios
- Os geradores e o mercado de energia elétrica

Geração

Aspectos gerais



- Segmento de maior necessidade de investimentos – define modelo setorial
- Demanda em crescimento contínuo
- Concorrência na atividade de geração para empreendimentos novos
- Risco ambiental elevado
- Projetos termelétricos muito dependentes dos critérios das licitações
- Concessões vencidas transformadas em energia velha (cotas alocadas somente ao ACR) - Regulação da atividade de geração
- Licitações de concessões vencidas com bonificação pela outorga (R\$ 17 bilhões) – tarifa média das cotas deve dobrar
- Risco associado ao longo prazo da contratação

Empreendimentos em operação (31/12/2015)

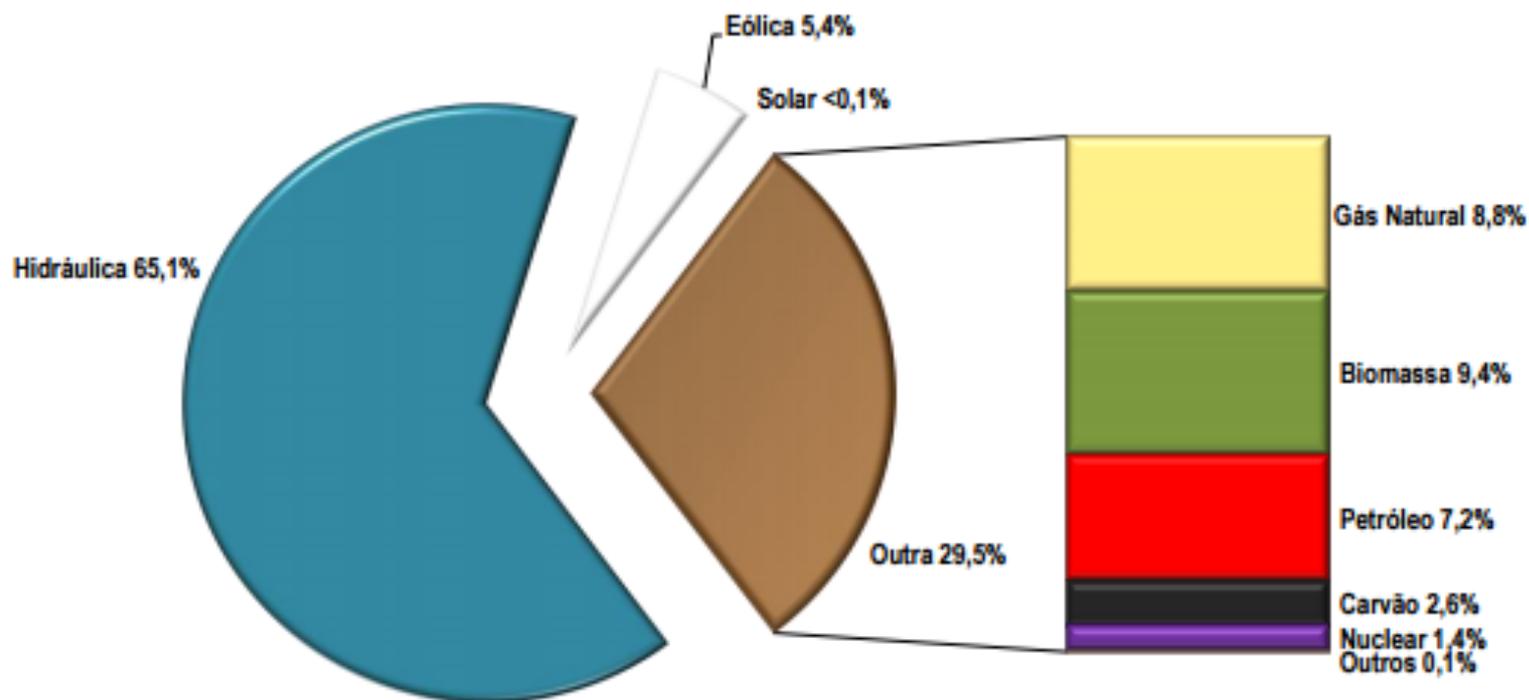
Tipo	Nº de usinas	Potência inst. (MW)	%	Potência média (MW)
Usina Hidrelétrica – UHE	198	86.366	61,3	536
Pequena Central Hidrelétrica – PCH	479	4.886	3,5	10
Central Geradora Hidrelétrica – CGH	542	398	0,3	0,7
Total hidrelétricas	1.219	91.650	65,1	75
Gás	146	12.428	8,8	85
Biomassa	519	13.257	9,4	26
Petróleo	2.178	10.114	7,2	5
Carvão Mineral	22	3.612	2,6	164
Outros	31	153	0,1	5
Total termelétricas	2.896	39.564	28,1	14
Usina Termonuclear – UTN	2	1.990	1,4	995
Usina Eólica – EOL	316	7.633	5,4	24
Usina Fotovoltaica – UFV	34	21	0,01	0,6
TOTAL	4.467	140.858	100	32

Como oferta de energia elétrica, há, ainda, as importações que totalizam 8.170 MW:

Paraguai (5.650 MW), Argentina (2.250 MW), **Venezuela (200 MW)** e Uruguai (70 MW)

Fonte: ANEEL/MME

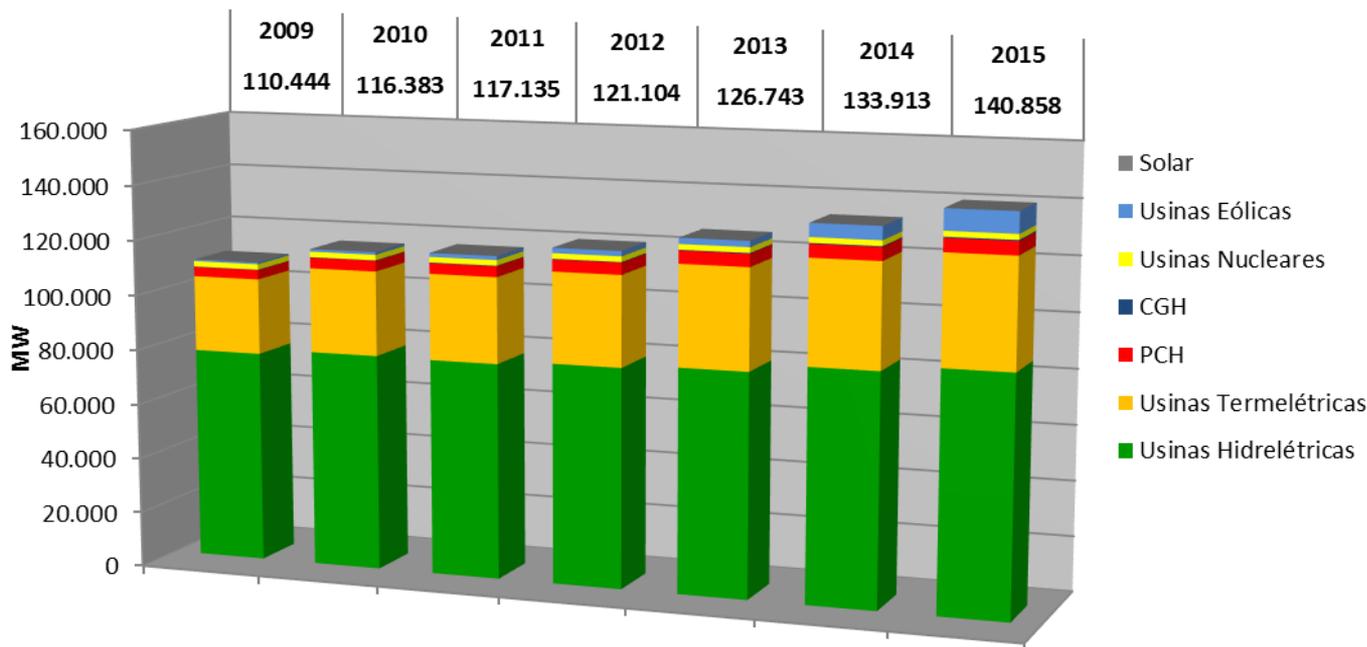
Empreendimentos em operação (31/12/2015)



