



X Seminário de Energia

A biomassa no futuro da matriz energética

IVO LEANDRO DORILEO

CUIABÁ, 27 DE AGOSTO DE 2019

Relações de unidades de energia

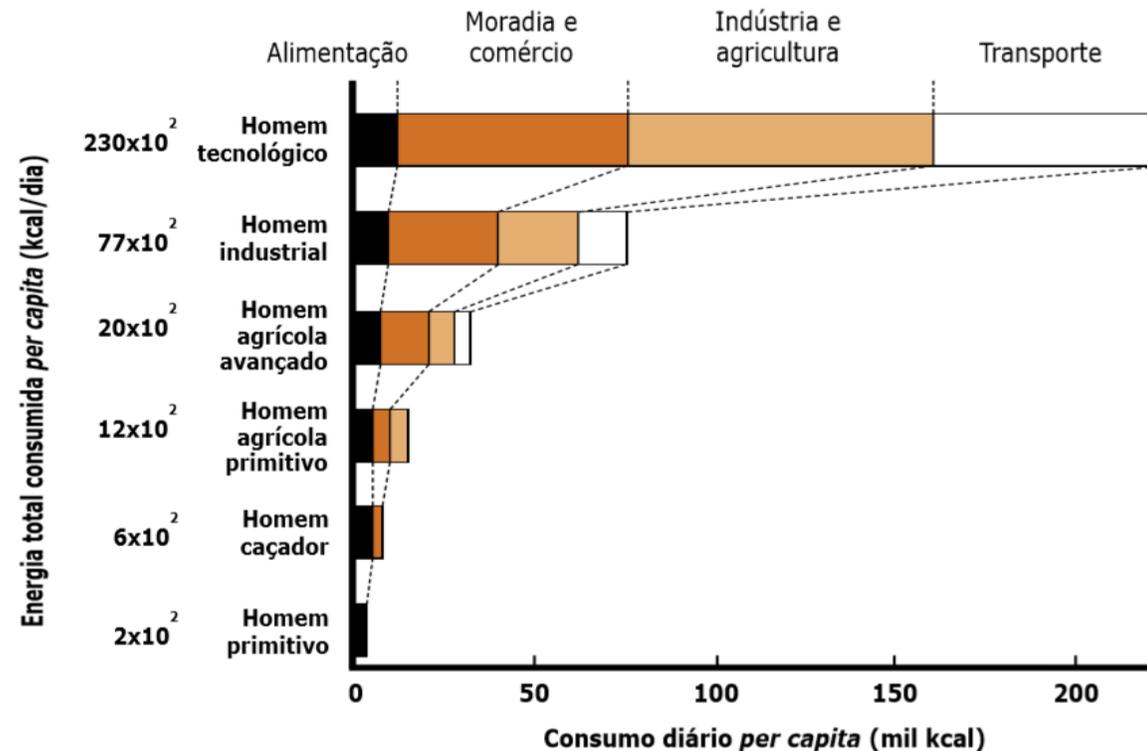
- ▶ 1 tEP (tonelada equivalente de petróleo) = 7,2 barris de petróleo = 860 kWh
 - ▶ 1 kWh = 860 kCal
 - ▶ 1 Joule = 0,239 cal = 2,39 EXP10-9 tEP
 - ▶ Exajoule = 10 EXP 18

Consumo *per capita*

Brasileiro		1,2 tEP/ano
Mato-grossense		1,4 tEP/ano
Americano		5,0 tEP/ano

A evolução do consumo de energia pela humanidade

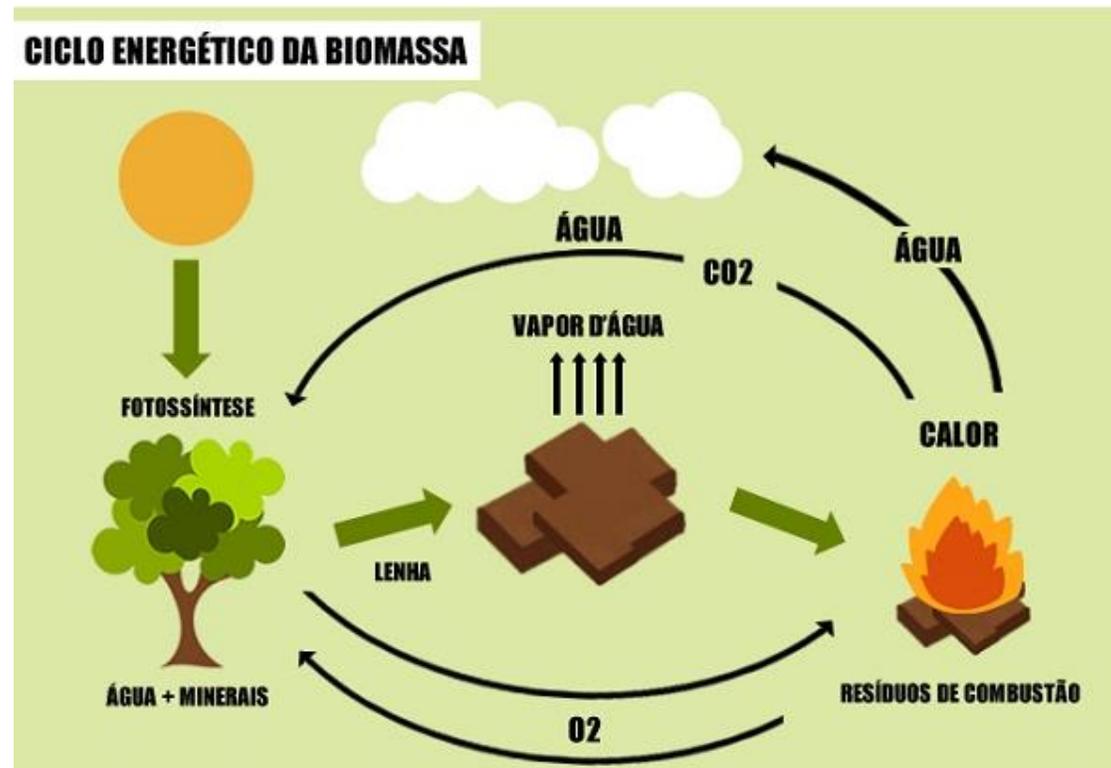
Estágios de desenvolvimento



Do consumo energético 11,0% são biomassa

Biomassa energética

Biomassa é toda matéria orgânica proveniente das plantas e animais



Combustão de materiais orgânicos, devolvendo à natureza apenas o carbono que a planta usou para crescer. Assim, o balanço de emissões de CO₂ é quase nulo ou zero

Biomassa energética



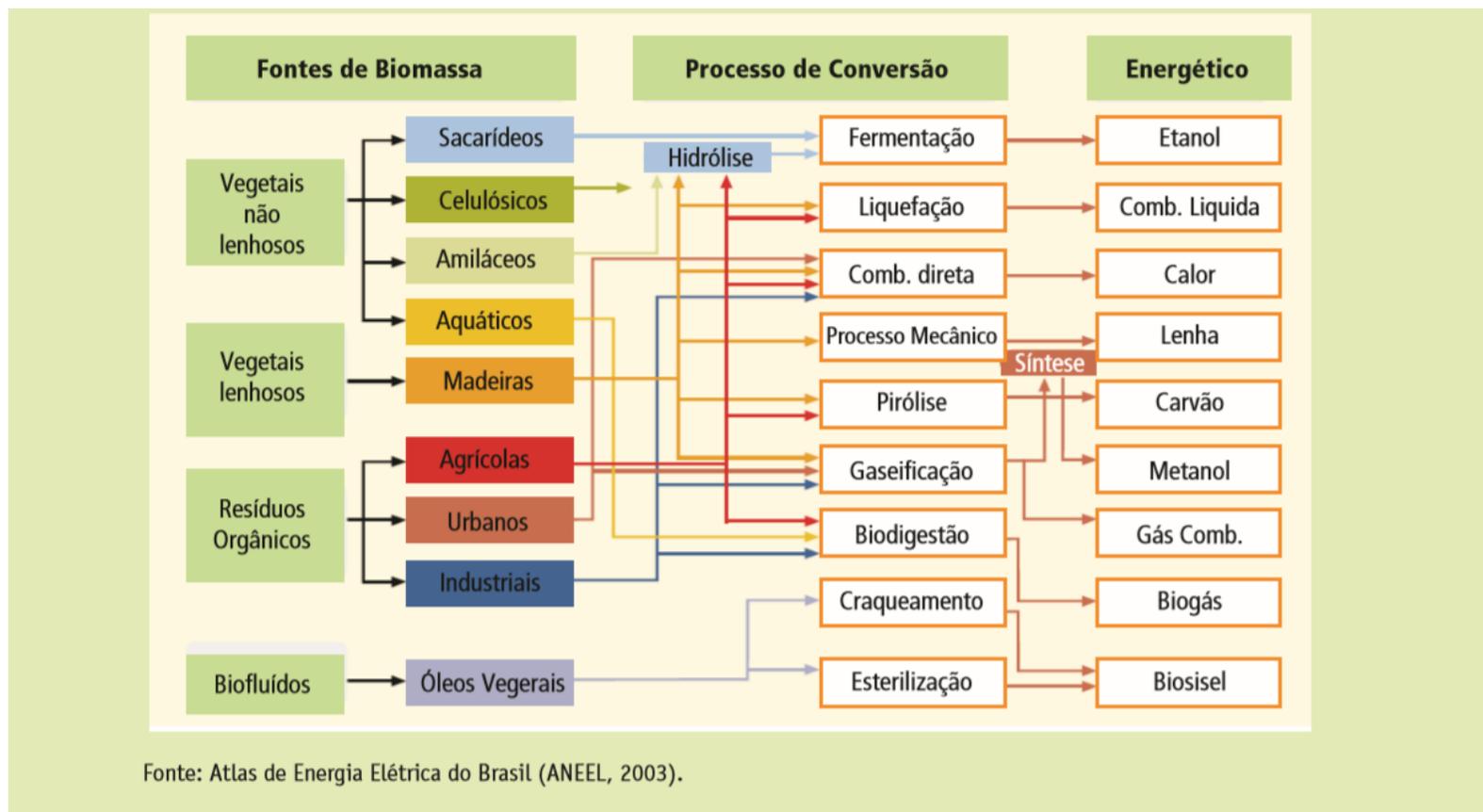
- ▶ O desenvolvimento das cadeias energéticas baseadas na biomassa pode aumentar significativamente a oferta de energia renovável, através de diversos energéticos, tais como biogás, biometano e lenha para geração elétrica
- ▶ Além disso, como a maior parte do potencial reside em dois grandes grupos, a indústria sucroalcooleira e a biomassa residual, o desenvolvimento desse potencial apresenta vantagens competitivas interessantes:
 - ▶ No caso da indústria sucroalcooleira, a principal vantagem são os parques produtores e mercados já instalados
 - ▶ No caso da biomassa residual, a vantagem está no aumento da produtividade econômica, uma vez que há geração de valor a partir dos resíduos, bem como a mitigação de impactos ambientais locais e regionais



Fontes energéticas e a nova biomassa

Fontes		Energia primária	Energia secundária	
Não-renováveis	Fósseis	carvão mineral petróleo e derivados gás natural	termoelectricidade, calor, combustível para transporte	
	Nuclear	materiais físséis	termoelectricidade, calor	
	"Tradicionais"	biomassa primitiva: lenha de desmatamento	calor	
	"Convencionais"	potenciais hidráulicos de médio e grande porte	hidrelectricidade	
		potenciais hidráulicos de pequeno porte		
Renováveis	"Novas"	biomassa "moderna": lenha replantada, culturas energéticas (cana-de- açúcar, óleos vegetais)	biocombustíveis (etanol, biodiesel), termoelectricidade, calor	
		outros	energia solar	calor, electricidade fotovoltaica
			geotermal	calor e electricidade
			eólica	electricidade
			maremotriz e das ondas	

Cadeia da bioenergia



Usos da biomassa para produção de energia

Combustão:

- Produz calor, eletricidade e força mecânica.
- Umidade das matérias abaixo de 50%.
- Gases em temperaturas entre 800 e 1000°C.

