



Instituto de Energia e Ambiente - IEE
Universidade de São Paulo - USP
Prof. Célio Bermann

Instituto de Energia e Ambiente da USP

Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da USP

IEE 0005 - Produção e Consumo de Combustíveis e o Meio Ambiente

7a. aula: Biodiesel: produção a partir de óleos vegetais - principais fontes matérias primas, processos de produção, qualidade dos óleos vegetais, propriedades, principais usos

- Características básicas
- Aspectos ambientais

Processos biológicos:

- digestão anaeróbica com a produção de gás metano
- fermentação de açúcares (cana-de-açúcar) para produção de etanol
- hidrólise (sacarificação) da madeira e resíduos vegetais seguida de fermentação dos açúcares para produção de etanol

Biomassas com alto conteúdo de óleo vegetal:

para produção de biodiesel:

- babaçu
- dendê (palm oil)
- soja
- mamona

Biodiesel é uma denominação genérica para combustíveis produzidos a partir de óleos vegetais e gorduras animais para serem usados em motores de ignição por compressão, conhecidos como motores diesel. Além disso, o biodiesel pode ser usado em usinas termelétricas para geração de energia elétrica, em substituição do diesel e do óleo combustível. Atualmente, apenas o diesel vegetal obtido pelo processo de transesterificação tem recebido o nome de “biodiesel”, pois esse processo garante que o produto resultante mantenha características de combustão similares das do diesel mineral, o que não ocorre com os outros processos.

O combustível é composto de mono-alquil-ésteres de ácidos graxos de cadeia longa obtidos a partir do processo de transesterificação de óleos vegetais ou gordura animal com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol.

Características de alguns vegetais com potencial para produção de biodiesel

Espécie	Origem do óleo	Conteúdo de óleo (%)	Rendimento em óleo (t/ha)
Dendê (<i>Elaeis guineensis</i> N.)	Amêndoa	26	3,0-6,0
Babaçu (<i>Attalea speciosa</i> M.)	Amêndoa	66	0,4-0,8
Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	Grão	38-48	0,5-1,5
Canola (<i>Brassica campesttris</i>)	Grão	40-48	0,5-0,9
Mamona (<i>Ricinus communis</i>)	Grão	43-45	0,5-1,0
Amendoim (<i>Arachis ipogaea</i>)	Grão	40-50	0,6-0,8
Soja (<i>Glycine max</i>)	Grão	17	0,2-0,6
Pinhão manso (<i>Jatropha curca</i> L.)	Amêndoa	52-62	2,0-4,0

Fonte: Adaptado de Macedo, Nogueira (2005) ; Arruda *et al.* (2004)

* Essa variação em relação aos meses de colheita deve-se à origem das plantas, pois aquelas oriundas de sementes atingem idade produtiva após quatro anos; já as provenientes de estacas começam a produzir no segundo ano.

Obs: No Brasil, as alternativas para a produção de óleos vegetais são diversas, e incluem o nabo forrageiro, o pequi, o buriti, a macaúba além de uma grande variedade de oleaginosas a serem exploradas.



PLANTAÇÃO DE DENDÊ (PALMA AFRICANA / OIL PALM)



CACHOS DE DENDÊ



Semente do Óleo de Palma

Disponível em: <http://www.saflora.lt/images/cms/images/Close-up-palm-oil-fruit.jpg>



A fruta da Palma contém dois tipos de óleo: óleo de palma (combustível), obtido do mesocarpio ou da polpa da fruta, e o óleo de palmiste (produtos cosméticos), obtido da semente da fruta. O óleo de palmiste tem um alto valor comercial.