Fonte: ANEEL/MME

Evolução da capacidade instalada no Brasil

Capacidade Instalada da Geração - Brasil

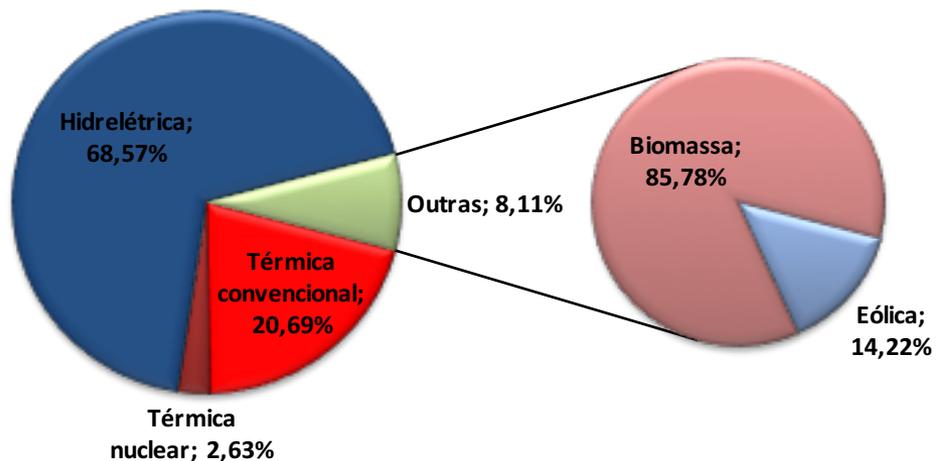


	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	110.444	116.383	117.135	121.104	126.743	133.913	140.858
Usinas Hidrelétricas	76.781	78.610	78.371	79.753	81.092	84.095	86.367
Usinas Termelétricas	27.481	30.784	31.244	32.908	36.528	37.827	39.563
PCH	3.400	3.868	3.870	4.302	4.656	4.790	4.886
CGH	173	185	216	240	270	308	398
Usinas Nucleares	2.007	2.007	2.007	2.007	1.990	1.990	1.990
Usinas Eólicas	602	928	1.426	1.893	2.202	4.888	7.633
Solar	0	1	1	2	5	15	21

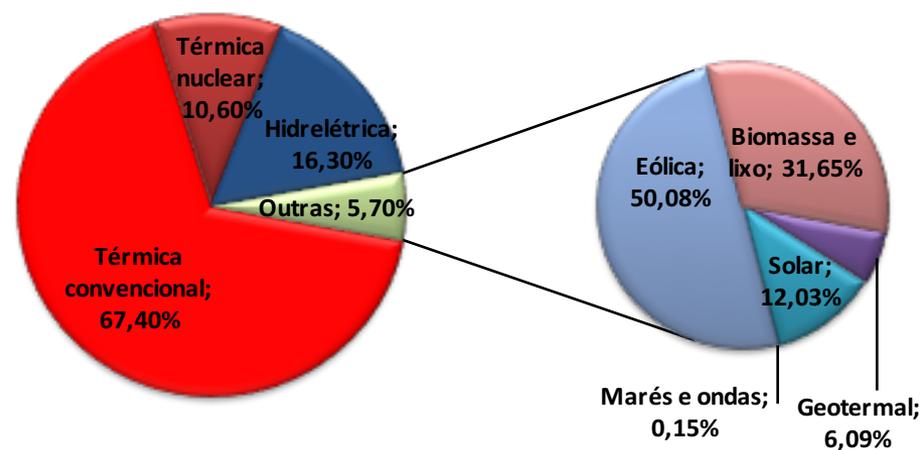
Fonte: EPE, Aneel
*dados preliminares

Matriz Brasileira x Matriz Mundo

Geração por fonte - Brasil 2013

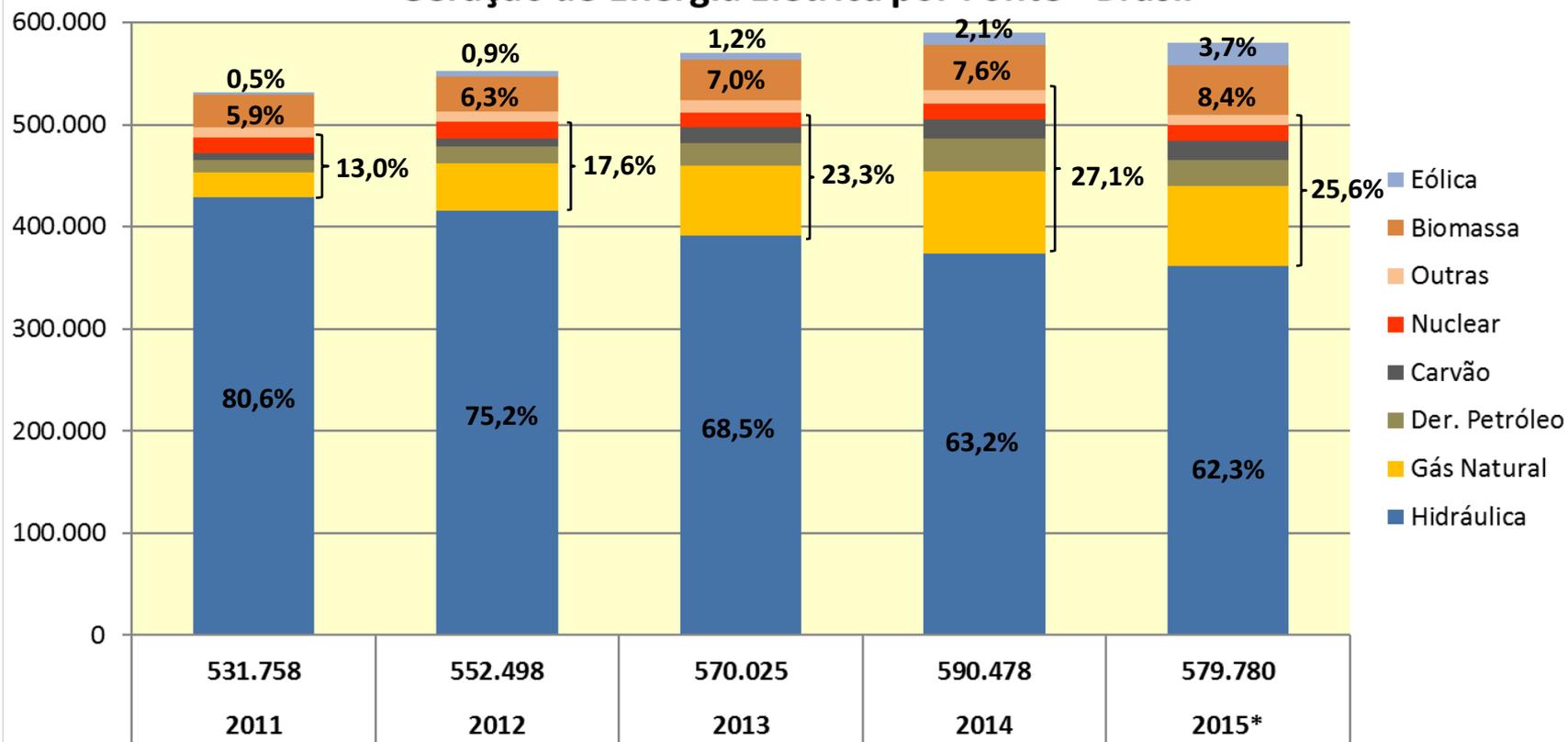


Geração por fonte - Mundo 2013



Produção de energia elétrica no Brasil

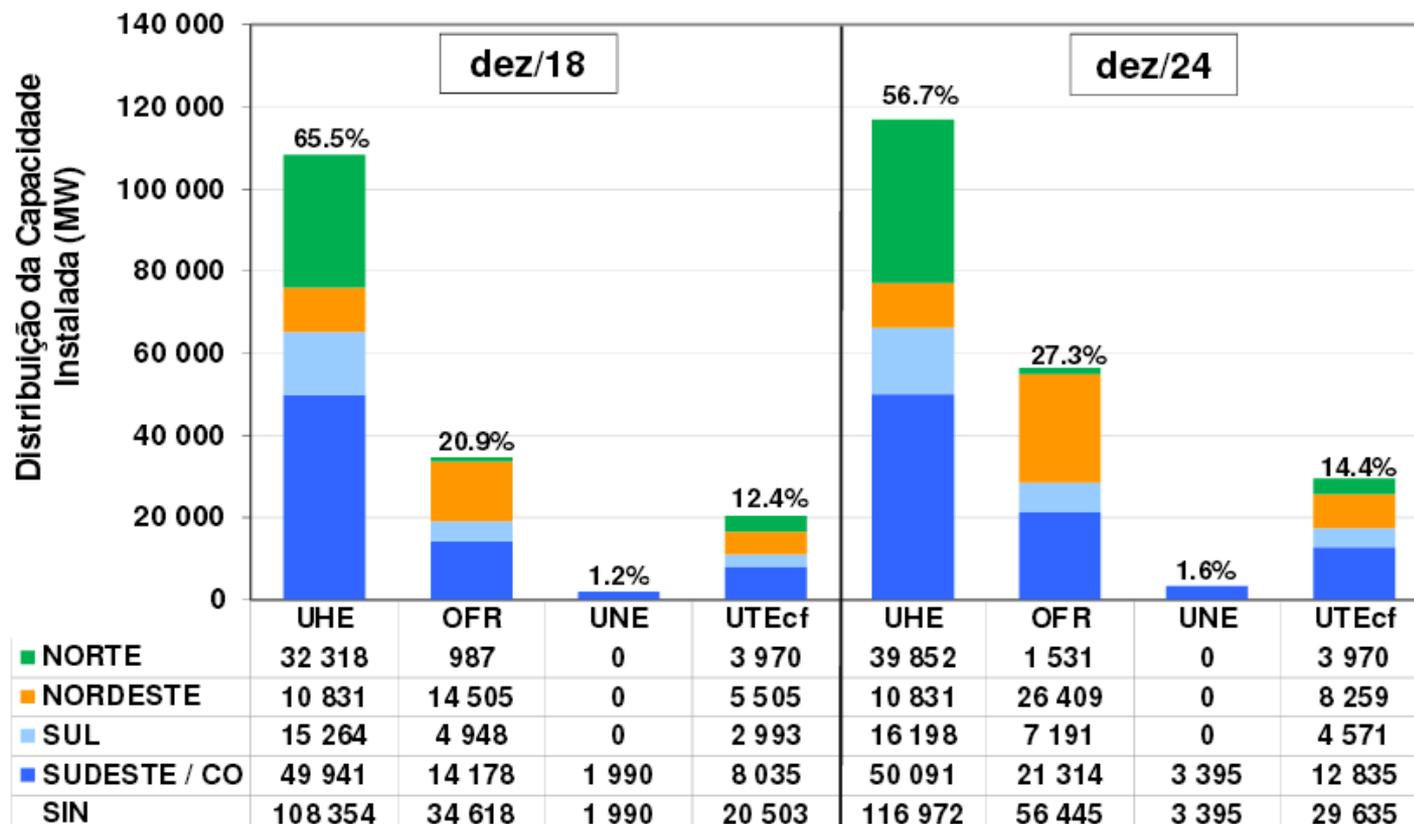
Geração de Energia Elétrica por Fonte - Brasil