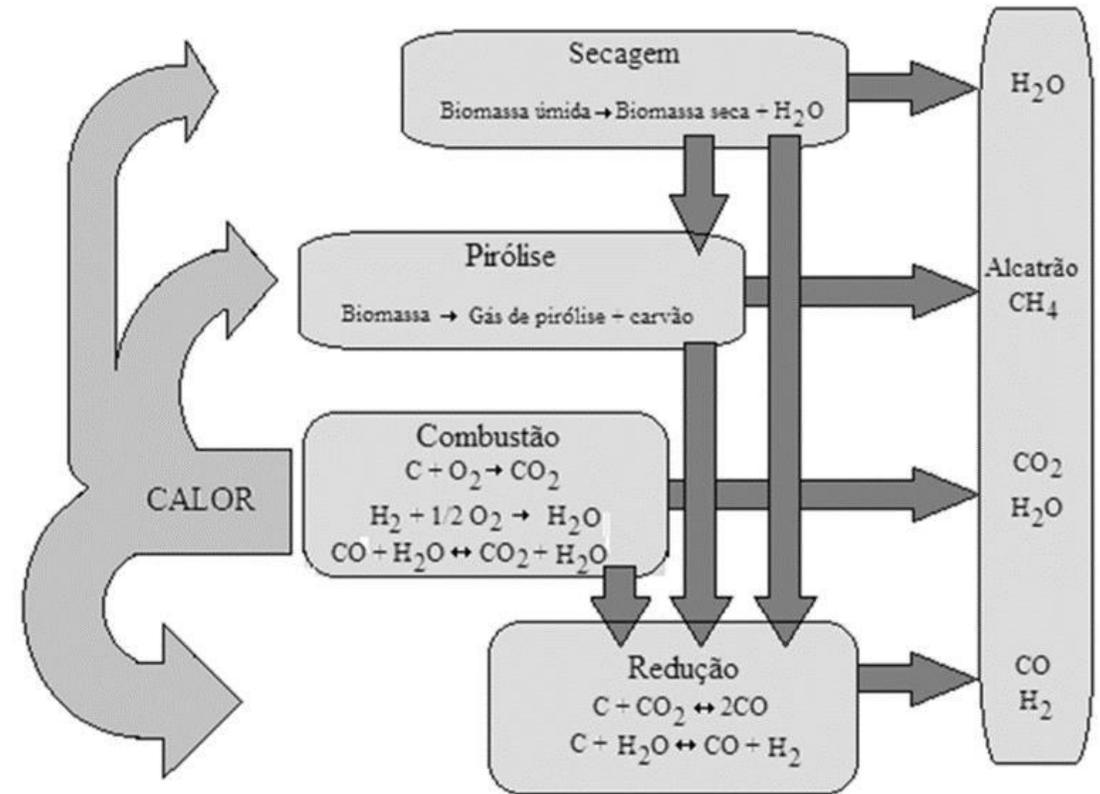
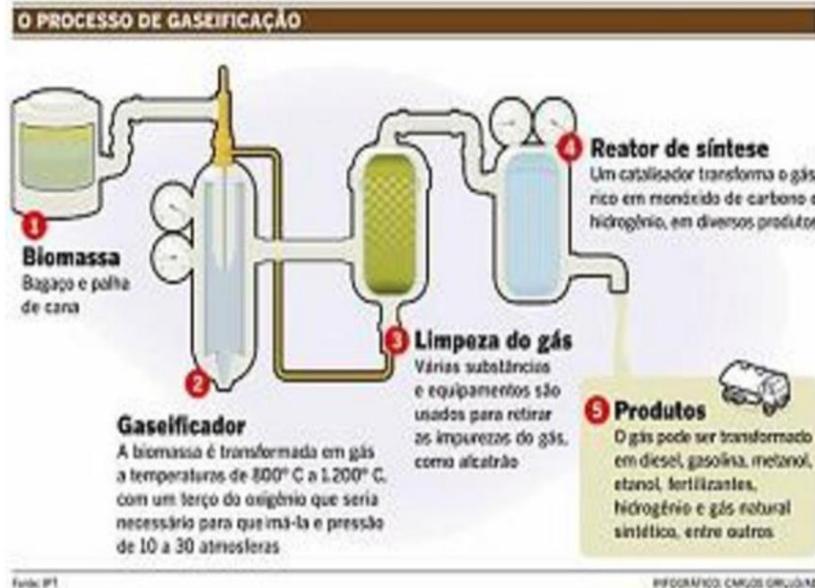


A combustão do metano libera energia térmica que pode ser convertida em outras formas de energia. Biodigestão.

Usos da biomassa para produção de energia

Gaseificação:

- Oxidação da biomassa em altas temperaturas.
- Gás pode ser aproveitado diretamente ou em turbinas a gás.
- Turbinas a gás tem uma eficiência de 40-50% na geração de energia elétrica.

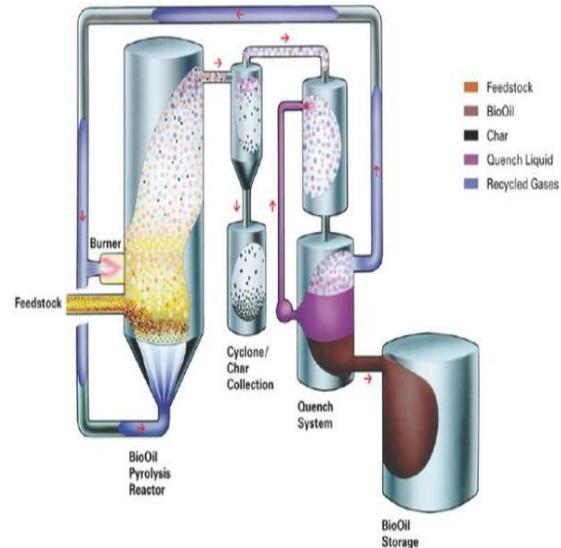
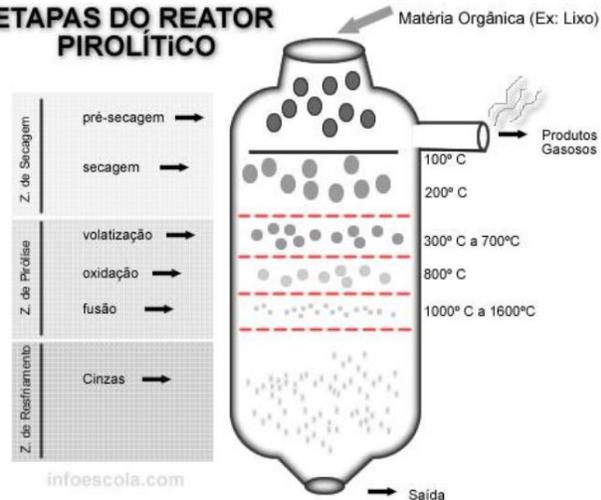


Usos da biomassa para produção de energia

Pirólise:

- Biomassa em frações gasosas, líquidas e sólidas.
- Esquenta-se a matéria na ausência de ar.
- Eficiências: 35% para carvão vegetal, 80% para biogás e bio-óleos.

ETAPAS DO REATOR PIROLÍTICO



Usos da biomassa para produção de energia

Fermentação:

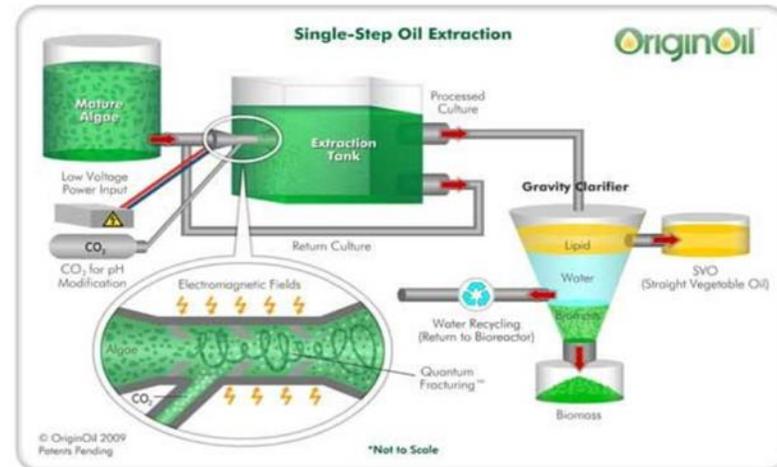
- Biomassa triturada
- Amido convertido em açúcares por enzimas.
- Resíduos utilizados como adubo.
- Produção de etanol.



O vinhoto — resíduo do cultivo, retirado na fase de decantação — pode ser reaproveitado como adubo, como mostra a foto. Apesar disso, ele é frequentemente despejado nos rios.