PLANTAÇÃO DE SOJA



SEMENTES DE SOJA

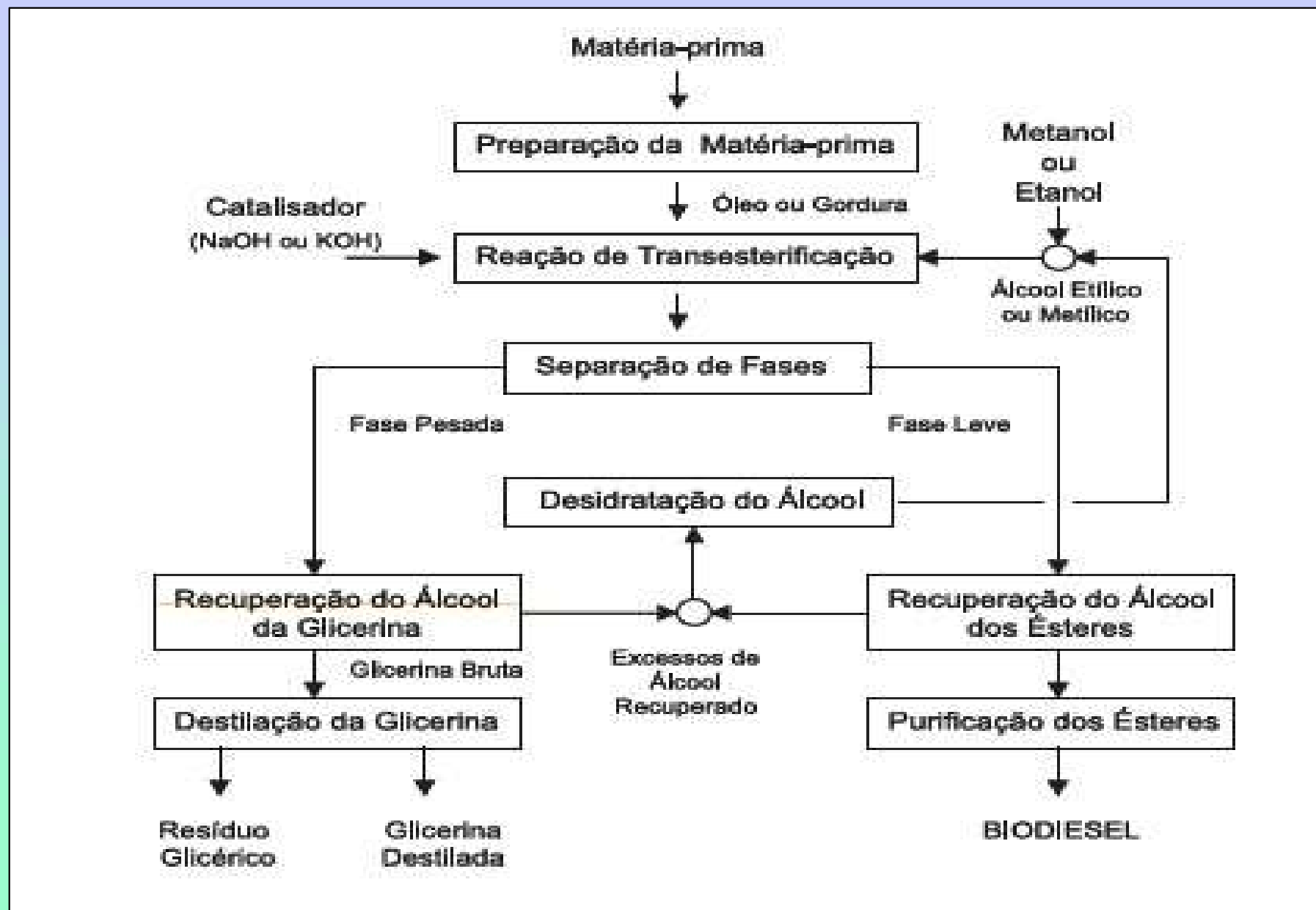


JATROPHA OU PINHÃO MANSO

A conversão de óleos vegetais e gorduras vegetais ou animais em combustíveis pode ser feita por meio dos processos de transesterificação ou craqueamento. Porém, a literatura mundial tem definido biodiesel somente como o biocombustível obtido a partir da reação de transesterificação.

A transesterificação consiste na reação química de triglicerídeos (óleos e gorduras vegetais ou animais) em que os ácidos graxos formam ésteres com o glicerol a partir de álcoois (metanol ou etanol), na presença de um catalisador (ácido, base ou enzimático), resultando na substituição do grupo éster do glicerol pelo grupo do etanol ou metanol. O glicerol é um subproduto da reação.

Processo de obtenção de biodiesel a partir da transesterificação



Os catalisadores básicos mais empregados são o hidróxido de potássio (KOH) e o hidróxido de sódio (NaOH). O metóxido de sódio (MeONa) também é empregado, e é considerado o melhor catalisador, porém é mais caro. As grandes plantas de produção de biodiesel da Europa e dos Estados Unidos utilizam esse tipo de catalisador. Porém, os catalisadores básicos de um modo geral, devido à formação de sabões, são associados à presença de emulsões no final da reação, tornando mais difícil a etapa de purificação do biodiesel.

Os catalisadores ácidos, como o ácido sulfúrico (H_2SO_4), evitam a formação de sabões, mas estão associados à corrosão e apresentam atividades catalíticas muito inferiores às aquelas verificadas nos sistemas básicos. São cerca de 100 vezes mais lentos.

Os catalisadores enzimáticos oferecem vantagens frente aos catalisadores ácidos e básicos, pois não estão associados à corrosão, além de possibilitarem uma melhor recuperação do catalisador e melhor separação do biodiesel, por não produzirem emulsões. Porém, o alto custo desses catalisadores aliado à sua rápida desativação na presença de álcoois tem inviabilizado seu uso em escala comercial.

Um dos desafios tecnológicos para a indústria de biodiesel é a busca de sistemas catalíticos alternativos que evitem a formação de emulsões e apresentem alta atividade, permitindo uma redução do tempo do processo.

Um dos rejeitos do processo de produção do biodiesel é a glicerina. Ela possui um valor de mercado que pode tornar o biocombustível ainda mais atraente do ponto de vista econômico. Entretanto, há grande incerteza quanto ao que ocorrerá com uma oferta excessiva no mercado de glicerina. Em média, para cada 90 m³ de biodiesel são produzidos 10 m³ de glicerina. É utilizada notadamente na produção de cosméticos, fármacos, sabões e sabonetes.

O processo de obtenção do biodiesel a partir da reação de transesterificação pode ser realizado por duas rotas tecnológicas diferentes: a rota etílica (que utiliza o etanol como reagente) e a metílica (que utiliza o metanol).

No mundo (na Europa e nos Estados Unidos, inclusive), há predominância de transesterificação pela rota metílica, pois a reação via metanol é mais econômica que a via etanol por conta da disponibilidade daquele álcool.

No entanto, além de ser tóxico, o metanol é produzido a partir de gás natural (combustível de origem fóssil) ou, em menores quantidades, por destilação seca da madeira. No caso do Brasil, em particular, o metanol teria de ser importado.

O etanol apresenta a vantagem de não ser tóxico, ser biodegradável e ser produzido a partir de fontes renováveis (cana-de-açúcar).

Comparação entre as rotas metílica e etílica

Quantidade e condições usuais médias aproximadas	Rotas de Processo	
	Metílica	Etílica
Quantidade consumida de álcool (Kg) por de biodiesel	90	130
Preço médio do álcool (US\$/m ³)	190	360
Excesso recomendado de álcool recuperável, por destilação, após a reação	100%	650%
Temperatura recomendada da reação	60°C	85°C
Tempo de reação (minutos)	45	60

Fonte: PARENTE, E.J.S. Uma aventura tecnológica num país engraçado, Ceará, 2003.

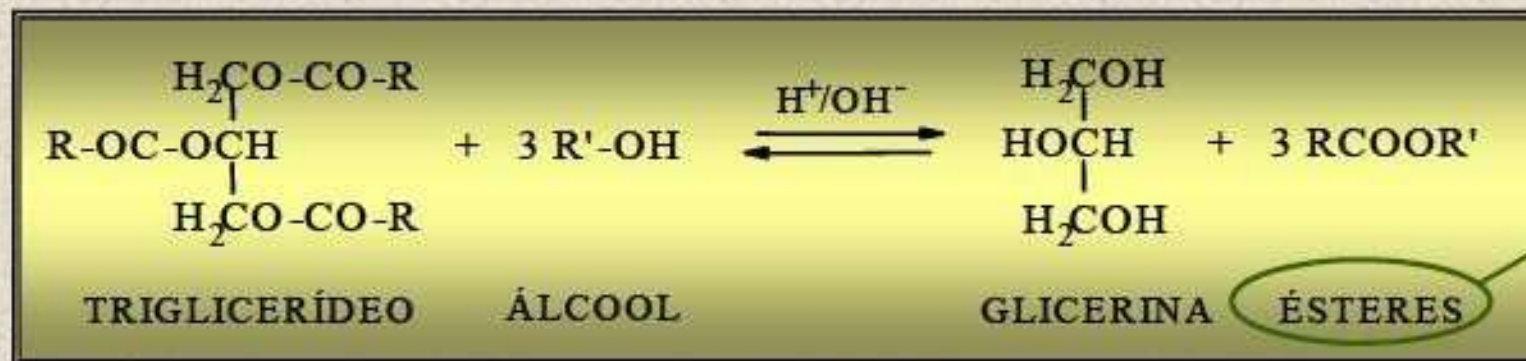
Disponível em: <http://www.tecbio.com.br>.