Fonte: EPE
* Preliminar

Evolução da matriz (PDE 2024)

Gráfico 26 – Participação das fontes de produção ao final de 2018 e de 2024



2015
UHE: 70,1%
OFR: 8,2%
UNE: 2,5%
UTE: 19,1%

Legenda: UHE-usinas hidrelétricas; OFR-outras fontes renováveis; UNE-usinas nucleares; UTEcf -usinas termelétricas

Fonte: EPE

Setor elétrico - investimentos

Cenário de crescimento do PIB ao longo da próxima década:

- 5 primeiros anos: 1,8%
- 5 últimos anos: 4,5%

Fonte: PDE 2024

Média de
R\$ 49 Bi de
Investimentos
Anuais

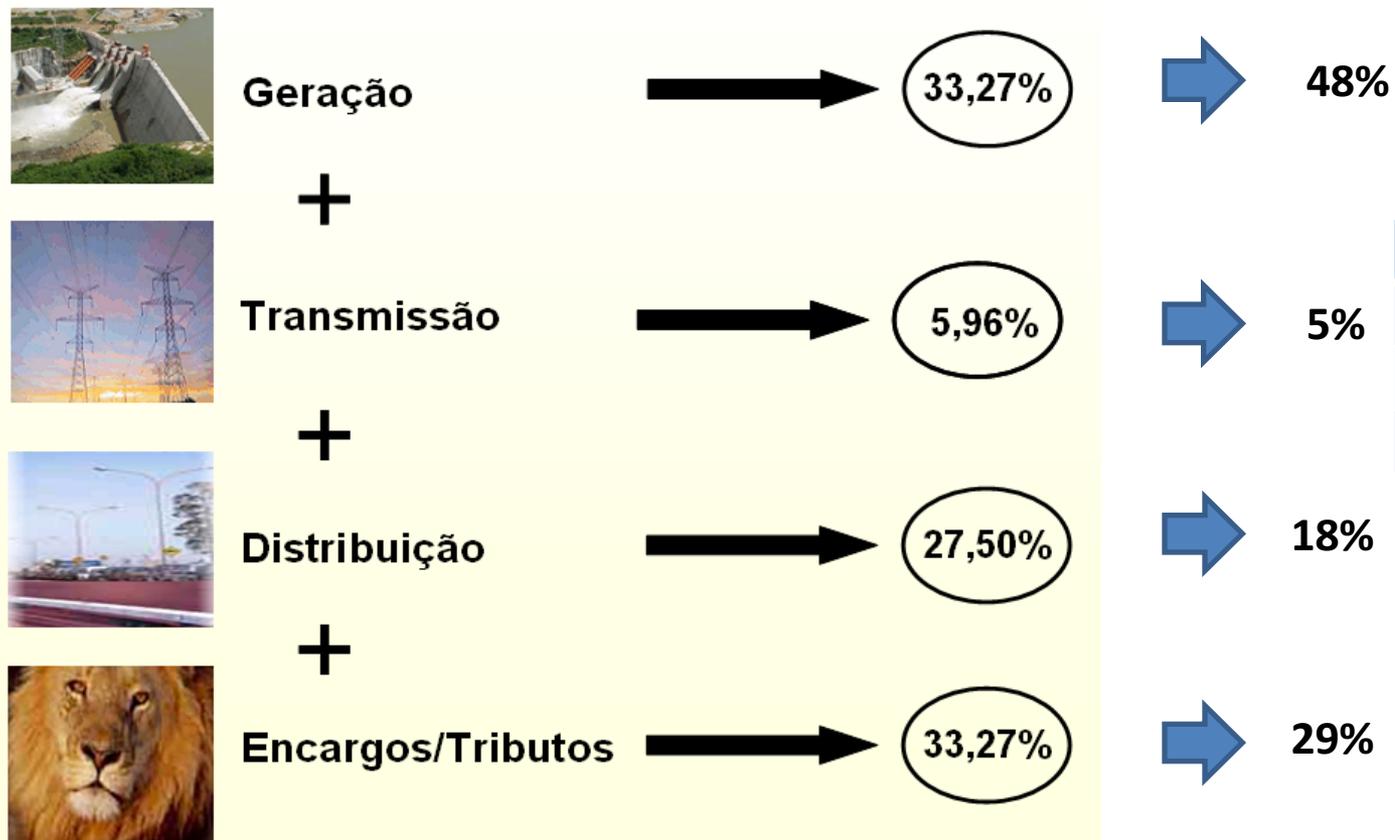
Distribuição
R\$ 11 Bi

Transmissão
R\$ 11 Bi

Geração
R\$ 27 Bi

66% ou mais dos investimentos
deverão ser de origem privada

Alocação de recursos setoriais 2008 e 2015 (estimativa)



Ano	TE média	Δ
2013	140	
2014	182	30%
2015	246+45	76%+32%

Custo de geração

Custo de Geração 2009-2010

Fator	Unidade	Hídrica	Biomassa	Carvão Nacional	Nuclear	Carvão Importado	Gás Natural	Eólica	Óleo Combustível	Diesel
Disponibilidade	MW	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
FC máximo	%	58%	58%	92%	90%	92%	94%	30%	97%	97%
TEIF	%	12,0%	12,0%	4,5%	3,0%	4,5%	4,0%	0,0%	3,0%	3,0%
IP	%	3,0%	5,0%	9,5%	3,0%	9,5%	2,0%	0,0%	2,0%	2,0%
Potência Bruta	MW	1.912,7	2.050,6	1.257,7	1.180,9	1.257,7	1.130,8	3.333,3	1.084,5	1.084,5
Fator Geral	%	52%	49%	80%	85%	80%	88%	30%	92%	92%
Custo Variável Unitário	R\$/MWh	1,5	14,7	37,5	25,2	54,3	108,6	4,5	300,0	500,0
O&M Fixo	R\$/kW.ano	11,3	46,0	57,8	138,0	57,8	57,5	46,0	28,0	25,0
Custo de Investimento	US\$/kW	1.250,0	1.100,0	1.500,0	2.000,0	1.500,0	900,0	2.000,0	800,0	600,0
Tarifa de Equilíbrio	R\$/MWh	116,4	121,1	133,3	151,6	152,4	175,0	297,0	382,9	602,2

FC: Fator de capacidade

TEIF: Taxa equivalente de indisponibilidade de força

IP: Indisponibilidade Programada

O&M: Operação e Manutenção

Fonte: MME - Ministério de Minas e Energia

Custo de geração

Custo Unitário de Investimento em Diferentes Usinas

Usina	R\$/kW
Hidroelétrica	2.805
Térmicas Nucleares	6.400
Térmicas Gás Natural	1.275
Térmicas Carvão	2.720
Térmicas Óleo Combustível	510
PCH	3.400
Térmicas Biomassa	1.530
Eólica	2.040

Nota: Preços sem tributos e encargos.