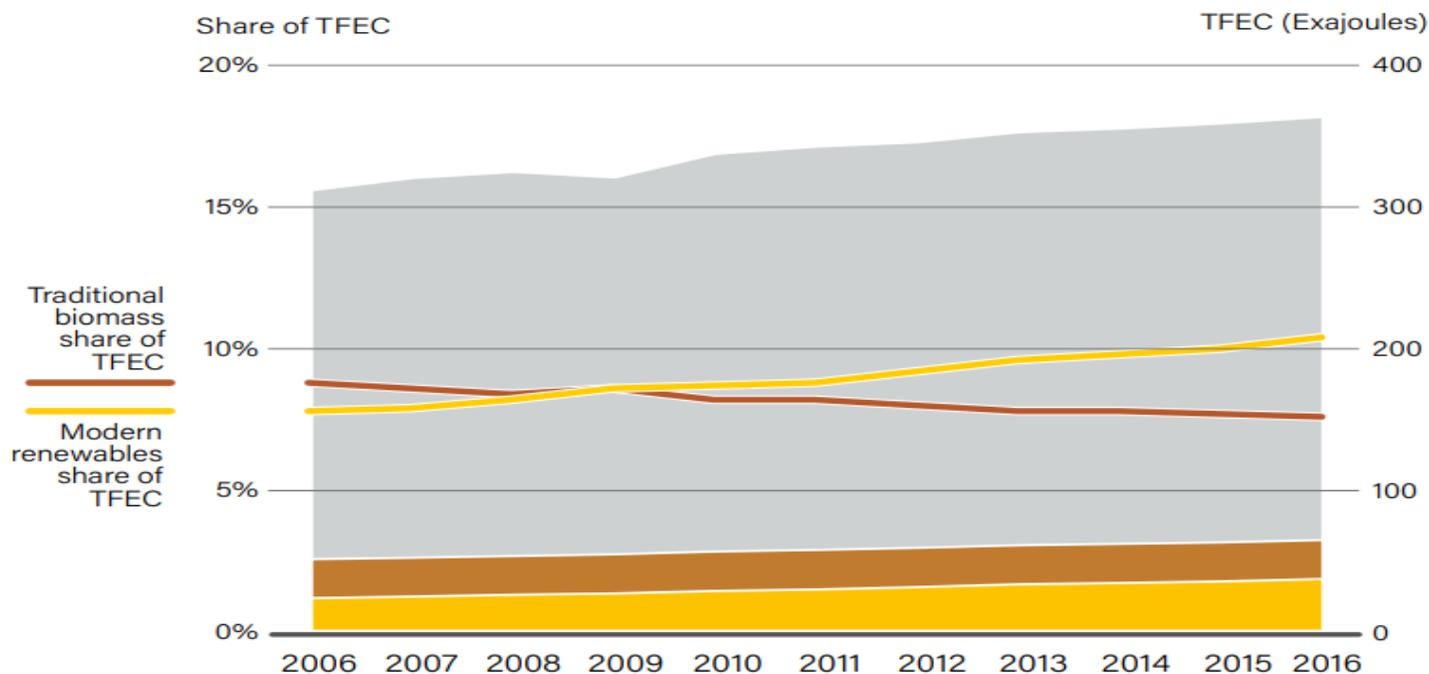
Extração mecânica:

- Produção de óleo.
- Restos podem ser usados com alimento para animais.
- Óleo pode reagir com álcool produzindo biodiesel.



Status atual da matriz energética mundial

- Crescimento global da energia renovável comparada ao consumo total final energético – período 2006 – 2016. Fonte IEA, 2019



Average 10-year growth rates of consumption

+1.5%

Total final energy consumption

+1.4%

Fossil and nuclear energy

+0.0%

Traditional biomass

+4.5%

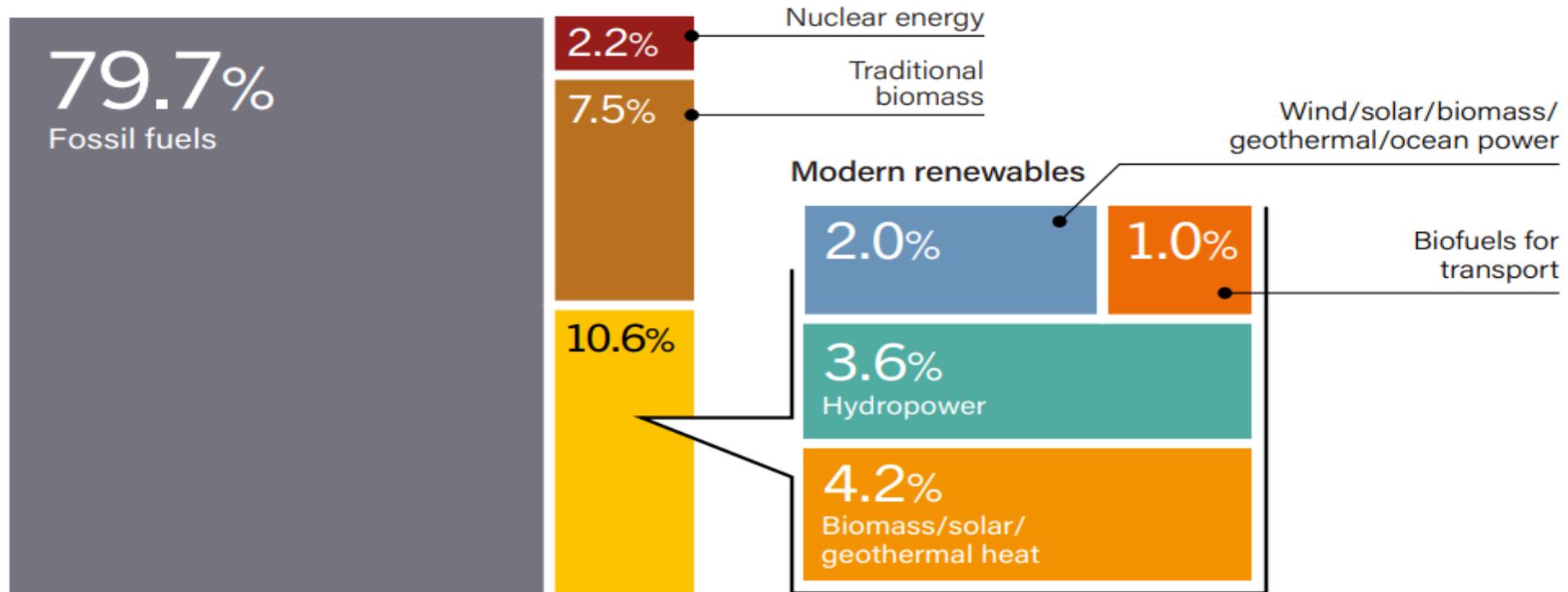
Modern renewables

+2.3%

Combined renewables

Uma visão geral

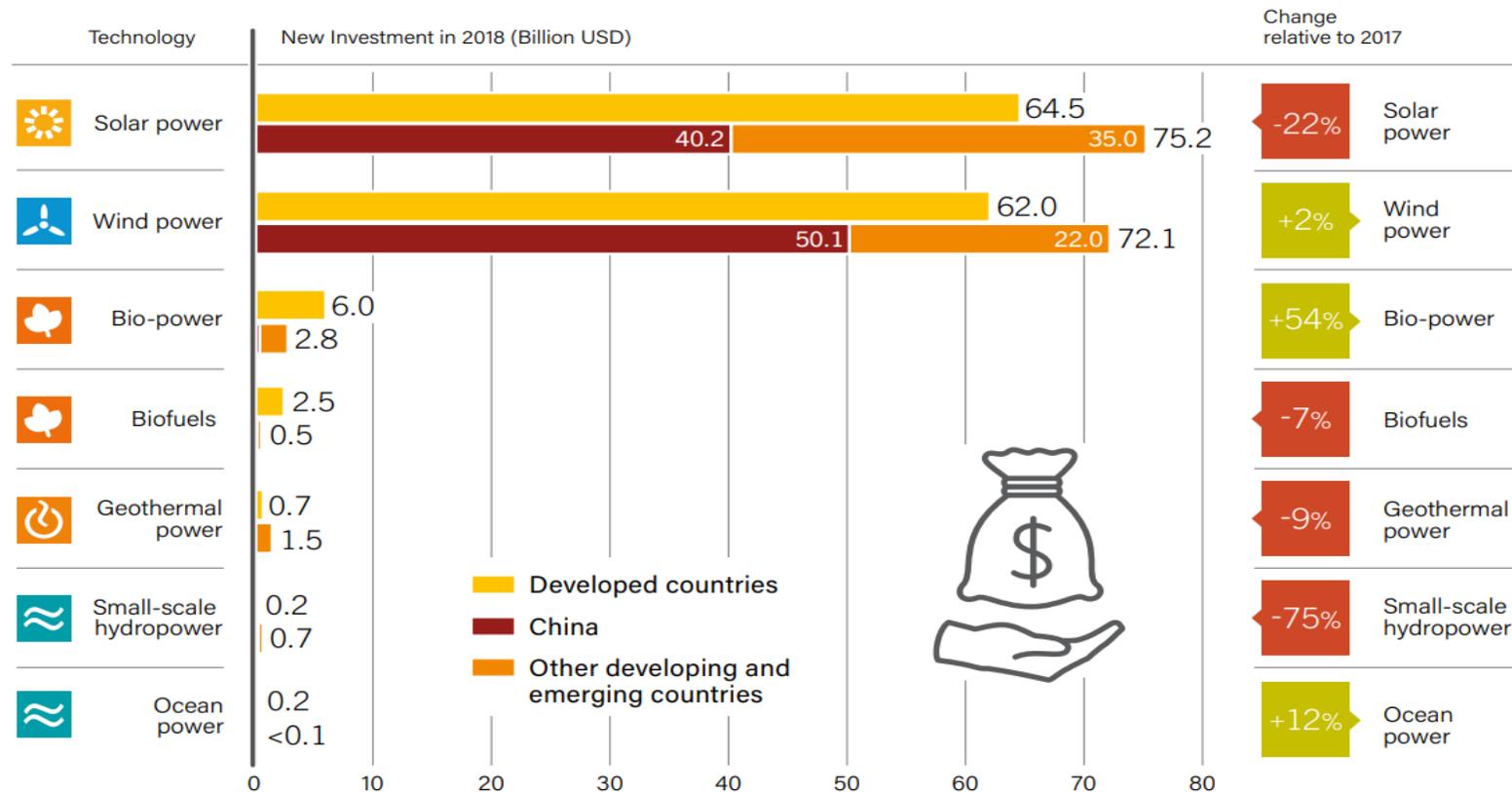
Participação estimada de renováveis no consumo total final energético no mundo



Note: Data should not be compared with previous years because of revisions due to improved or adjusted data or methodology. Totals may not add up due to rounding.

Source: Based on OECD/IEA and IEA SHC. See endnote 54 for this chapter.