Nota: A primeira patente mundial de biodiesel foi obtida no Brasil, em 1980, pelo professor doutor Expedito Parente, da Universidade Federal do Ceará. No entanto, o processo de industrialização do biodiesel foi iniciado apenas na Europa nos anos 1990, sendo este hoje o principal mercado produtor e consumidor de biodiesel puro ou misturado com óleo diesel.

Na produção de biodiesel pela tecnologia da reação de transesterificação, óleos vegetais e/ou gorduras animais são inicialmente convertidos a ácidos graxos, na presença de um álcool (metanol ou etanol) e de um catalisador alcalino (NaOH ou KOH), e finalmente transformados em outros ésteres, tendo como sub-produto o glicerol (glicerina), segundo os esquemas reacionais abaixo.



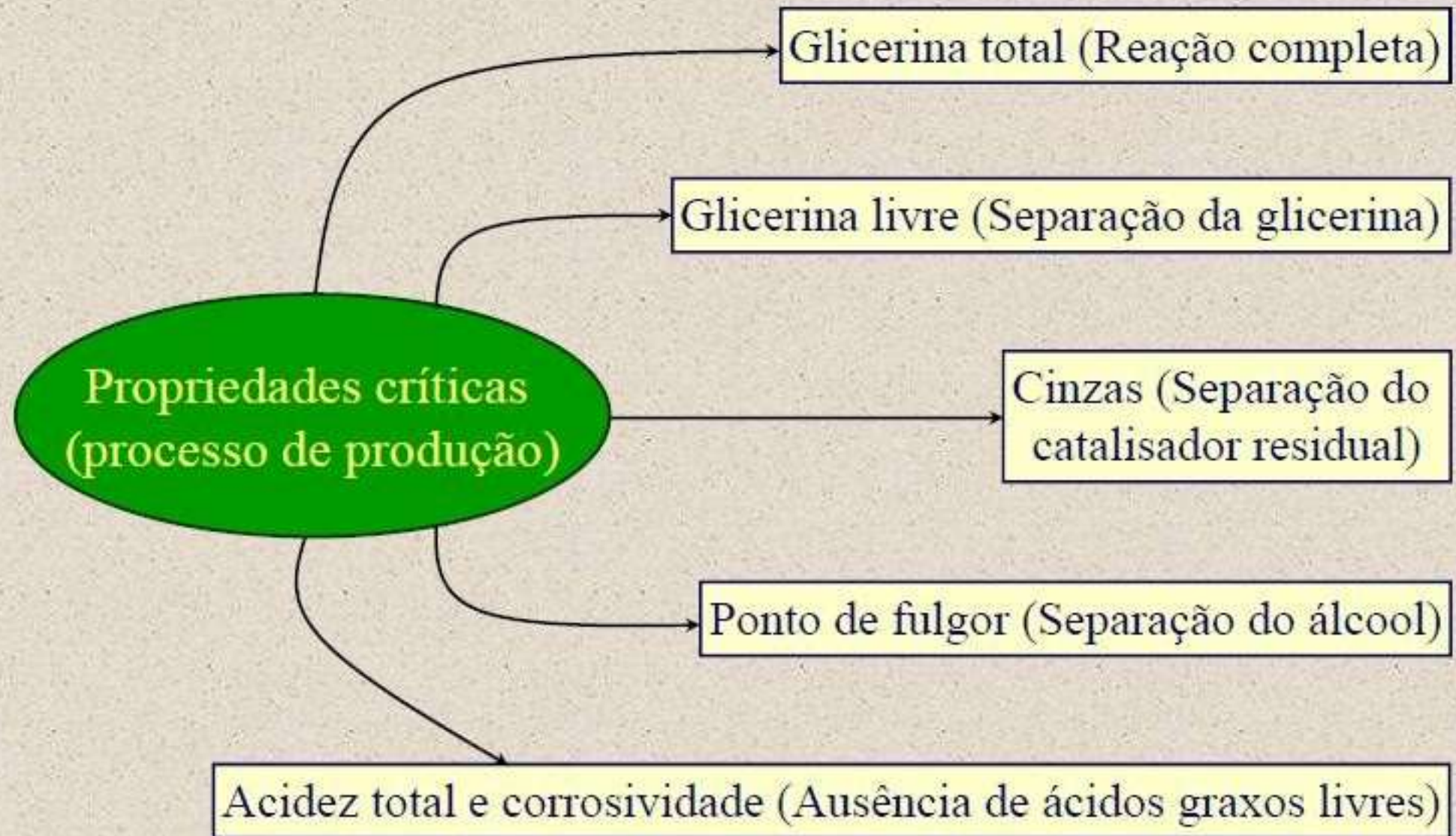
Biodiesel



- ★ A reação deve prosseguir até mono-alquilação completa do éster, com formação de glicerina total (livre ou ligada);
- ★ A glicerina livre deve ser efetivamente removida;
- ★ O catalisador residual deve ser eliminado, e seu teor pode ser determinado através de testes de cinzas sulfatadas e de teores de sódio e potássio;
- ★ O excesso de álcool deve também ser removido, e seu teor pode ser avaliado através de ensaios de ponto de fulgor e teor de álcool;
- ★ Ácidos graxos livres devem estar ausentes no produto final. Sua presença é indicada por testes de índice de acidez e corrosividade ao cobre.