Fonte: EPE (2011) e CBIE (2011)

Conceitos importantes para o segmento G



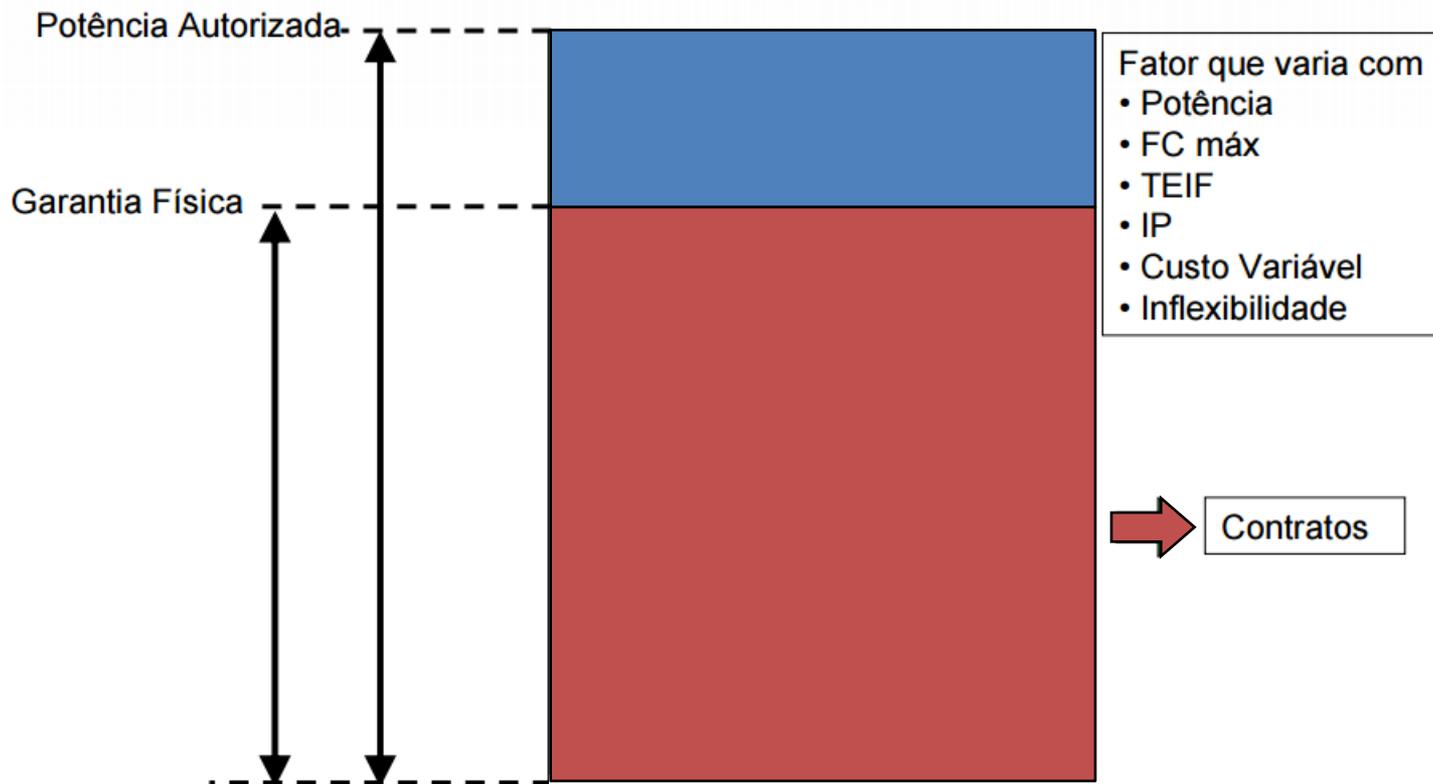
- No Brasil, a comercialização de energia nova é feita através de certificados que representam uma garantia de abastecimento.
- Consumidores precisam comprovar que contrataram “garantia física” suficiente para atender suas cargas.
- Geradores precisam de um montante de “garantia física” que possa ser vendido para lastrear o consumo.
- Portanto, o lastro caracterizado pela garantia física constitui a base para a contratação de longo prazo.

Conceitos importantes para o segmento G



- Garantia física
- Energia assegurada
- Energia secundária
- Energia firme
- Mecanismo de realocação de energia (MRE)
- Disponibilidade

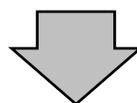
Conceitos importantes para o segmento G



A Garantia Física é a máxima energia que pode ser suprida a um dado critério de segurança.

Garantia física

A Lei nº 10.848/04, regulamentada pelo art. 2º do Decreto nº 5.163/04, estabelece que “garantia física” é a quantidade máxima de energia elétrica associada ao empreendimento, incluindo importação, que poderá ser utilizada para comprovação de atendimento de carga ou comercialização por meio de contratos.



A garantia física de um empreendimento de geração é uma parcela alocada da garantia física do SIN, definida como aquela correspondente à máxima quantidade de energia que este sistema pode suprir a um dado critério de garantia de suprimento.

Garantia física do SIN (despacho centralizado)

Corresponde à máxima carga que pode ser suprida com uma confiabilidade de 95% (risco pré-fixado de 5% de ocorrência de déficit), obtida a partir de simulações de operação do SIN com a utilização de séries sintéticas de energia afluente.

Esta energia é rateada entre todos os empreendimentos de geração que constituem o sistema, a fim de se obter a garantia física dos empreendimentos com vistas à comercialização de energia via contratos.

UHE: o rateio é feito na proporção da energia firme mais BI (para UHE com reservatório).

Energia firme: máxima geração de uma UHE no período crítico do sistema (1948-1956)

UTE: a oferta de geração térmica é definida por UTE na simulação.

Garantia física de outras fontes



PCH: média de geração sobre o período de medições disponível

Geração média = produção de energia da usina a partir de vazões esperadas, cuja estimativa é baseada no passado

EOL: $P90_{ac}/8760$

$P90_{ac}$ = produção anual de energia certificada, referente ao valor de energia anual que é excedido com uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a 90% para um período de variabilidade futura de 20 anos, que deve constar do documento de Certificação de Medições Anemométricas e de Produção Anual de Energia, expresso em MWh/ano

UTE não despachada: geração média limitada à disponibilidade máxima

$D_{max} = Pot \times Fc_{max}$, onde Fc_{max} é o percentual da potência nominal que a usina consegue gerar continuamente → disponibilidade do recurso energético primário

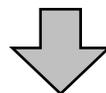
Solar: $P50_{ac}/8760$

$P50_{ac}$ = produção anual de energia certificada, em MWh, referente ao valor de energia anual com uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a cinquenta por cento, constante da Certificação de Dados Solarimétricos e de Produção Anual de Energia

*Em todos os casos deve-se considerar o rendimento e o fator de disponibilidade das usinas

Energia assegurada

Energia Assegurada = Energia que o Sistema (parque gerador) é capaz de suprir com 95% de confiabilidade, ou seja, com no máximo 5% de chance de ocorrer déficit (termo definido inicialmente no Decreto nº 2.655, de 1998)



No cálculo da EA são realizadas simulações com 2000 cenários de chuvas para considerar situações adversas na capacidade de produção das usinas hidrelétricas.

Energia secundária

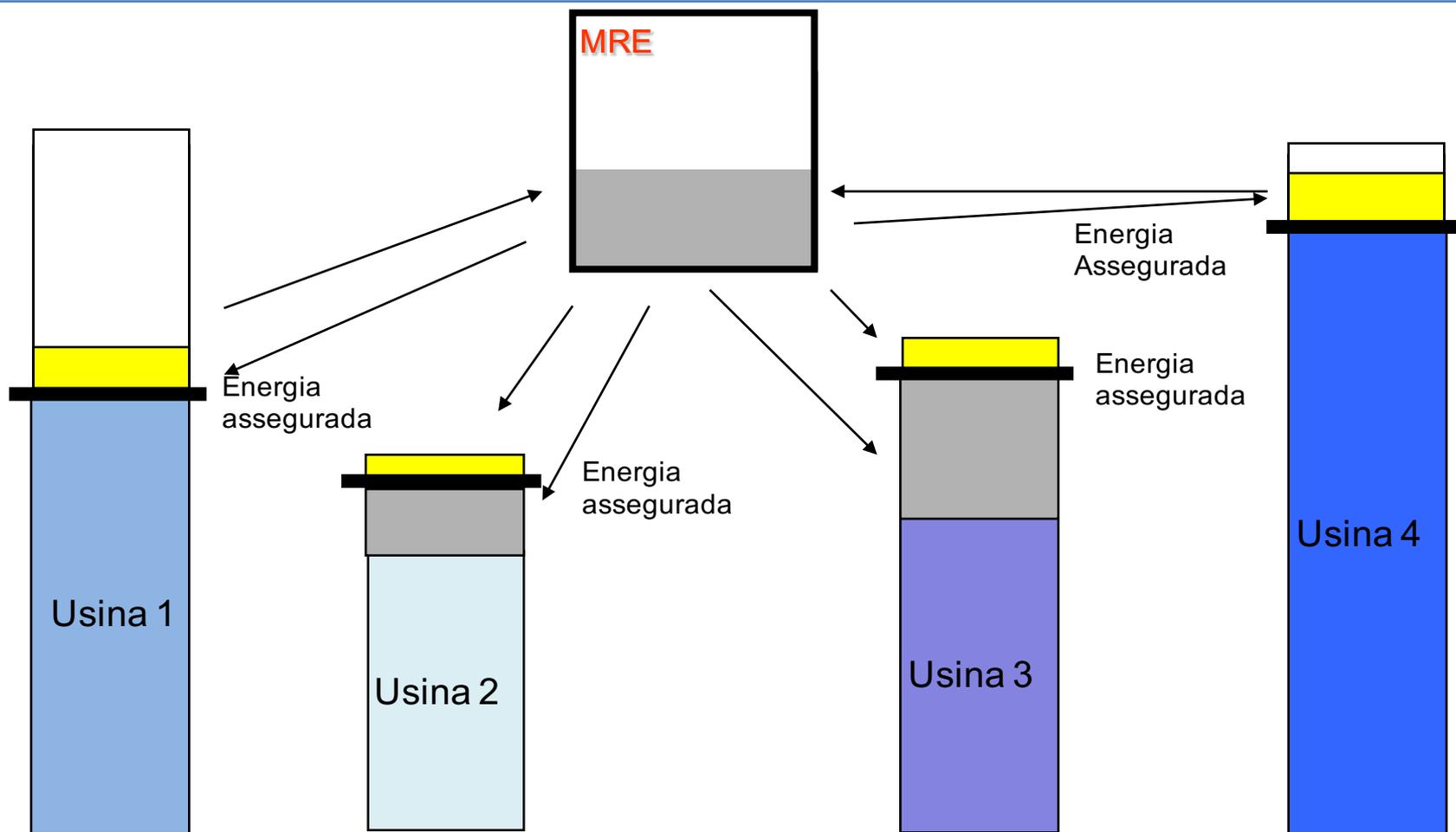
Energia Secundária = Diferença positiva entre a soma de toda a geração produzida pelos geradores do MRE e a soma das suas energias asseguradas (excedente de energia produzido)