Uma visão geral Investimentos globais em energia renovável por tecnologia em países desenvolvidos, emergentes e em desenvolvimento - 2018

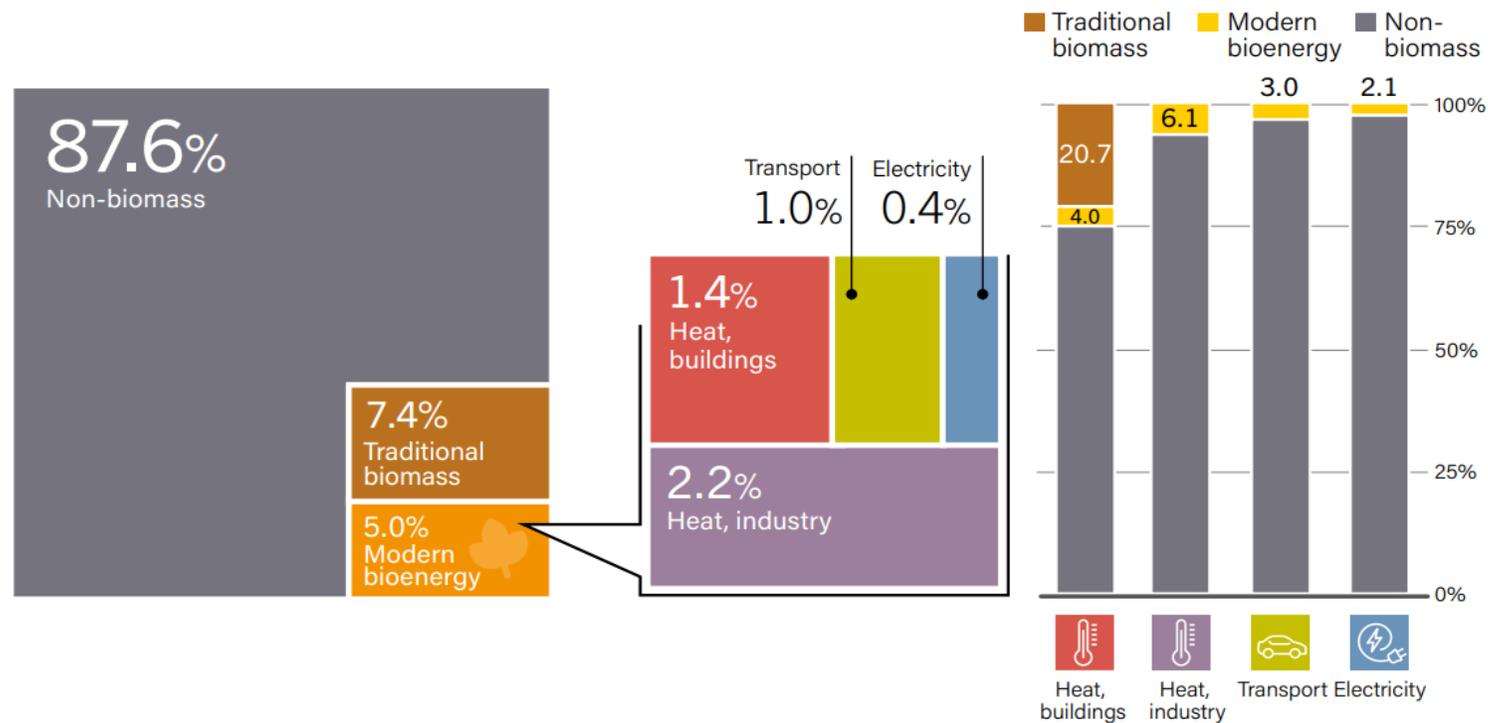


Note: Total values include estimates for undisclosed deals as well as estimates for small distributed capacity and corporate and government R&D.

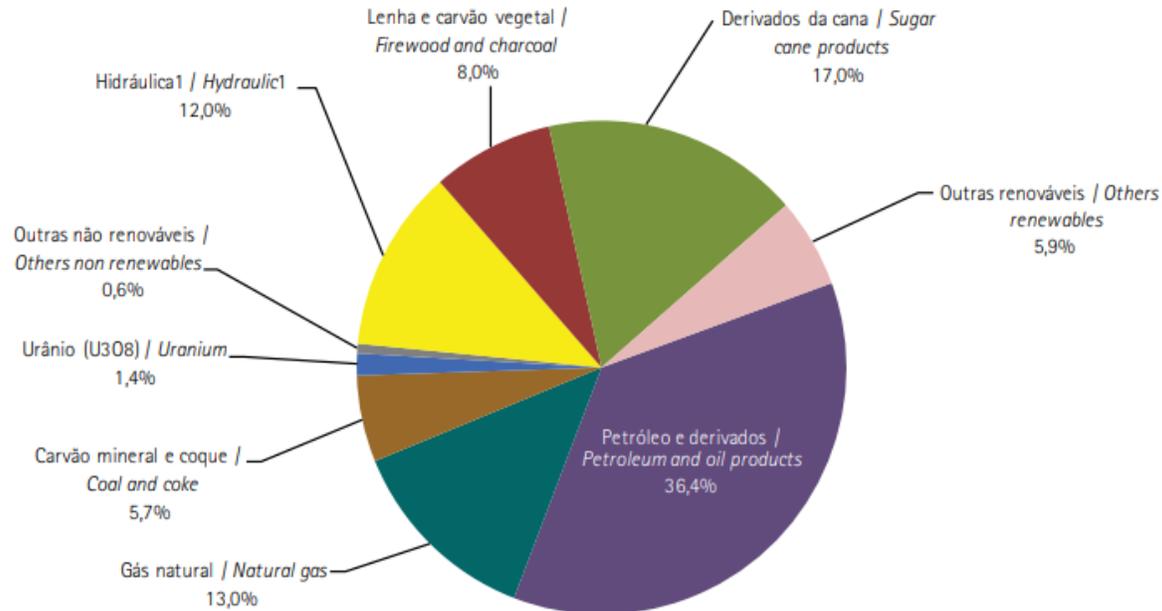
Source: BNEF.

Tendências de mercado e indústria

Estimated Shares of Bioenergy in Total Final Energy Consumption, Overall and by End-Use Sector, 2017



Oferta interna de energia no Brasil – ano de 2017



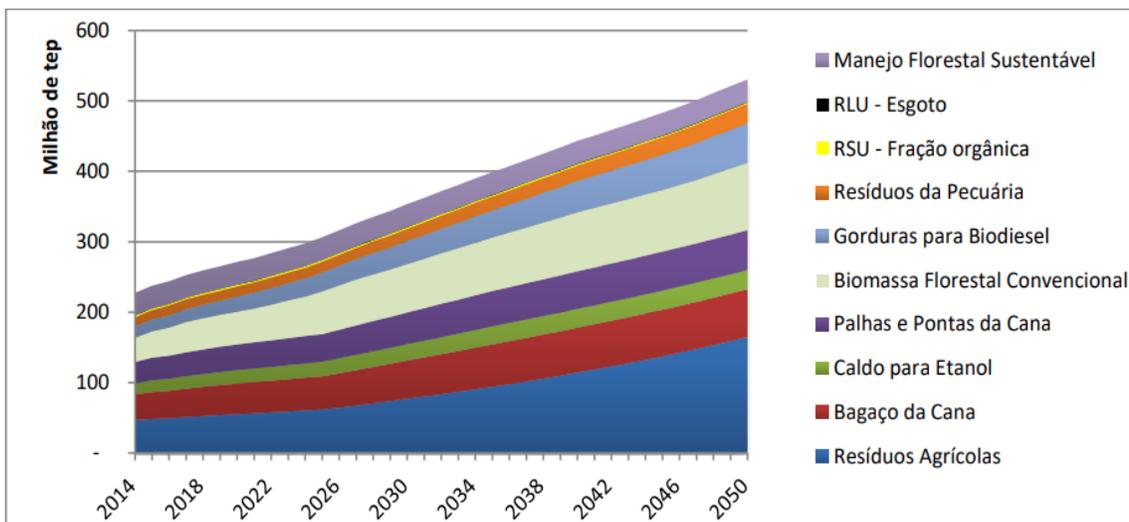
Biomassa
total: 30,9%

1. Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica. 1 kWh = 860 kcal (equivalente térmico teórico - primeiro princípio da termodinâmica). Ver Anexo VI.6 - Tratamento das informações. / Includes electricity imports originated from hydraulic sources. 1 kWh = 860 kcal (physical equivalent - First Principle of Thermodynamics). Look Appendix VI.6.

Recursos da biomassa para fins energéticos no horizonte 2050 no Brasil

Projeções do potencial de bioenergia no Brasil no longo prazo

Algumas biomassas podem ser usadas diretamente como vetor energético, por exemplo, os resíduos agrícolas, o bagaço, a lenha etc., outras biomassas necessitam de processamento preliminar, como os resíduos da pecuária e os resíduos urbanos (sólido e esgoto). Nestes casos, a estimativa do potencial energético será feita com base no potencial de produção de biogás a partir destas biomassas. A Figura mostra os resultados consolidados.



· Produção de biomassa que pode ser utilizada para fins energéticos em 2015 e 2050, em milhões tep.

<i>Biomassa (milhões tep)</i>	2015	2050
Resíduos Agrícolas	48	165
Biomassa Florestal Convencional	38	68
Manejo Florestal Sustentável	-	32
Gorduras para Biodiesel	17	27
Bagaço da Cana	32	57
Palhas e Pontas da Cana	37	95
Caldo para Etanol	17	56
Resíduos da Pecuária	14	28
RSU - Biodigestão da fração orgânica	2,0	1,7
RLU - Esgoto	0,5	0,8
Total Bioenergia	205	530

Potenciais fontes de biomassa em Mato Grosso

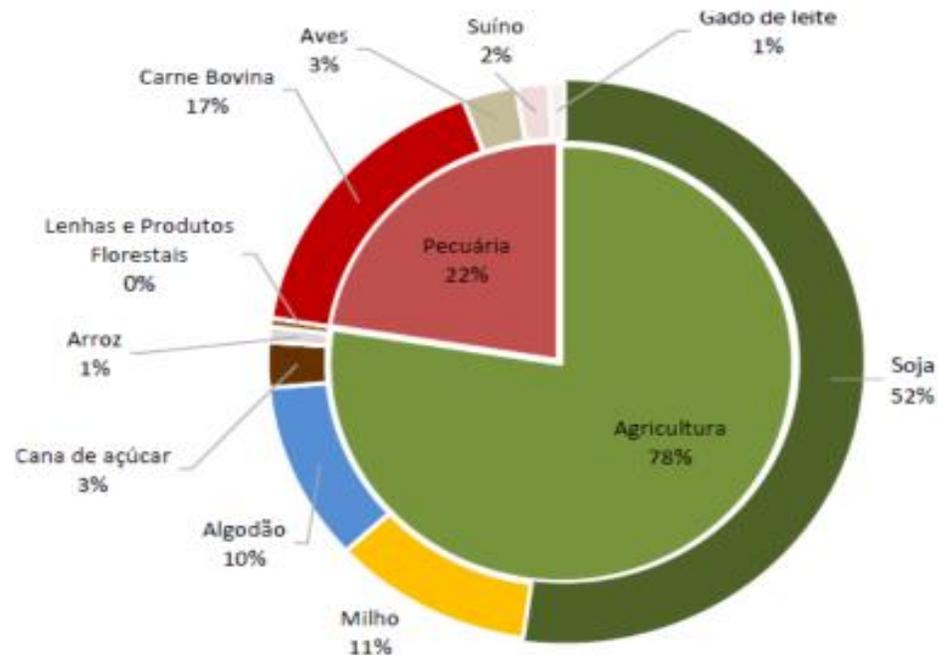
Soja, milho, algodão, cana de açúcar e arroz representaram 72% do VBP em 2015.