- ★ O teor de glicerina livre ou ligada estimula a ocorrência de reações de desidratação durante a combustão, gerando acroleína, que, através de reações de condensação, proporciona aumento de depósitos de carbono no motor;
- ★ Sabões e ácidos graxos livres acarretam a degradação de componentes do motor;
- ★ A umidade interfere na acidez do éster e provoca sua hidrólise sob condições inadequadas de estocagem;
- ★ Resíduos de carbono aumentam a tendência do combustível em formar depósitos e relacionam-se à presença de ácidos graxos livres, glicerídeos, sabões, polímeros, ácidos graxos altamente insaturados e impurezas inorgânicas.

- ★ A qualidade de ignição do biodiesel é semelhante à do óleo diesel, pois apresenta altos valores de número de cetano, devido a sua composição de substâncias com longas cadeias lineares e saturadas, provenientes das moléculas de ácidos graxos;
- ★ O alto teor de ácidos graxos saturados afeta a tendência do biodiesel em solidificar-se (definindo o ponto de entupimento de filtro a frio). A temperatura de utilização deve ser a mais alta possível, sem afetar sua qualidade, a fim de evitar aumento da viscosidade e cristalização dos ésteres;
- ★ O alto teor de ácidos graxos insaturados pode resultar na formação de depósitos pela degradação oxidativa do biodiesel, resultando menor desempenho, aumento da susceptibilidade à corrosão e diminuição da vida útil dos motores.
- ★ A otimização da produção depende de fatores como a razão molar álcool:óleo, a concentração e o tipo do catalisador, a acidez da matéria-prima e a temperatura e agitação do meio reacional.



Craqueamento Catalítico ou Térmico

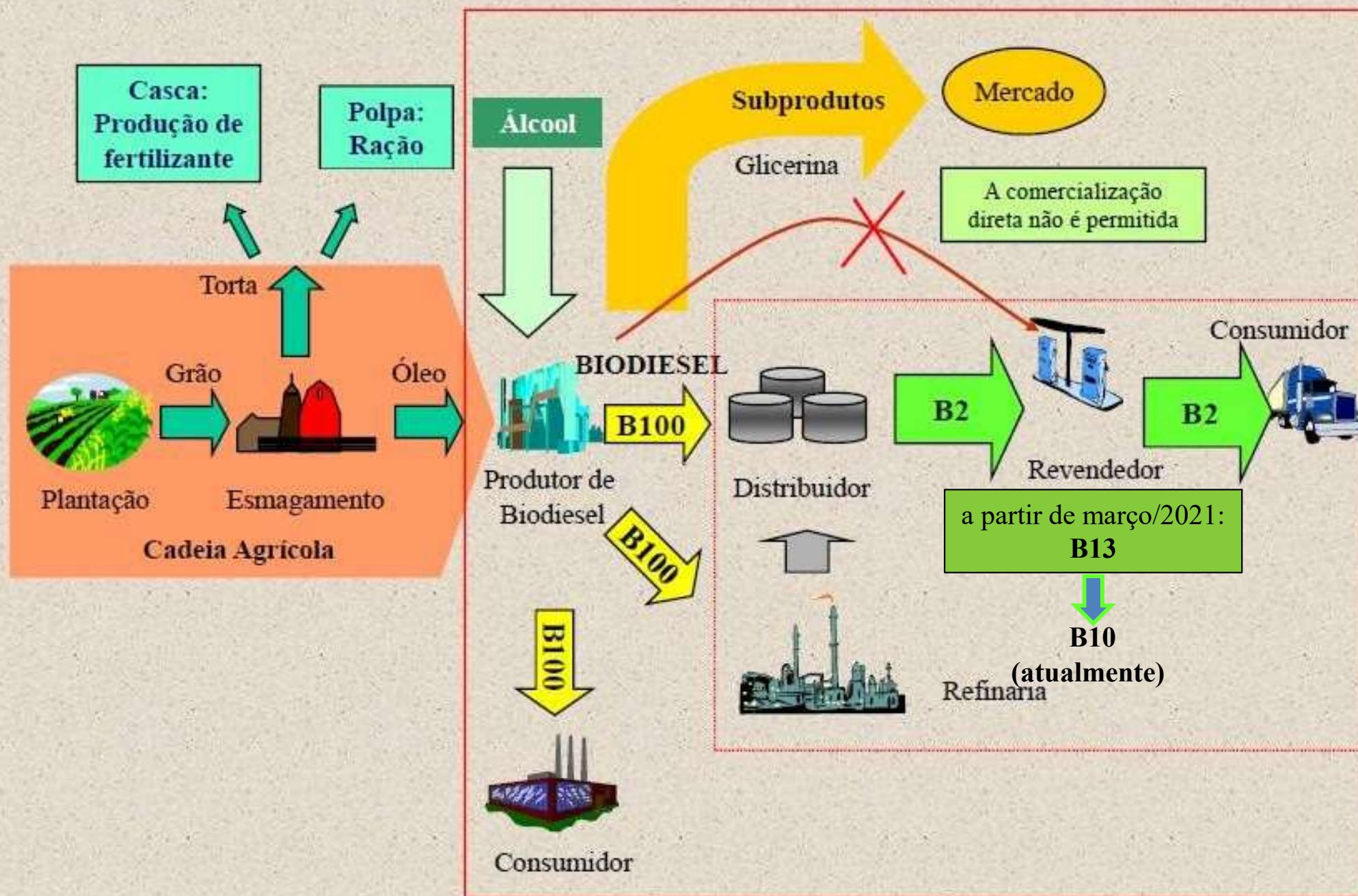
O processo de craqueamento catalítico ou térmico consiste na quebra de moléculas do óleo vegetal ou animal levando à formação de uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do diesel de petróleo. Esse composto pode ser usado diretamente em motores convencionais.

A reação de conversão do óleo em outro composto é realizada pelo aquecimento da substância na ausência de ar ou oxigênio a temperaturas que podem chegar a 450 °C. Esse processo de pirólise pode ser auxiliado por um catalisador, para a quebra das ligações químicas, de modo a dar origem a moléculas menores. Catalisadores típicos para serem empregados na pirólise são o óxido de silício (SiO_2) e o óxido de alumínio (Al_2O_3).

Craqueamento Catalítico ou Térmico

O craqueamento tem sido investigado há mais de 100 anos, sobretudo em países com pequenas reservas de petróleo. Durante as grandes guerras mundiais foi pesquisado como uma alternativa ao petróleo.