Disponibilidade

Disponibilidade = Representa a potência média que uma usina é capaz de fornecer ao sistema, descontadas as indisponibilidades forçadas (falhas) e programadas (manutenções)

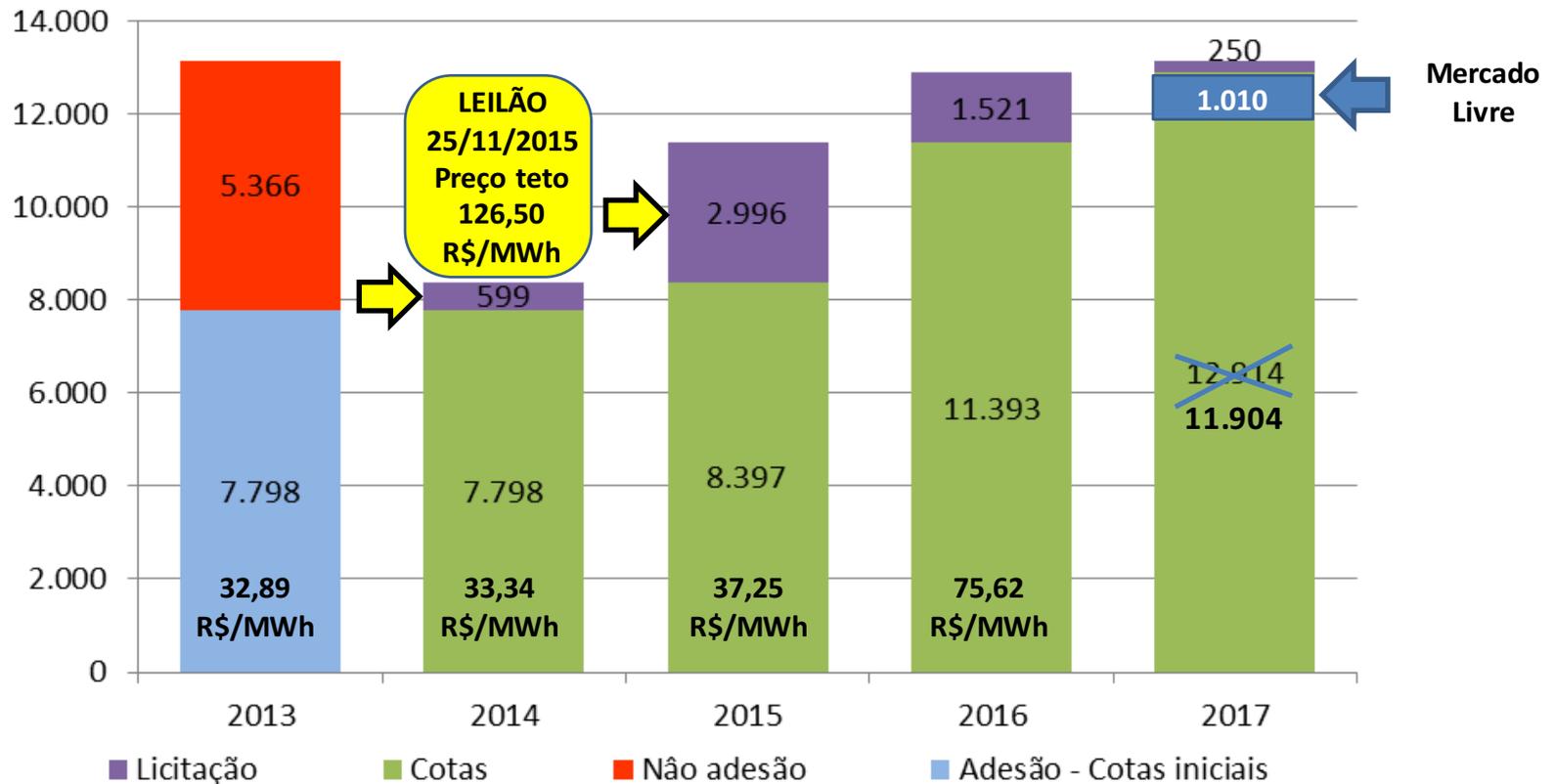
$$\textit{Disponibilidade} = \textit{Pot. FCmax.} \cdot (1 - \textit{TEIF}) \cdot (1 - \textit{IP})$$

Mecanismo de realocação de energia



Geradores de cotas

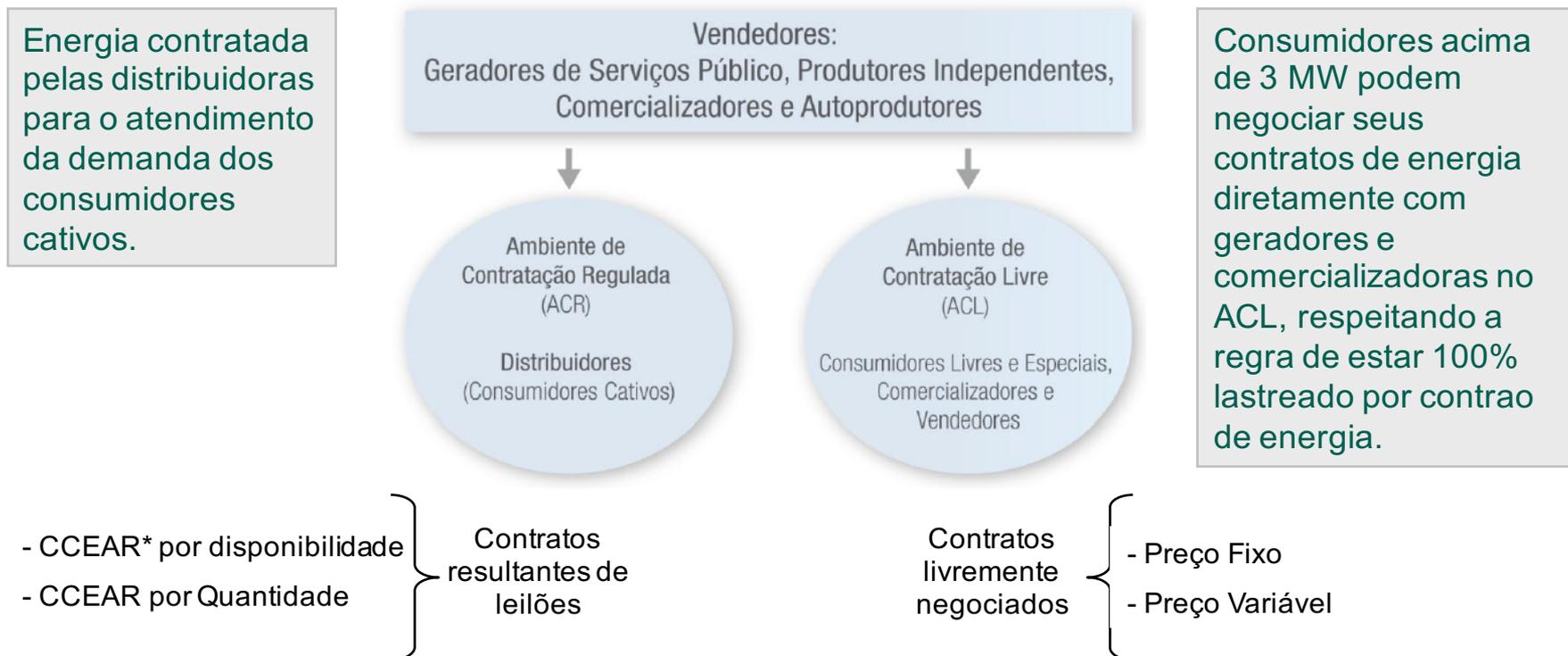
Evolução das cotas até 2017 - MW médio



Bonificação pela outorga: R\$ 17 bilhões (60-65 R\$/MWh)