Previsão 2016:

Soja, milho, algodão, cana de açúcar e arroz : 77% do VBP em 2016.

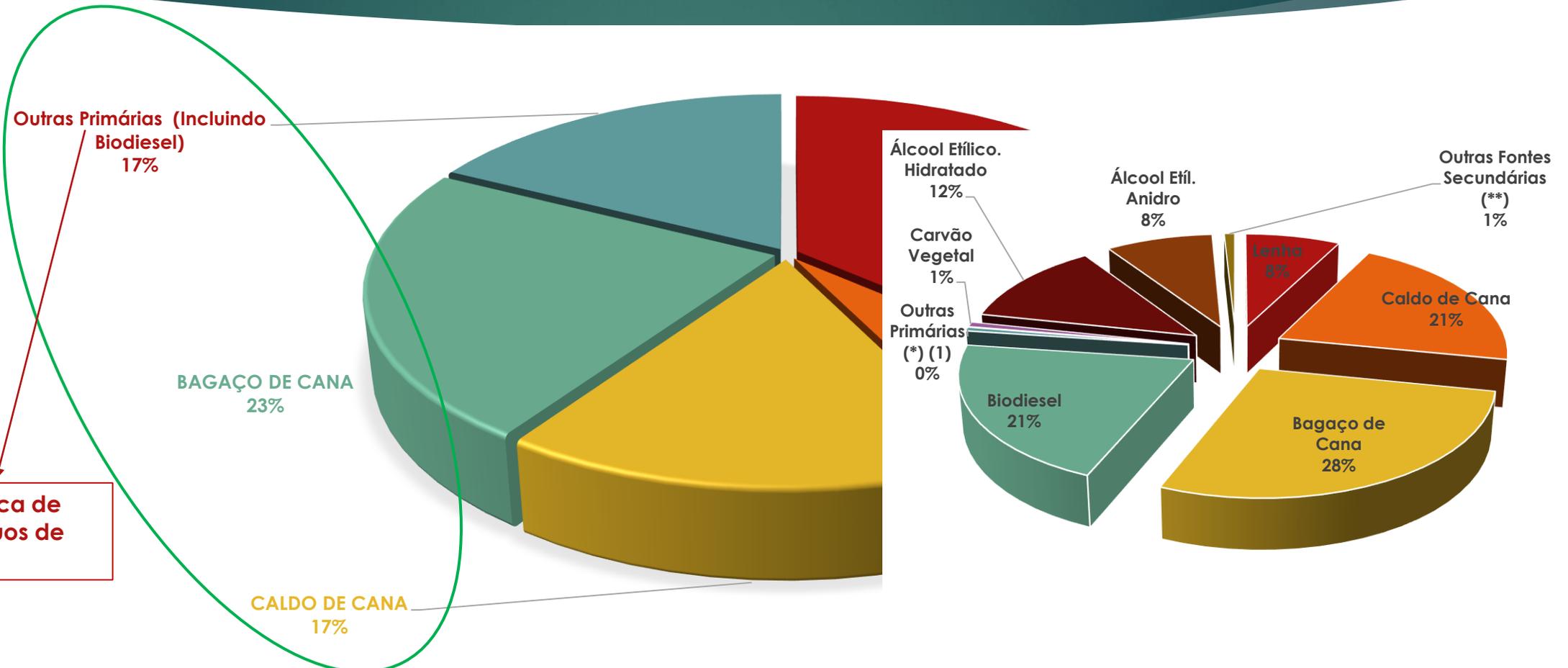
Lenhas e produtos florestais = 0%

Fonte: IMEA e MAPA



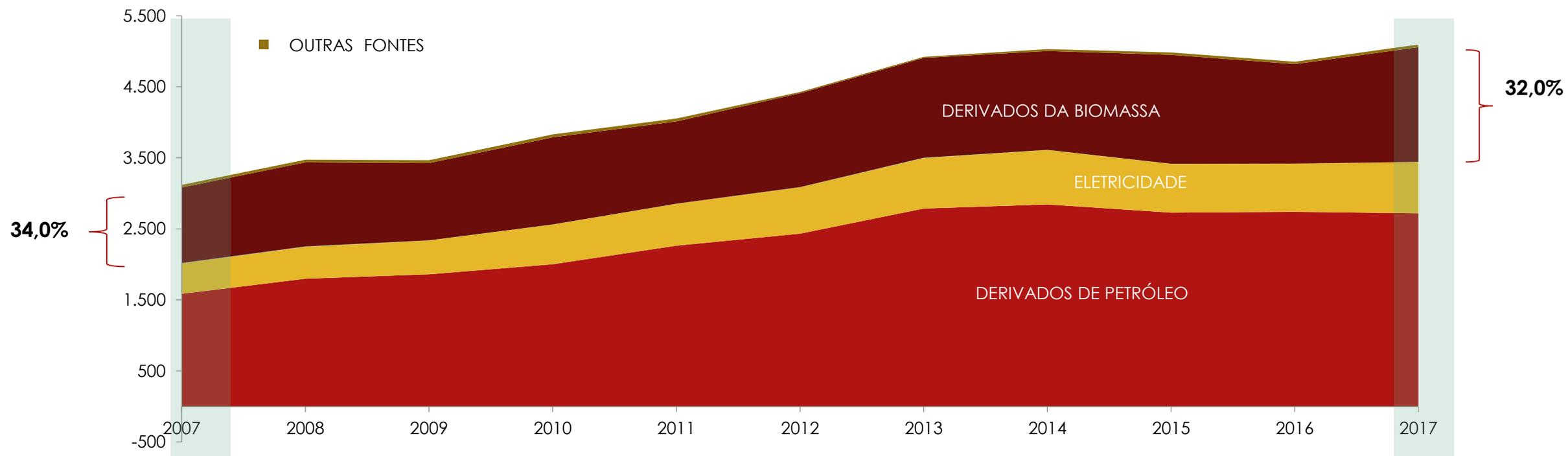
Oportunidade: palma de óleo em áreas degradadas

Participação da biomassa na produção de energia primária em Mato Grosso – ano de 2017

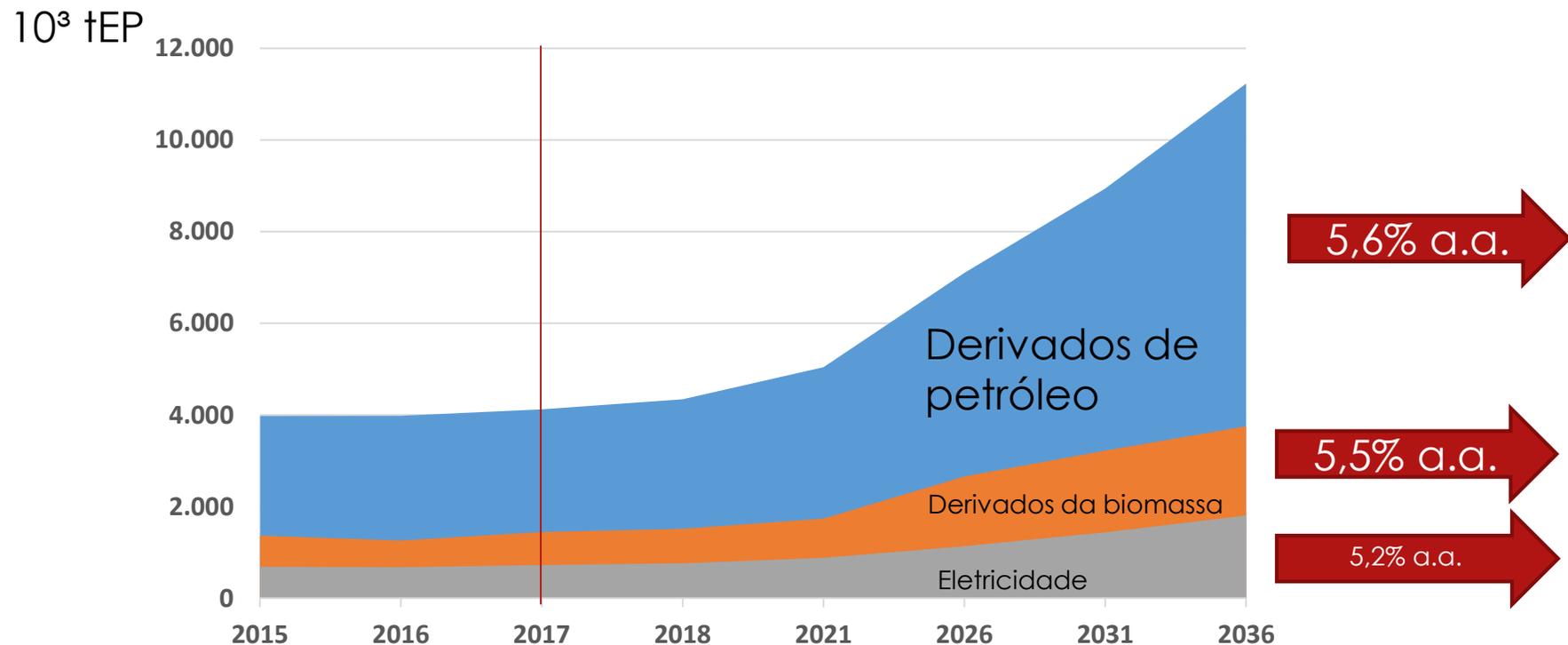


Biogás, casca de arroz, resíduos de madeira

Estrutura do consumo final energético por fontes em Mato Grosso e a participação da biomassa – Unidade: 10^3 tEP