No Brasil, pesquisadores do Instituto de Química da Universidade de Brasília (IQ/UnB) desenvolveram uma unidade de craqueamento térmico para a produção em pequena escala de diesel vegetal. O desenvolvimento desse projeto, financiado pela Embrapa, tem como objetivo construir um equipamento de baixo custo para que comunidades isoladas tenham a capacidade de produzir seu próprio combustível.



Evolução do percentual de teor de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil:

- Nov/2005 a Fev/2007 - Facultativo
- Nov/2007 - 2%
- Jul/2008 - 3%
- Jul/2009 - 4%
- Jan/2010 - 5%
- Ago/2014 - 6%
- Nov/2014 - 7%
- Mar/2017 - 8%
- Mar/2018 - 10%
- Mar/2019 - 11%
- Mar/2020 - 12%
- Mar/2021 - 13%
- Mar/2022 - 10%
- Abr/2023 - 12%

Misturas de diesel de petróleo com biodiesel adequadamente especificado, em teores de até 20%, podem ser empregadas em motores convencionais sem qualquer ajuste ou modificação, não acarretando problemas operacionais ou de desempenho.

Todos os fabricantes de motores mantêm a garantia de seus equipamentos quando estes operam com B20 (mistura de diesel com 20% de biodiesel). Porém, tais condições pressupõem o atendimento das especificações definidas pela ANP.

A especificação do biodiesel para o uso comercial é feita pela ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis que é também a instituição responsável pela fiscalização.

RESOLUÇÃO ANP Nº 7, DE 19.3.2008

Estabelece a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional.

Parágrafo único. O biodiesel deverá ser adicionado ao óleo diesel na proporção de 5%, em volume, a partir de 1º de janeiro de 2010.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE
Aspecto	-	LII (1)
Massa específica a 20° C	kg/m³	850-900
Viscosidade Cinemática a 40°C	Mm²/s	3,0-6,0
Teor de Água, máx. (2)	mg/kg	500
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24
Ponto de fulgor, mín. (3)	°C	100,0
Teor de éster, mín	% massa	96,5
Resíduo de carbono (4)	% massa	0,050
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020
Enxofre total, máx.	mg/kg	50
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5
Fósforo, máx.	mg/kg	10
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx.	-	1
Número de Cetano (5)	-	Anotar
Ponto de entupimento de filtro a frio,máx.	°C	19 (7)
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02
Glicerol total, máx.	% massa	0,25
Mono, di, triacilglicerol (5)	% massa	Anotar
Metanol ou Etanol, máx	% massa	0,20
Índice de lodo (5)	g/100g	Anotar
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín.(2)	h	6

Nota:

(1) Límpido e isento de impurezas com anotação da temperatura de ensaio.

(2) O limite indicado deve ser atendido na certificação do biodiesel pelo produtor ou importador.

(3) Quando a análise de ponto de fulgor resultar em valor superior a 130°C, fica dispensada a análise de teor de metanol ou etanol.

(4) O resíduo deve ser avaliado em 100% da amostra.

(5) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil.

(6) Poderá ser utilizado como método alternativo o método ASTM D6890 para número de cetano.

(7) O limite máximo de 19°C é válido para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Bahia, devendo ser anotado para as demais regiões. O biodiesel poderá ser entregue com temperaturas superiores ao limite supramencionado, caso haja acordo entre as partes envolvidas. Os métodos de análise indicados não podem ser empregados para biodiesel oriundo apenas de mamona.

(8) Os métodos referenciados demandam validação para as matérias-primas não previstas no método e rota de produção etílica.

Tabela 99 – Série histórica de produção, área plantada e produtividade de mamona no Brasil

Table 99 – Castorbean production, planted area and productivity in Brazil

Safra Harvest	Produção (mil toneladas) Production (thousand tons)	Área (mil hectares) Planted area (thousand ha)	Produtividade (kg/ha) Productivity (kg/ha)
2004/05	210	215	975
2005/06	104	148	703
2006/07	94	156	602
2007/08	123	163	758
2008/09	93	158	587
2009/10	101	158	637
2010/11	141	219	644
2011/12	25	128	193
2012/13	16	87	180
2013/14	61	103	588

Fonte (source): Mapa/Conab

Fonte: MAPA/SPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Produção e Agroenergia.
Anuário Estatístico da Agroenergia: 2014, 2015.

Figura: Distribuição da produção de mamona no Brasil em 2009.