Modalidades de mercado

Mercado Regulado – ACR e Mercado Livre – ACL

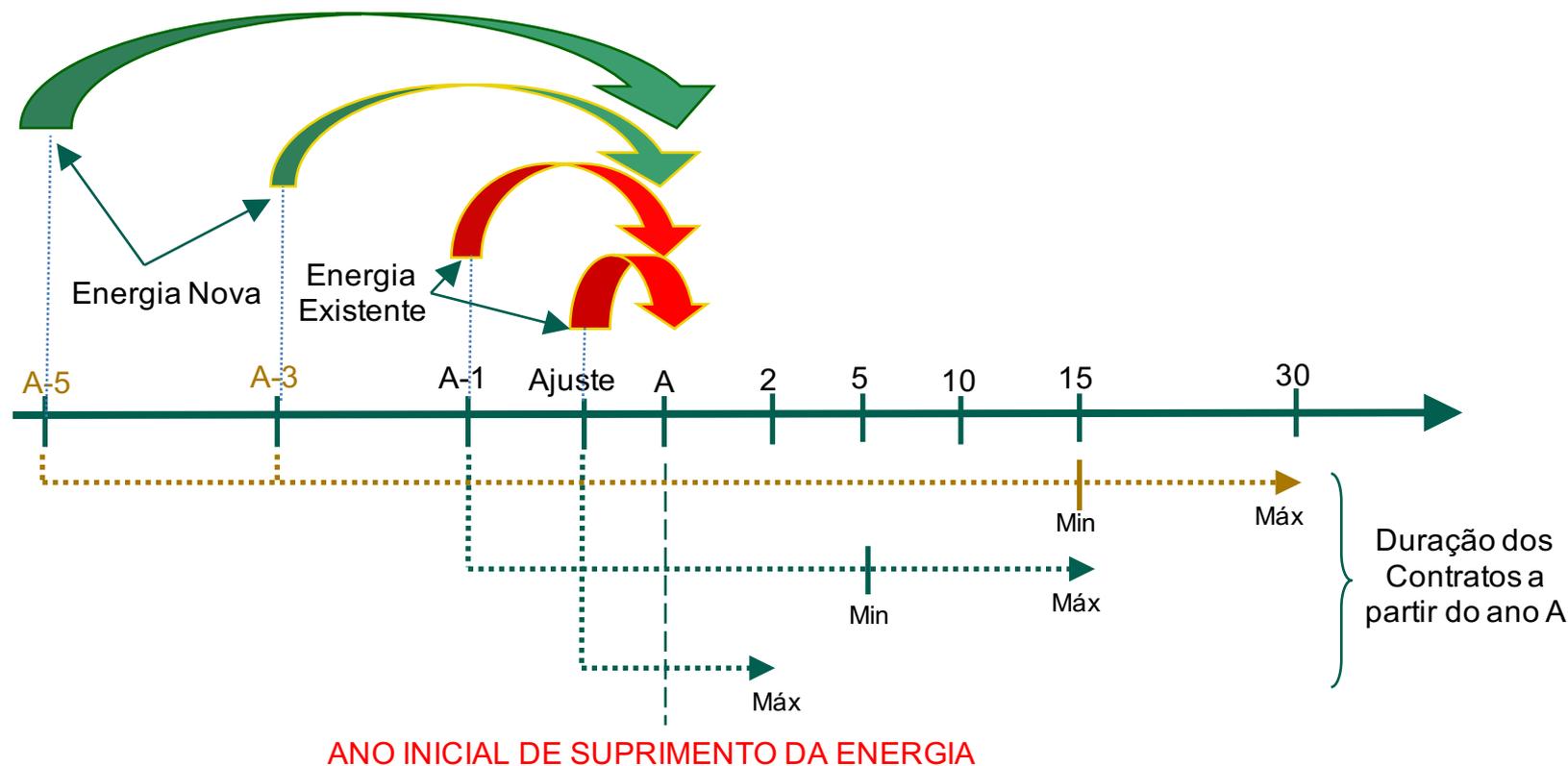


•CCEAR = Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado

•Fonte: CCEE

Mercado regulado (ACR)

Leilões de energia



Mercado regulado (ACR)

Outras contratações



- PROINFA: instituído para aumentar a participação da geração de energia elétrica provenientes de PCHs, eólicas e térmicas a biomassa. Não há contratos de fornecimento, pois o custo desta energia (bem como o lastro – na forma de quota) é alocado na proporção da carga de cada agente de consumo no SIN (inclusive CLs)
- Itaipu: sua energia é alocada compulsoriamente a todas as distribuidoras do S e SE/CO na forma de quotas de potência na proporção do mercado faturado das empresas
- Leilão de energia de reserva: contratação das fontes biomassa, eólica e PCH, com montantes definidos pelo MME. Não há contratos de fornecimento, uma vez que essa energia é alocada ao MCP (não gera lastro) e seu custo é rateado como encargo na proporção da carga de cada agente de consumo no SIN (inclusive CLs)

Mercado regulado (ACR)

Outras contratações



- Geração distribuída: distribuidoras têm a prerrogativa de adquirir contratos de energia provenientes de empreendimentos conectados diretamente às suas redes por meio de chamada pública. O limite para este tipo de contratação é de 10% do mercado da distribuidora.
- Contratos anteriores à Lei 10.848: contratos bilaterais formalizados em data anterior à promulgação da Lei 10.848 e aprovados pela Aneel até 16/03/2004 permanecem válidos até o término do período de suprimento.
- MCSD – Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficits: cessão de energia de CCEARs por quantidade entre distribuidoras antes da devolução de montantes contratados aos vendedores.
- Eventuais diferenças remanescentes entre carga e o montante contratado são liquidadas no MCP pela CCEE ao PLD.

Mercado regulado (ACR)

Contrato por quantidade



- Contratos em que o vendedor se compromete a entregar uma determinada quantidade de energia durante um determinado período a um preço pré-especificado
- Qualquer desvio deve ser compensado pelo vendedor no MCP
- Risco hidrológico é assumido pelo gerador, assim como qualquer variação no custo variável de geração da usina
- Modalidade de contratação adequada para empreendimentos de geração que apresentam custo variável nulo ou próximo de zero, pois esses empreendimentos podem computar o seu custo unitário sob a premissa que toda a sua energia será aproveitada (comercializada)

Mercado regulado (ACR)