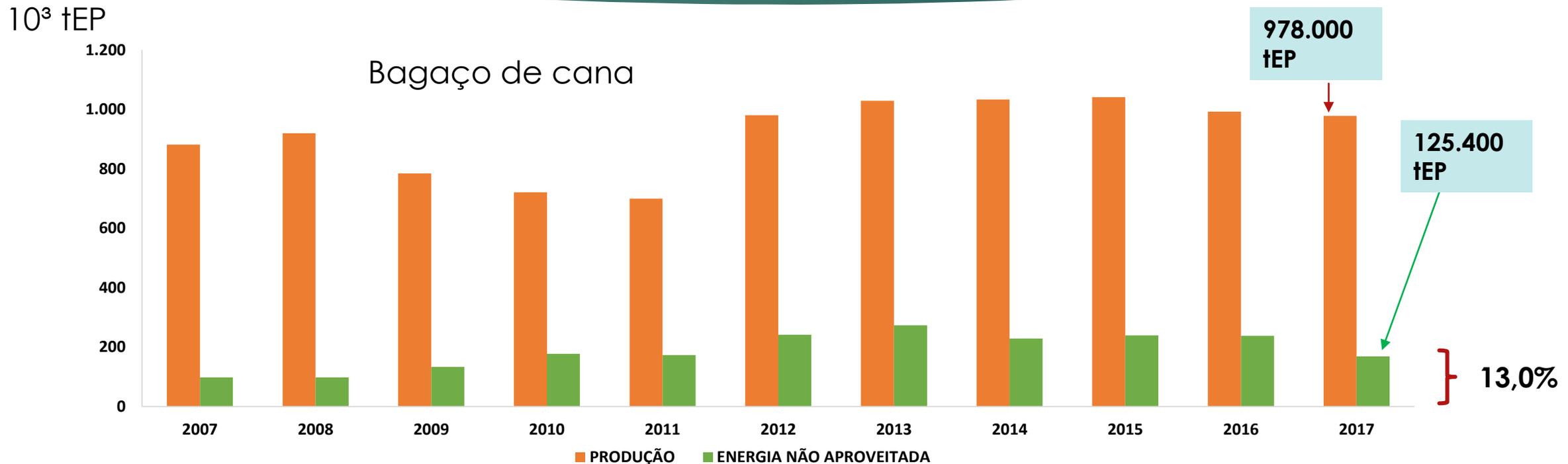


Demanda por grupo de energéticos em Mato Grosso no longo prazo (Matriz Energética)



Potencial da biomassa em Mato Grosso

Bagaço de cana e pontas e palhas



ANO	PRODUÇÃO CANA	RESÍDUOS - PONTAS E PALHA	kCAL	10 ³ tEP
2017	19.223.704 t/ano	2.076.160 t/ano	1.171.473.298.056	108,5

Considerando 50% da lavoura mecanizada

Potencial da biomassa em Mato Grosso

Resíduos de madeira

RESÍDUOS		POTENCIAL TOTAL ESTIMADO	
<i>28.740.257 m³</i>	<i>8.622.077 t</i>	<i>29.315.061.800.000 kCal</i>	<i>2.845,28 10³ tEP</i>

Estimados a partir de resíduos de processamento em florestas particulares e públicas em Mato Grosso. Fonte: Elaborada a partir de dados da (EPE, 2018) com base no SFB – Sistema Florestal Brasileiro, 2018

RESÍDUOS		POTENCIAL TOTAL ESTIMADO	
<i>160.000 m³</i>	<i>48.000 t</i>	<i>163.200.000.000 kCal</i>	<i>14,8 10³ tEP</i>

Potencial de produção madeireira e geração de resíduos de biomassa em área de Florestas Públicas Federais manejadas em Mato Grosso em 2017

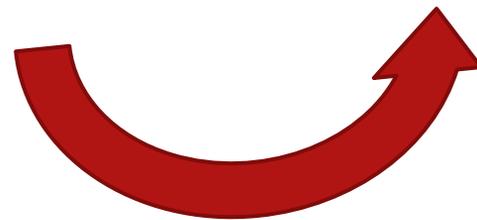
Área total passível de exploração via manejo sustentável (ha)	Área de efetivo manejo (ha)	Madeira em tora (m ³)	Resíduos florestais lenhosos (t)	Resíduos de processamento (t)	Capacidade instalada de geração (MWh)	Potencial de geração (MW)
1.352.722	1.082.178	779.168	623.334	405.167	538.962	77

Na área do SIN podem-se gerar 26.000 MWh/ano

Potencial da biomassa em Mato Grosso

Casca de arroz

Ano	Produção arroz	Resíduos-casca	Kcal	10 ³ tEP
2017	647.799,00 t/ano	129.560 t/ano	414.592.000.000	38,4



20,0%

Potencial da biomassa em Mato Grosso e projeções da oferta no horizonte de 2036 (Matriz Energética) Resíduos da agropecuária

► Biomassa agrícola. Unidade: t

Produto	2017	2018	2021	2026	2031	2036
Soja - Produção estimada	30.479.870	30.306.065	30.950.064	32.305.936	34.015.167	35.851.942
Soja - Resíduos disponíveis	17.373.526	17.274.457	17.641.536	18.414.383	19.388.645	20.435.607
Milho - Produção estimada	29.942.322	25.551.457	19.250.953	16.392.250	15.919.382	15.891.772
Milho - Resíduos disponíveis	26.349.243	22.485.282	16.940.839	14.425.180	14.009.056	13.984.759
Total:	39.759.739 t	36.327.379 t				

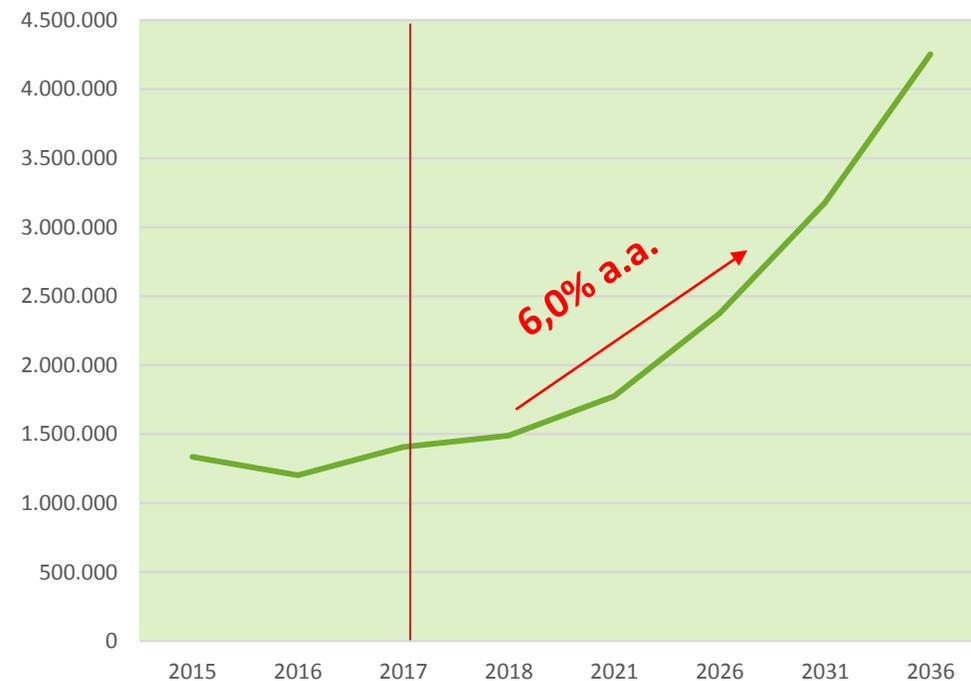
► Biomassa da pecuária. Unidade: t

Produto	2017	2018	2021	2026	2031	2036
Bovinos - Produção estimada (Cabeças)	29.725.378	29.189.795	29.014.012	28.604.896	28.385.529	28.265.566
Bovinos - Resíduos disponíveis (t)	162.597.818	159.668.176	158.706.645	156.468.780	155.268.841	154.612.647
Suínos - Produção estimada (cabeças)	2.559.616	2.394.087	2.155.562	2.016.226	1.978.479	1.963.295
Suínos - Resíduos disponíveis (t)	2.329.251	2.178.619	1.961.561	1.834.766	1.800.416	1.786.599
Frangos - Produção estimada (unidades)	48.517.772	46.102.227	41.019.264	188.926.693	187.435.295	34.664.071
Frangos - Resíduos disponíveis (t)	1.746.640	1.659.680	1.476.694	6.801.361	6.747.671	1.247.907
Total:	163.506.475 t	157.647.153 t				

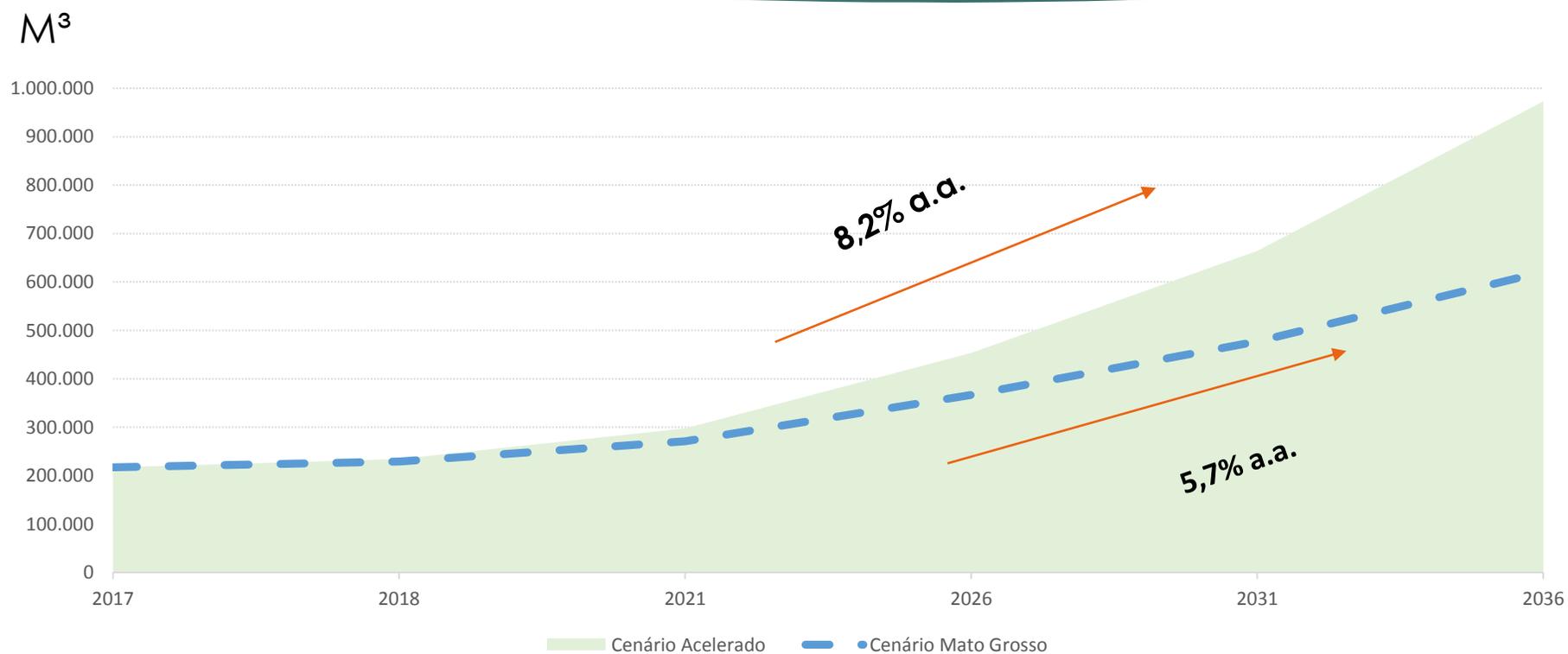
Oferta de energia da biomassa em Mato Grosso – horizonte de 2036 (Matriz Energética) – Etanol da cana e do milho