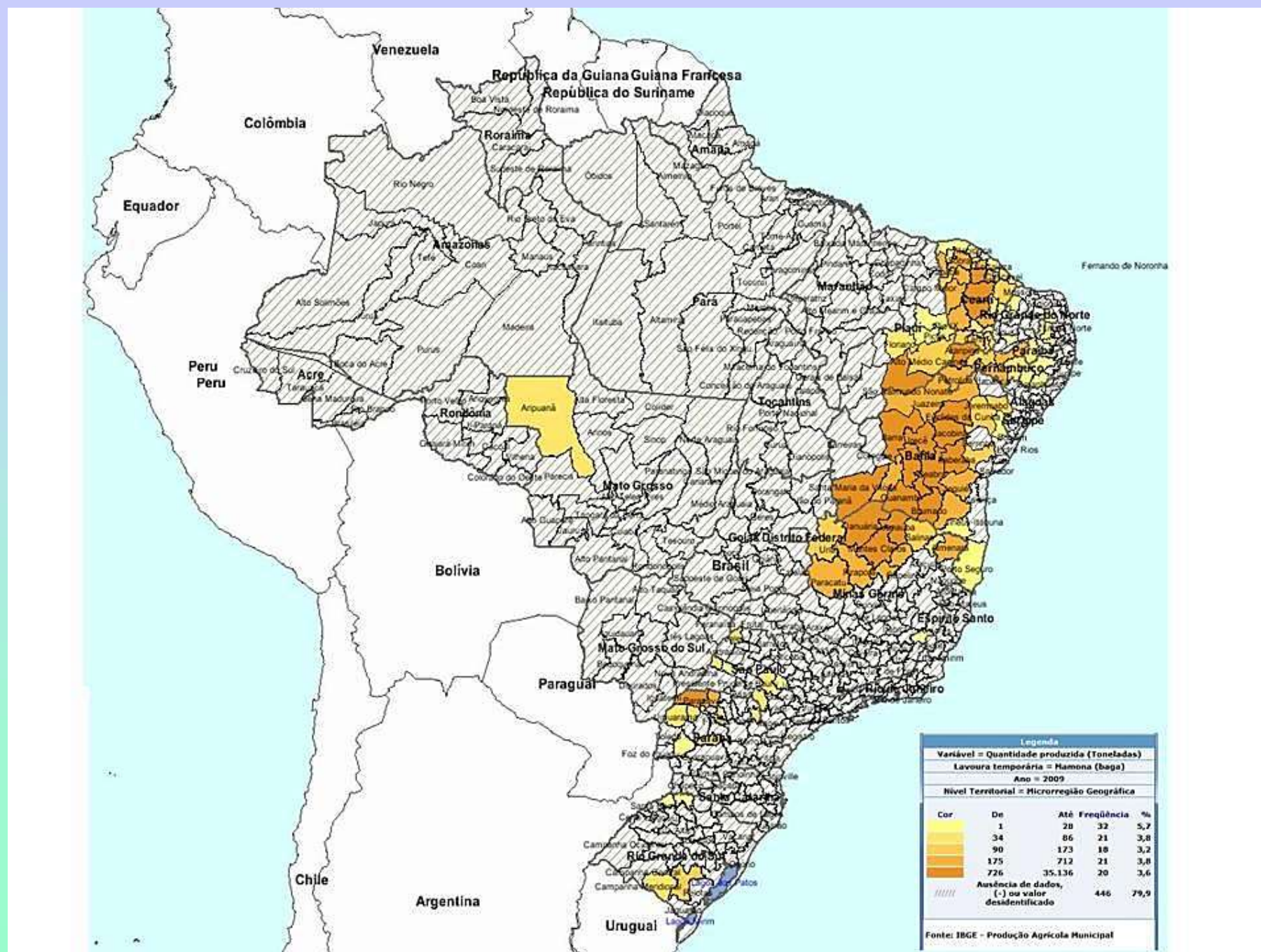
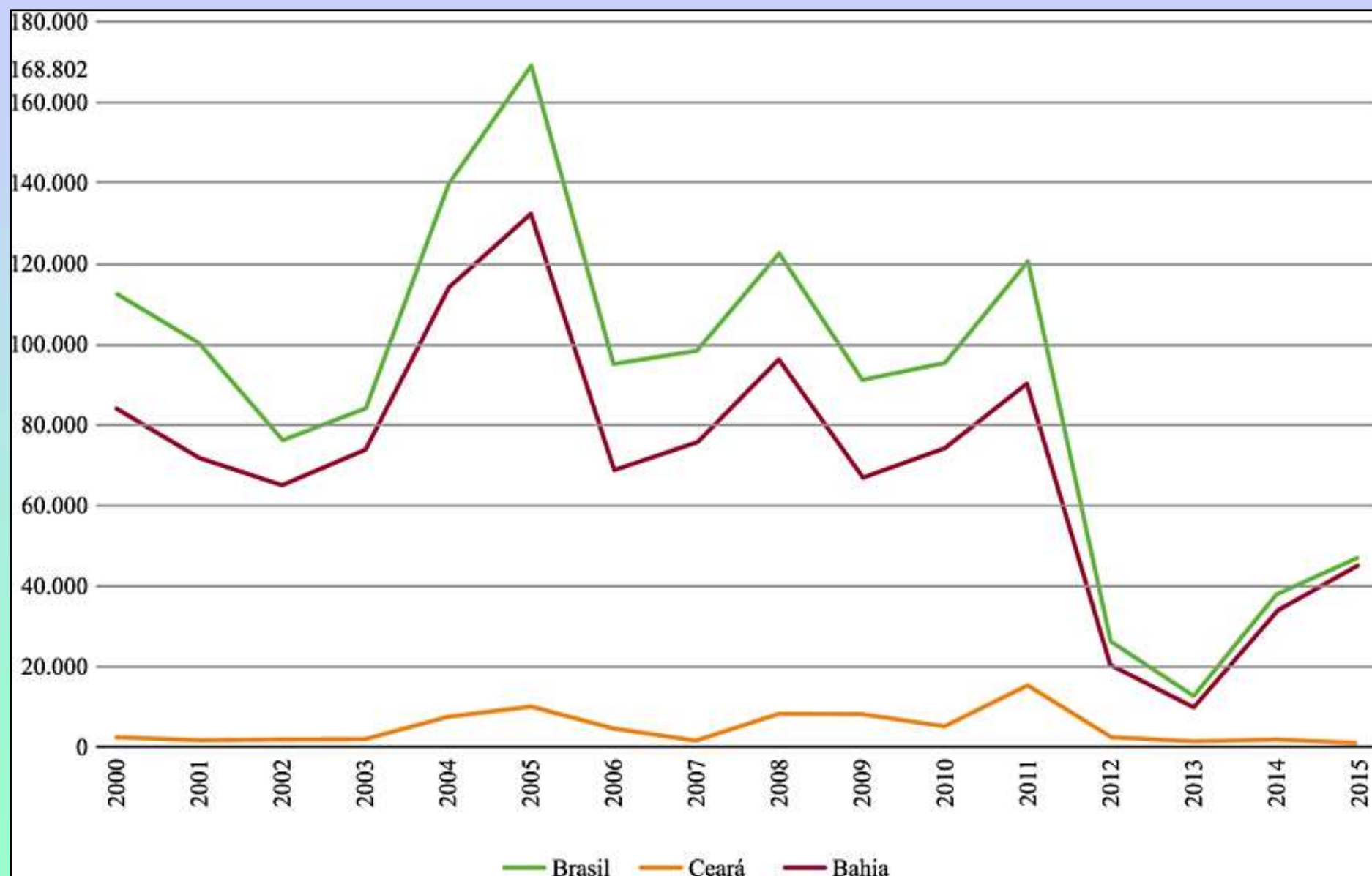


Figura: Produção de Mamona no Brasil, na Bahia e no Ceará, no período de 2000 a 2015



Fonte: Borba, M. M.; Ferreira, M. D. P. Variação da renda dos agricultores familiares e a competição por área agrícola no contexto do PNPB na Bahia e no Ceará. Revista econômica do Nordeste 50(2), p. 163-181, agosto/2019.