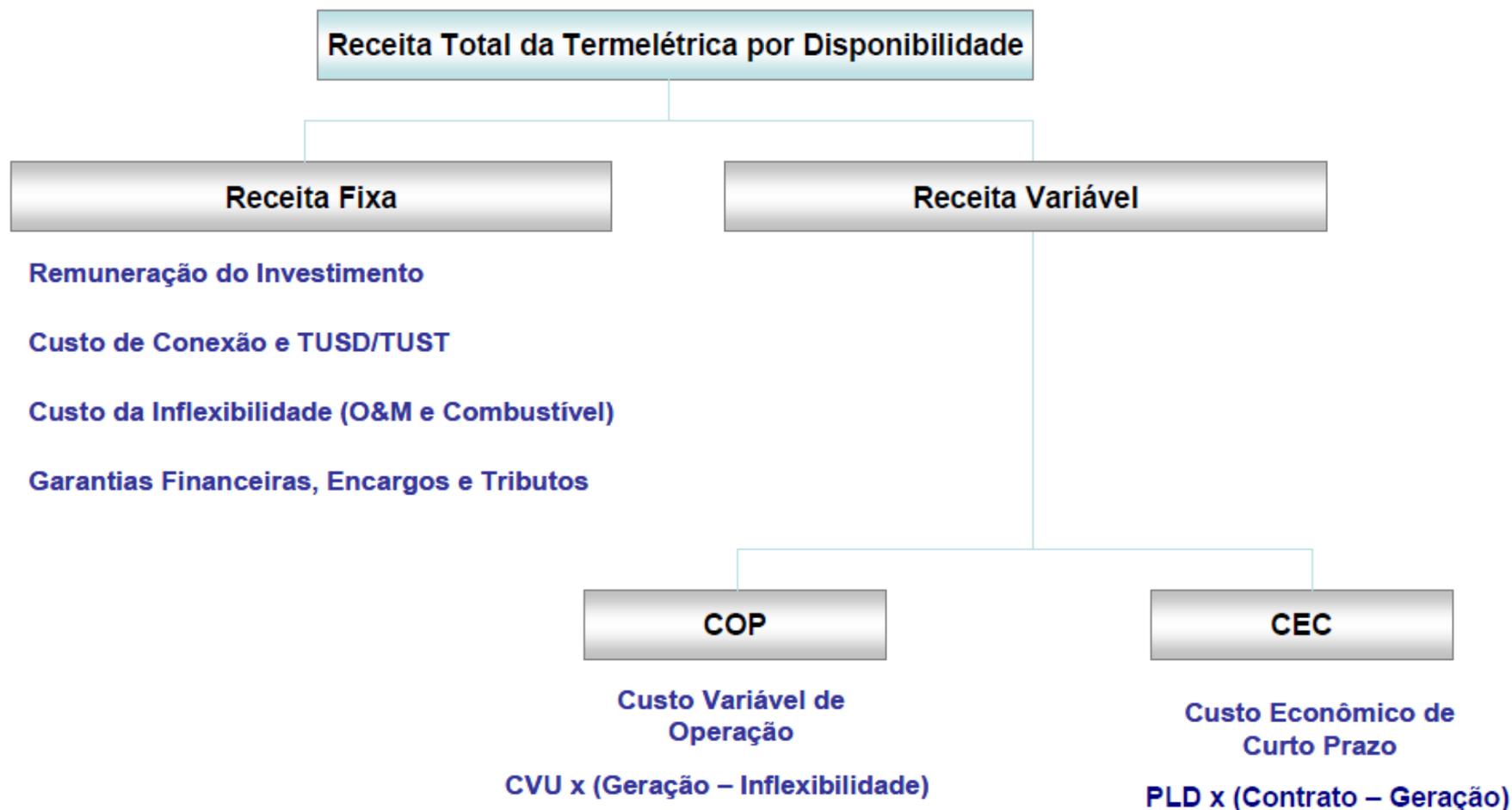
Contrato por disponibilidade



- Contrato em que o gerador recebe um valor fixo para disponibilizar uma determinada capacidade de geração de sua usina e um valor adicional para cada megawatt efetivamente gerado
- Assim, os CCEARs por disponibilidade são compostos de dois componentes de remuneração:
 - a Receita Fixa pela disponibilização de uma determinada capacidade de geração, não superior a Garantia Física atribuída a usina; e
 - um pagamento variável, equivalente ao Custo Variável Unitário da usina, por cada megawatt-hora gerado
- Essa modalidade é mais apropriada para usinas que apresentam custos variáveis significativos, como as termelétricas. Isto porque a definição de seu custo unitário depende de uma taxa de utilização (fator de carga) que, por sua vez, depende de como o sistema é operado (função do custo de combustível)

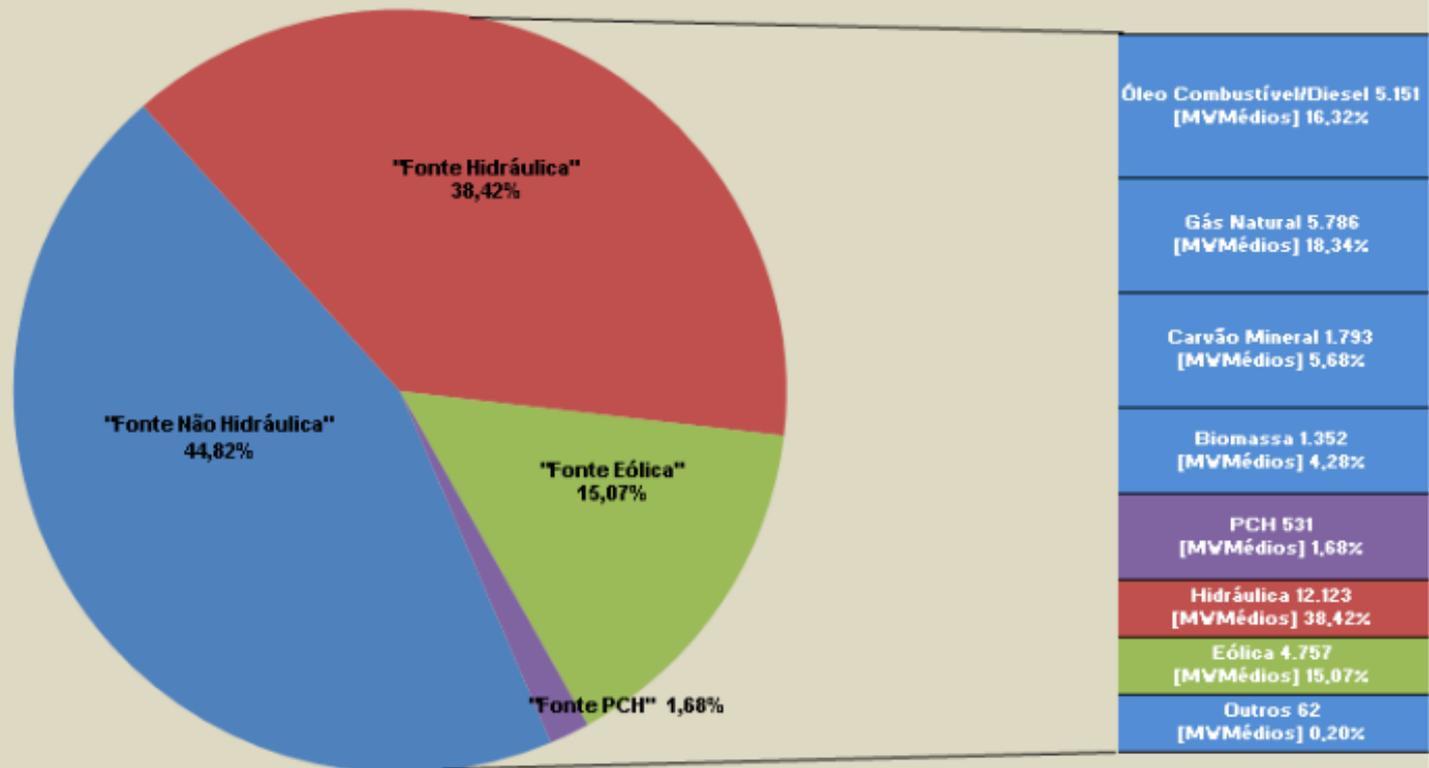
Mercado regulado (ACR)

Modalidades de contrato



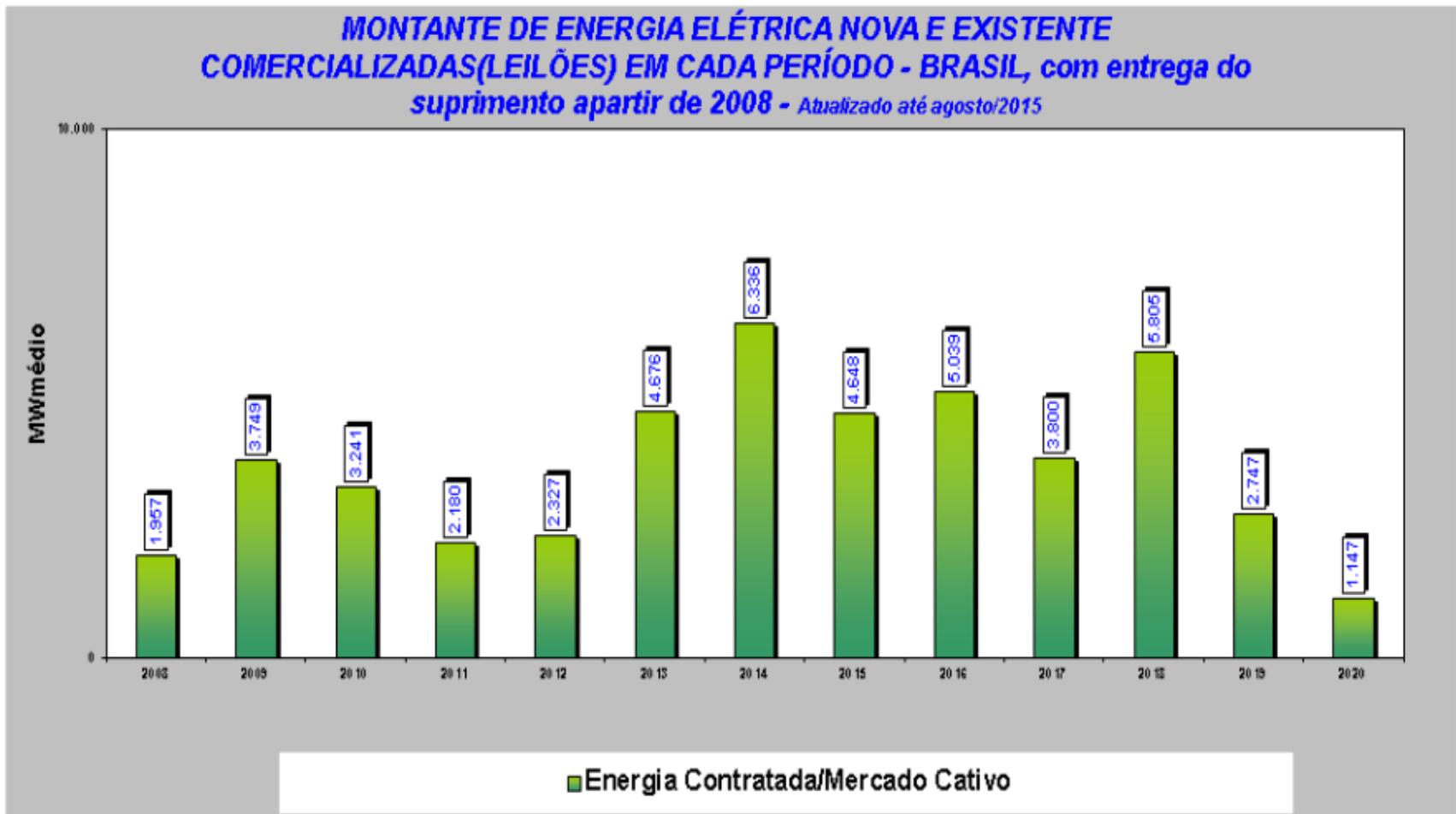
Mercado regulado (ACR) Resultado consolidado leilões

TOTAL DOS LEILÃO DE ENERGIA ELÉTRICA/POR FONTES DE GERAÇÃO(PERCENTUAL) EMPREENDIMENTOS NOVOS - Período: 2008 até 2020



Total Negociado: 31,553,81 [MW Médios]

Mercado regulado (ACR) Resultado consolidado leilões



Mercado livre (ACL)

Histórico no Brasil



- O mercado livre foi estabelecido pela Lei 9.648/98 no contexto de reestruturação do setor elétrico. Na ocasião, o mercado livre era caracterizado como um mercado atacadista, no qual os grandes blocos de energia podiam ser comercializados livremente. Apenas grandes consumidores podiam participar (> 10 MW).
- O primeiro contrato no mercado livre foi formalizado em 1999 entre a Copel (Paraná) e a Carbocloro (São Paulo), com intermediação comercial da Tradener (1ª Comercializadora autorizada pela Aneel, em operação até hoje).
- A Lei 10.848, de 2004, alterou o mercado livre, que passou a se chamar ACL, ambiente onde consumidores livres, comercializadores e geradores podem transacionar energia livremente.