Usina	Município / mesorregião	Capacidade de Produção (milhões litros/ano)	Estágio da planta	Previsão de Operação
INPASA	Sinop/Norte	520	Licença de Operação	2019
FS SORRISO	Sorriso/Norte	530	Construção	Fev/20
ETAMIL (COPRODIA) (flex)	Campo Novo do Parecis/Norte	250	Construção	Jan/20
ETANOL (INPASA)	Nova Mutum/Norte	250	Construção	Jan/21
Total Previsto de aumento na produção de etanol de milho em Mato Grosso		1.550		

Mil litros



Oferta de energia da biomassa em Mato Grosso – horizonte de 2036 (Matriz Energética) - Biodiesel



O papel da biomassa na expansão da geração termelétrica

- ▶ Complementaridade com o parque de geração hidrelétrica e co-geração
- ▶ Requisitos de capacidade atendem plenamente ao sistema elétrico (são recursos controláveis)
- ▶ Flexibilidade mensal - possuem disponibilidade complementar com os demais recursos do sistema, destacadamente a sua característica de sazonalidade anual complementar a maior parte das afluências às hidrelétricas
- ▶ Flexibilidade horária – rotas tecnológicas de ciclo Otto e Diesel dão resposta rápida à solicitação de carga
- ▶ Baixa emissão de gases de efeito estufa – ciclos motores Otto e Diesel apresentam as maiores eficiências neste quesito
- ▶ Disponibilidade próxima aos centros de carga – ampla produção no território; os aspectos locais devem levar em conta a proximidade com o centro de carga, a capacidade de transporte do combustível, o pré-tratamento, se necessário, da matéria prima e a GD

Biomassa e rotas tecnológicas para geração elétrica

- ▶ **Biodigestão – Biogás – digestão anaeróbica – converte material orgânico em CO₂, metano e lodo através de bactérias em ambiente pobre em oxigênio**
 - ▶ 1. Resíduos da cana-de-açúcar (bagaço, palhas e pontas, vinhaça e torta de filtro)
 - ▶ 2. Resíduos da indústria madeireira (cavaco)
 - ▶ 3. Palhas das culturas de soja e milho
 - ▶ 4. Cascas de arroz e café
 - ▶ 5. Resíduos de coco, feijão, amendoim, mandioca e cacau
 - ▶ 6. Resíduos agroindustriais e pecuária de confinamento
 - ▶ 7. Lodo de estação de tratamento de esgoto
 - ▶ 8. Resíduos sólidos urbanos (RSU)
 - ▶ 9. Resíduos das vinícolas

Biomassa e rotas tecnológicas para geração elétrica

▶ **Gaseificação – Gás de síntese**

- ▶ A gaseificação converte um insumo energético sólido (biomassa, carvão ou outros combustíveis) em um gás de síntese que pode ser queimado em turbinas a gás ou motores de combustão – ciclo Brayton ou motores para geração elétrica
- ▶ 1. Resíduos de madeira e de coco
 - ▶ De forma limitada, bagaço, palhas (de cana, de soja e de milho), os resíduos (feijão, amendoim, mandioca, cacau), as cascas (arroz e café), além da torta de filtro e RSU

▶ **Combustão direta de produtos sazonais**

- ▶ Insumos sólidos secos: bagaço, palhas (de cana, de soja e de milho), os resíduos agrícolas (madeira, feijão, amendoim, mandioca, cacau e coco), as cascas (arroz e café) e RSU – ciclo Rankine

Biomassa e rotas tecnológicas para geração elétrica

▶ **Briquetes/pellets – aumenta a densidade energética do material**

- ▶ São indicados para a produção de briquetes/pellets principalmente os resíduos de madeira, além do bagaço e palhas de cana-de-açúcar, que possuem tecnologia já existente, porém pouco aplicada – ciclo Rankine
 - ▶ De forma limitada, as palhas de soja e de milho, os resíduos (feijão, amendoim, mandioca, cacau e coco), as cascas (arroz e café) e RSU
- ▶ Insumos sólidos secos: bagaço, palhas (de cana, de soja e de milho), os resíduos agrícolas (madeira, feijão, amendoim, mandioca, cacau e coco), as cascas (arroz e café) e RSU

▶ **Biocombustíveis líquidos**

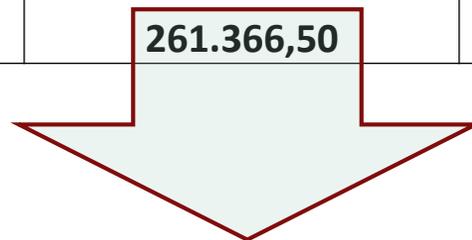
- ▶ Etanol e biodiesel, mas perdem na competitividade para outros combustíveis – ciclos Otto e Diesel

Comparativo de tecnologias de geração termelétrica

Tecnologia	Tipo de Ciclo	Eficiência em carga parcial e modularidade							Operação Intermitente	
		Potência Unitária (MW)	Eficiência (%)	Vida Útil	Tempo de partida a frio (min)	Acompanhamento da carga	Capacidade (MW)	Flexibilidade (MW/min)		
Turbina a Gás Industrial	Brayton									
Turbina a Gás Aeroderivada	Brayton									
Motor de Combustão Interna	Otto ou Diesel									
Ciclo Combinado	Combinado									
Ciclo Rankine	Rankine									

Capacidade instalada de termelétricas à biomassa em Mato Grosso – ano de 2017

Biomassa utilizada	Soma de Potência(kW)	Nº Plantas
Bagaço de Cana de Açúcar	188.928	8
Biogás – RA e AGR	4.263,50	9
Casca de Arroz	1.200	1
Resíduos Florestais	66.975	9
Total Geral	261.366,50	27



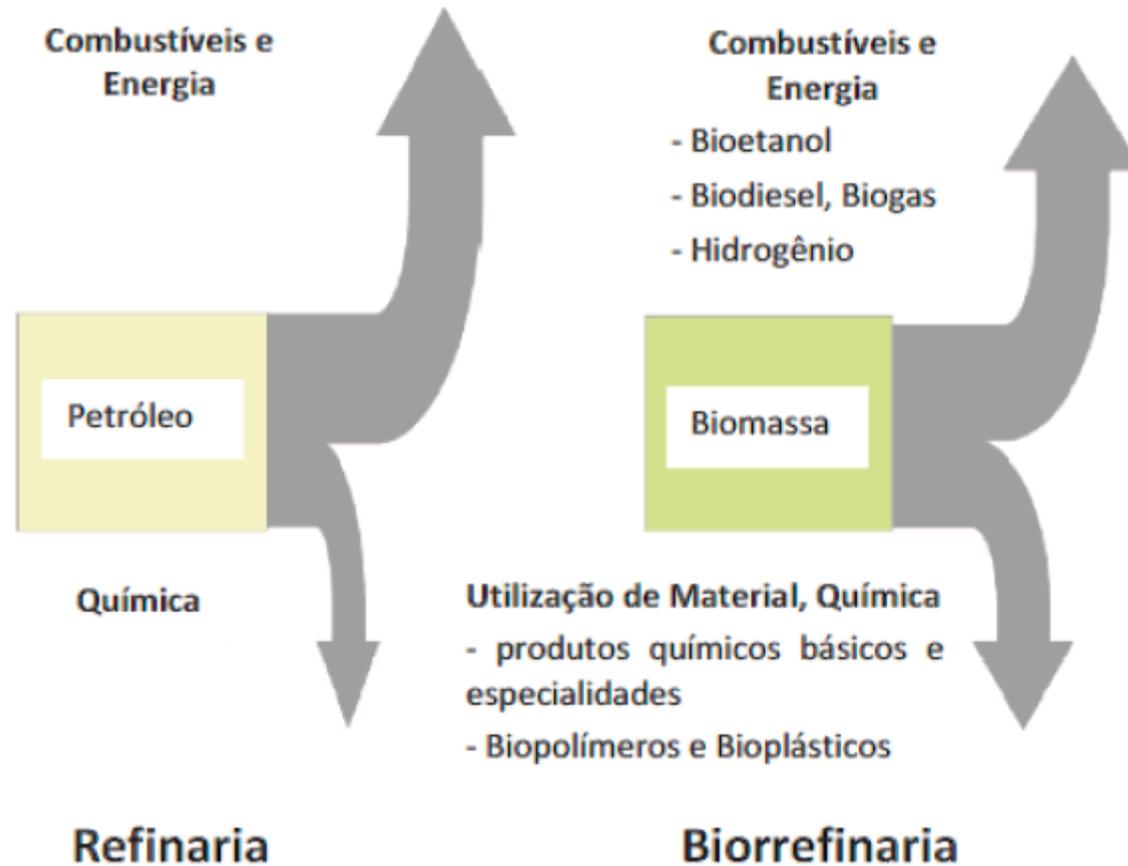
8,0% da capacidade instalada de geração elétrica estadual