RESOLUÇÃO ANP Nº 7, DE 19.3.2008

Estabelece a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional.

Parágrafo único. O biodiesel deverá ser adicionado ao óleo diesel na proporção de 5%, em volume, a partir de 1º de janeiro de 2010.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE
Aspecto	-	LII (1)
Massa específica a 20° C	kg/m ³	850-900
Viscosidade Cinemática a 40°C	Mm ² /s	3,0-6,0
Teor de Água, máx. (2)	mg/kg	500
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24
Ponto de fulgor, mín. (3)	°C	100,0
Teor de éster, mín	% massa	96,5
Resíduo de carbono (4)	% massa	0,050
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020
Enxofre total, máx.	mg/kg	50
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5
Fósforo, máx.	mg/kg	10
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx.	-	1
Número de Cetano (5)	-	Anotar
Ponto de entupimento de filtro a frio,máx.	°C	19 (7)
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02
Glicerol total, máx.	% massa	0,25
Mono, di, triacilglicerol (5)	% massa	Anotar
Metanol ou Etanol, máx	% massa	0,20
Índice de Iodo (5)	g/100g	Anotar
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín.(2)	h	12

Nota:

(1) Límpido e isento de impurezas com anotação da temperatura de ensaio.

(2) O limite indicado deve ser atendido na certificação do biodiesel pelo produtor ou importador.

(3) Quando a análise de ponto de fulgor resultar em valor superior a 130°C, fica dispensada a análise de teor de metanol ou etanol.

(4) O resíduo deve ser avaliado em 100% da amostra.

(5) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil.

(6) Poderá ser utilizado como método alternativo o método ASTM D6890 para número de cetano.

(7) O limite máximo de 19°C é válido para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Bahia, devendo ser anotado para as demais regiões. O biodiesel poderá ser entregue com temperaturas superiores ao limite supramencionado, caso haja acordo entre as partes envolvidas. Os métodos de análise indicados não podem ser empregados para biodiesel oriundo apenas de mamona.

(8) Os métodos referenciados demandam validação para as matérias-primas não previstas no método e rota de produção etílica.

O número de cetano e a estabilidade à oxidação são parâmetros que merecem destaque, sobretudo em climas quentes, na medida em que é relevante assegurar que, mesmo depois de algumas semanas armazenado em condições normais, o biodiesel mantenha sua adequada especificação.

Estabilidade à oxidação: O biodiesel é suscetível à oxidação quando exposto ao ar e o processo de oxidação deteriora a qualidade do combustível, podendo resultar em elevada acidez e viscosidade, formação de gomas e sedimentos, e consequentemente entupimento dos filtros. A composição do óleo vegetal utilizado como matéria-prima em termos de ácidos graxos é um fator importante na determinação da estabilidade à oxidação. O índice à oxidação é conhecido como PI. Trata-se de um parâmetro comparativo muito utilizado para controle de qualidade de matérias-primas e de processo para se avaliar diferentes tipos de óleo, alterações na composição de ácidos graxos, eficiência na adição de antioxidantes, entre outros.

Número de cetano: O número de cetano mede a qualidade de ignição de um combustível para máquina diesel e tem influência direta na partida do motor e no seu funcionamento sob carga. Baixos valores de índice de cetano acarretam dificuldades de partida a frio, depósito nos pistões e mau funcionamento do motor. Valores altos de índice de cetano apresentam as seguintes influências: facilita a partida a frio do motor; permite aquecimento mais rápido do motor; reduz a possibilidade de erosão dos pistões; impede a ocorrência de pós-ignição; possibilita funcionamento do motor com baixo nível de ruído; minimiza a emissão de poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado.

A relação entre a eficiência dos motores e o uso de biodiesel parece ainda não estar bem definida no meio científico-tecnológico. Entretanto, estudos preliminares feitos na Europa indicam que a mistura de até 20% do biodiesel não representa perdas de eficiência no rendimento dos motores de combustão interna.

Knothe *et al.* (2003) e Korus *et al.* (2002) realizaram testes com uma mistura de 20% de biodiesel no diesel usado em ônibus e outros veículos pesados. Verificaram uma pequena diminuição da performance dos motores, indicada por um pequeno aumento no consumo de combustível e pela diminuição de 2% a 5% no rendimento do motor.