Mercado livre (ACL) Histórico no Brasil



- O mercado livre de energia nasceu com o objetivo principal de fomentar e incitar a competição entre os geradores de energia e induzir os grandes consumidores a buscar os melhores preços no mercado. A formação do mercado livre se iniciou com as grandes cargas industriais em busca de maior competitividade através da redução do preço da energia.
- Os contratos bilaterais entre grandes consumidores e geradores de energia foi se tornando a prática do ambiente livre de contratação.
- O avanço do mercado livre possibilitou uma série de produtos para o setor industrial: contratos de curto, médio e longo prazo; fontes incentivadas com desconto no fio; estruturas societárias sofisticadas, dentre outros.

Mercado livre (ACL) Perfil

Crescimento do mercado livre de energia 2004 a 2015



Fonte: Comerc

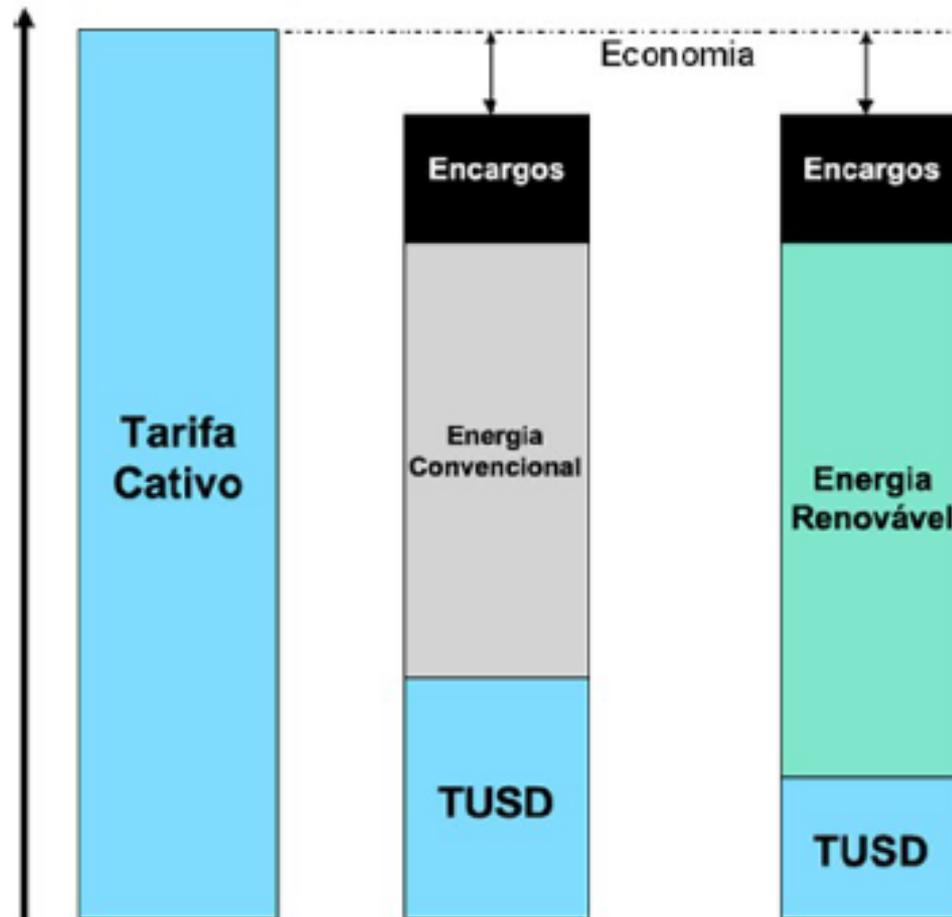
Mercado livre (ACL) Consumidores



	ACL	ACR
Atuação	Ativa	Passiva
Gestão do risco	Própria	Não
Preço	Negociado	Regulado
Prazo	Negociado	1 ano (mínimo)
Fornecedor	Diversificado*	Único
Migração	5 anos**	180 dias
Mercado de curto prazo	Sim	Não
Reajuste da energia	Alta previsibilidade	Baixa previsibilidade
*possibilidade de vários fornecedores		
**prerrogativa da distribuidora reduzir o prazo		

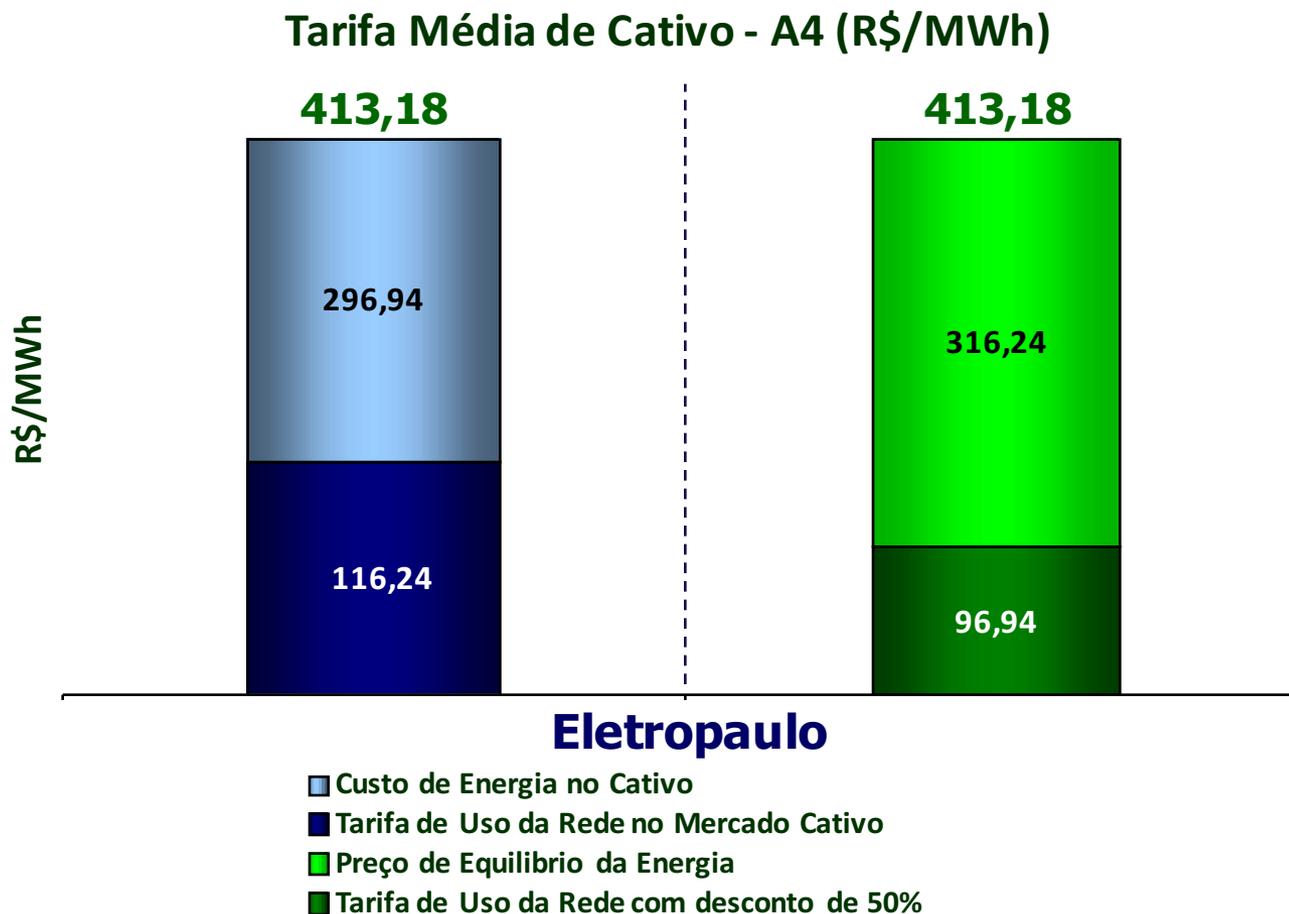
Mercado livre (ACL)

Custo de energia



Mercado livre (ACL)

Custo de energia



umbria.lps@gmail.com