O papel da biomassa para a economia de baixo carbono

SUMÁRIO - DOIS CAMINHOS: ECONOMIA TRADICIONAL E ECONOMIA VERDE

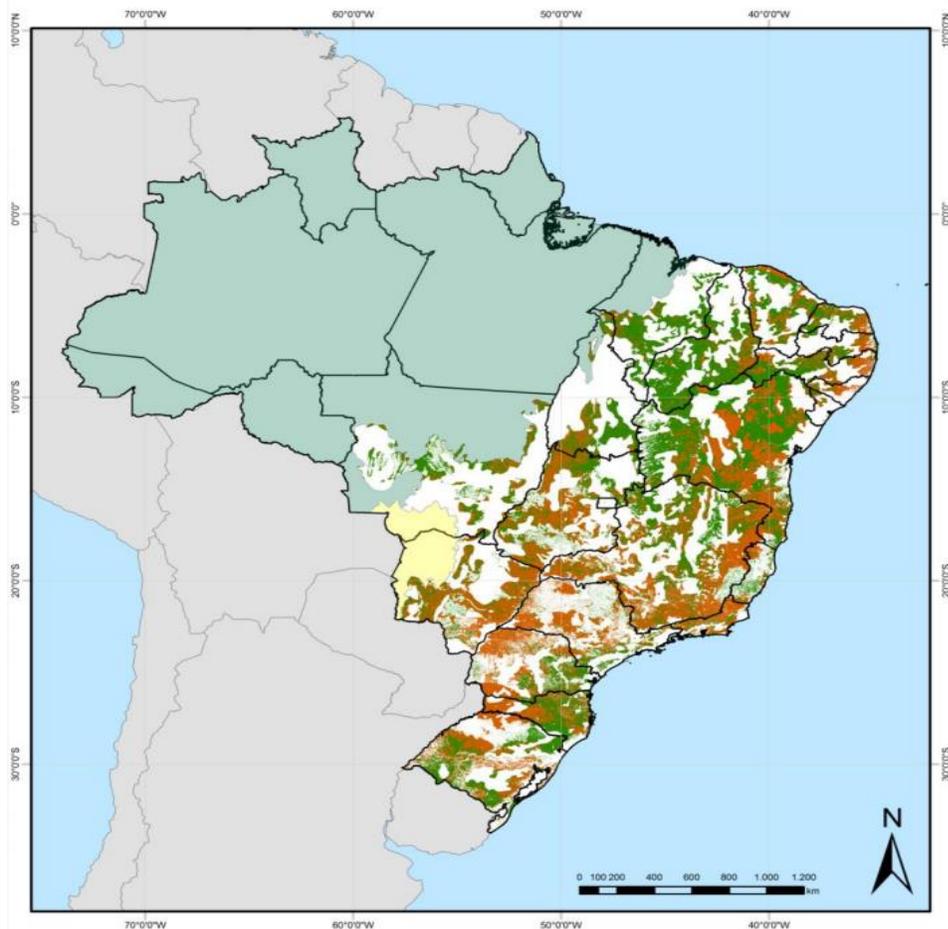


Uma alternativa para os biocombustíveis na economia de baixo carbono



Os desafios da expansão

- Áreas delimitadas pelas restrições legais (Amazônia, Pantanal, Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Quilombolas) e áreas urbanas; fragmentos de vegetação da Mata Atlântica
- Áreas inaptas, usadas nas propriedades rurais
- Resultado dos estudos aponta uma área potencial de expansão de 144 Mha
- Espera-se para a expansão intensificação da pecuária e aumento da produtividade da agricultura



Localização da Área



Legenda

□ Área inapta ou indisponível para expansão agrícola

Área potencial para expansão da produção de biomassa

■ Uso Antrópico

■ Vegetação Nativa

Biomass excluídos da análise

■ Amazônia

■ Pantanal



Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Superintendência de Meio Ambiente

Título: PNE 2050 - Áreas potenciais para expansão da produção de biomassa e uso do solo

Ref.: SMA/DEA-PNE2050-SAE-1372

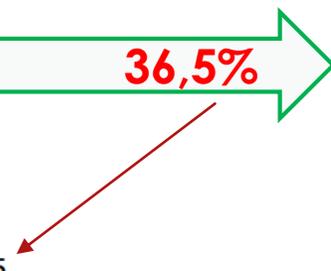
Os desafios da expansão

Área total do Cadastro Ambiental Rural (CAR), área de efetivo manejo e potencial de biomassa, em unidades da federação selecionadas.

UF	Área total no CAR (ha)	Área de Efetivo Manejo (ha)	Biomassa (ktep)
AC	5.347.413	4.277.930	1.528
AM	12.484.965	9.987.972	3.567
AP	2.001.420	1.601.136	572
MT	27.433.595	21.946.876	7.838
PA	21.044.325	16.835.460	6.012
RO	4.392.444	3.513.955	1.255
RR	2.357.416	1.885.933	674
Total	75.061.578	60.049.262	21.445

Manejo florestal sustentável: pode ser aplicado em áreas de Reserva Legal de propriedades particulares e e, APAs, Florestas Nacionais e áreas não destinadas de FPF sob concessão

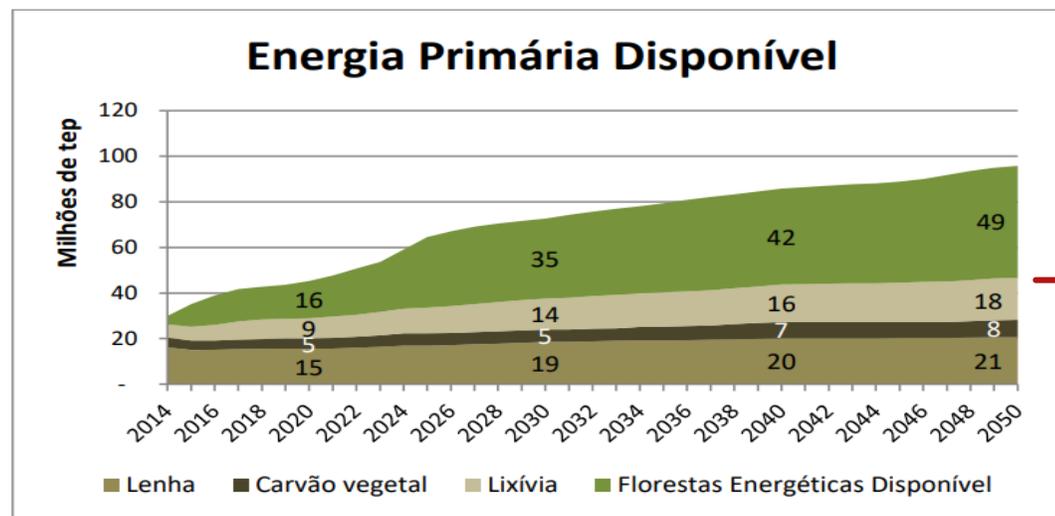
36,5%



Fonte: Elaborado a partir de dados do SFB (2018).

Os desafios da expansão

Demanda de Energia 2050 (Lixívia, Carvão Vegetal e Lenha - Uso térmico), um potencial de lenha para geração elétrica, além de outros usos não energéticos de recursos florestais da silvicultura. Isto representa um crescimento de quase 70% em relação à 2014. A Figura apresenta a produção de biomassa florestal para aproveitamento energético em milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).

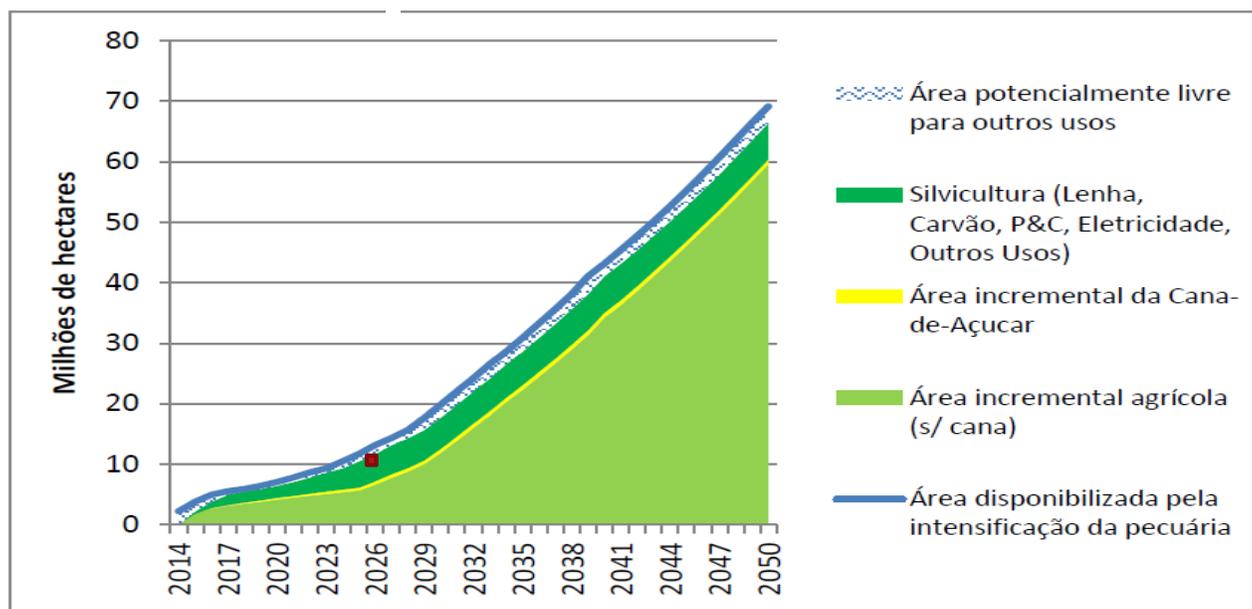


Crescimento de 166,0% na oferta de biomassa florestal em 2050

Produção de biomassa florestal para as demandas de lenha, carvão vegetal e papel e celulose, e disponível para florestas energéticas, em milhões de tep.

Os desafios da expansão

O recurso área é disputado pela agricultura e pecuária, usos da terra mais expressivos no Brasil. A Figura apresenta a disponibilização potencial de área pela pecuária devido a sua intensificação e a expansão projetada para agricultura e florestas energéticas.



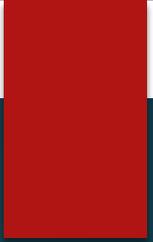
Área disponibilizada pela intensificação da pecuária, áreas incrementais da agricultura e para florestas energéticas.

Políticas e medidas que podem ser empreendidas

- ▶ Reativar o Conselho Estadual de Energia no domínio da Secretaria de Governo que lida com o tema energia
- ▶ Estabelecer metas de exploração do potencial energético do Estado por vocação regional
- ▶ Fortalecer as medidas já existentes de incentivo e fomento à energia renovável no Estado em estreita aderência com as políticas nacionais. Estabelecer um único setor/órgão em Secretaria específica para cuidar do tema energia para conduzir os programas relacionados diretamente a este assunto. Priorizar incentivos à disseminação da energia solar no Estado
- ▶ Fomento à cogeração industrial com biomassa baseada nos resíduos florestais
- ▶ Determinar mandatoriamente a substituição gradual das fontes energéticas de produção de eletricidade com alto fator de emissão de GEE por fontes renováveis, especialmente nas mesorregiões Norte e Nordeste do Estado
- ▶ Criação de Programa de Fomento ao Aproveitamento Energético dos Resíduos Agrícolas, da Pecuária e da Madeira

Políticas e medidas que podem ser empreendidas

- ▶ O governo deve implementar um programa de incentivo à redução do consumo de óleo diesel nos setores de transportes, agropecuário e energético, substituindo-o pelo biodiesel e por outros energéticos mais eficientes e/ou renováveis produzidos em Mato Grosso, considerando as oportunidades de avanços na matriz energética mato-Grossense
- ▶ Incentivar a produção de etanol e biodiesel é um imperativo de ação de governo, tanto por razões ambientais, quanto no aspecto comercial, além da possibilidade de produzir combustível líquido renovável local gerando empregos e renda
- ▶ Viabilizar a aplicação de parcela de recursos de P&D das concessionárias, em caráter mandatário, para implantação e aumento de sistemas de energia baseados à biomassa dos resíduos, visando à criação e absorção de tecnologia voltada para a melhoria da eficiência e qualidade ambiental, racionalização do uso dos recursos energéticos e ambientais, incentivo à pesquisa científica e tecnológica



Obrigado!
ivo_dorileo@ufmt.br