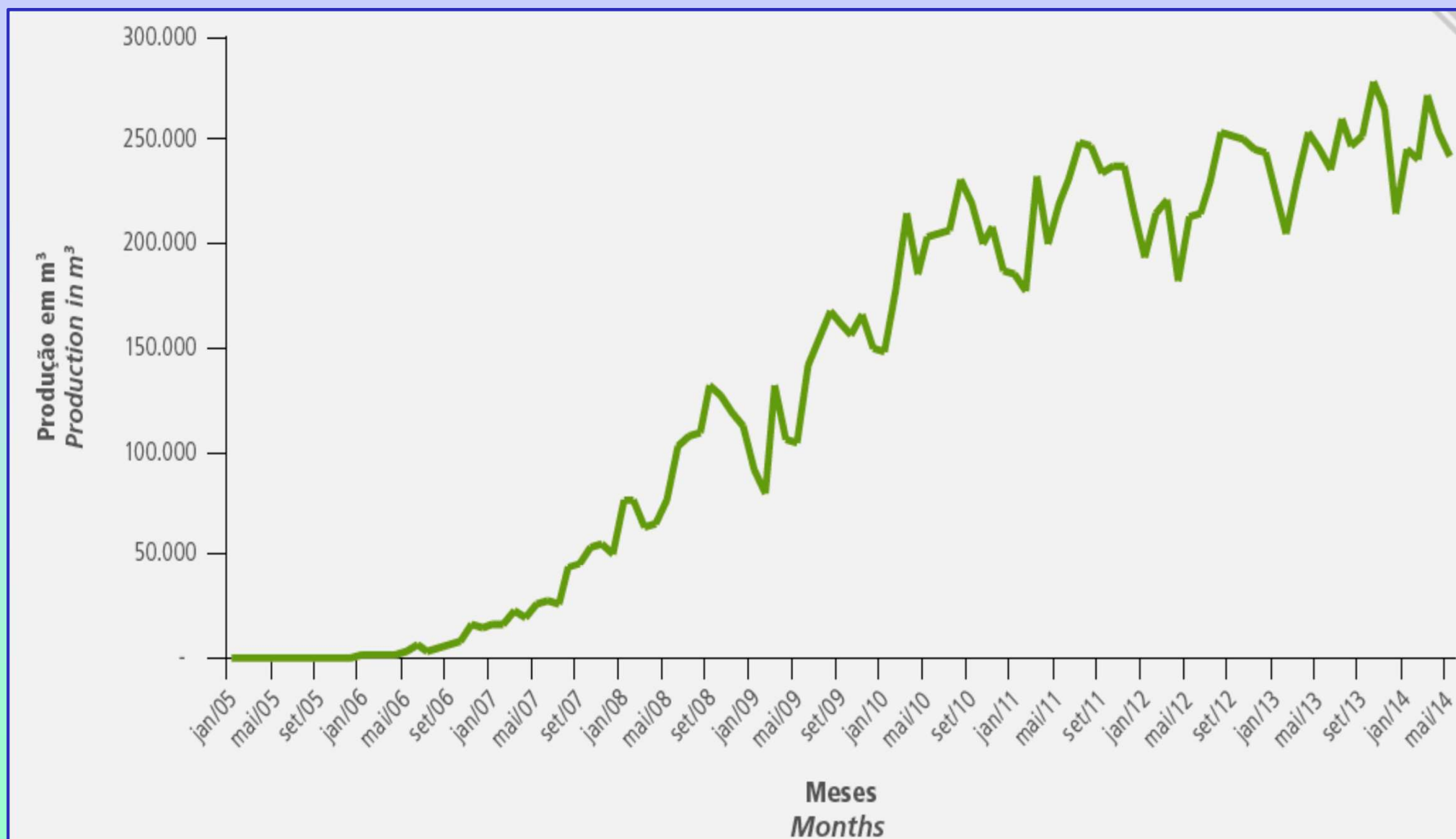
KNOTHE, G.; DUNN, R. O.; BAGBY, M.O. Biodiesel:the use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuel. National Center for Agricultural Utilization Reaserch, Peoria, 2003.

KORUS, R.A.; HOFFMAN D.S.; BAN, N.; PETERSON, S.L. Transterification process to manufacture ethyl ester of rape oil. Department of Chemical Engineering, Universidade of Idaho, Moskow, 2002.

Nota: relação de equivalência de 0,919 do biodiesel comparado com o diesel mineral, em termos de poder calorífico.

Cf. ENERS (2010), biodiesel possui uma média de 0,792 tep/1.000 litros, enquanto que o diesel mineral possui uma média de 0,862 tep/1.000 litros.

Produção mensal de biodiesel no Brasil, em m³



Fonte: MAPA/SPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Produção e Agroenergia.
Anuário Estatístico da Agroenergia: 2014, 2015.

Produção de biodiesel no Brasil, em m³

Meses	Anos									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Janeiro <i>January</i>	0	1.075	17.109	76.784	90.352	147.435	186.327	193.006	226.505	245.215
Fevereiro <i>February</i>	0	1.043	16.933	77.085	80.224	178.049	176.783	214.607	205.738	240.529
Março <i>March</i>	8	1.725	22.637	63.680	131.991	214.150	233.465	220.872	230.752	271.839
Abril <i>April</i>	13	1.786	18.773	64.350	105.458	184.897	200.381	182.372	253.591	253.224
Mai <i>May</i>	26	2.578	26.005	75.999	103.663	202.729	220.484	213.021	245.934	242.526
Junho <i>June</i>	23	6.490	27.158	102.767	141.139	204.940	231.573	214.898	236.441	237.585
Julho <i>July</i>	7	3.331	26.718	107.786	154.557	207.434	249.897	230.340	260.671	
Agosto <i>August</i>	57	5.102	43.959	109.534	167.086	231.160	247.934	254.426	247.610	
Setembro <i>September</i>	2	6.735	46.013	132.258	160.538	219.988	233.971	252.243	252.714	
Outubro <i>October</i>	34	8.581	53.609	126.817	156.811	199.895	237.885	251.416	277.992	
Novembro <i>November</i>	281	16.025	56.401	118.014	166.192	207.868	237.189	245.321	265.176	
Dezembro <i>December</i>	285	14.531	49.016	112.053	150.042	187.856	216.870	244.962	214.364	
Total Ano <i>Total year</i>	736	69.002	404.329	1.167.128	1.608.053	2.386.399	2.672.760	2.717.483	2.917.488	1.490.918

Fonte (Source): ANP

Fonte: MAPA/SPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Produção e Agroenergia.
Anuário Estatístico da Agroenergia: 2014, 2015.

Produção brasileira de Biodiesel: 2012-2021

10³ m³											
FLUXO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	FLOW
PRODUÇÃO	2.717	2.917	3.420	3.937	3.801	4.291	5.350	5.924	6.432	6.766	PRODUCTION
VARIAÇÃO DE ESTOQUES, PERDAS E AJUSTES	36	-32	-29	8	-7	-42	33	-18	-2	35	STOCK VARIATIONS, LOSSES AND ADJUSTMENTS
CONSUMO TOTAL	2.754	2.885	3.391	3.946	3.794	4.250	5.383	5.906	6.430	6.801	TOTAL CONSUMPTION
TRANSFORMAÇÃO ¹	142	143	202	177	76	66	112	143	150	186	TRANSFORMATION ¹
CONSUMO FINAL ²	2.612	2.742	3.189	3.769	3.719	4.183	5.270	5.762	6.280	6.615	FINAL CONSUMPTION ²
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO ³	2.612	2.742	3.189	3.769	3.719	4.183	5.270	5.762	6.280	6.615	FINAL ENERGY CONSUMPTION ₃
COMERCIAL	1	0	0	0	1	1	3	4	4	5	COMMERCIAL
PÚBLICO	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	347	347	413	522	510	611	763	834	929	912	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES ⁴	2.202	2.326	2.694	3.154	3.120	3.477	4.386	4.796	5.200	5.538	TRANSPORTATION ⁴
RODOVIÁRIO	2.141	2.266	2.627	3.074	3.041	3.382	4.254	4.664	5.060	5.402	HIGHWAYS
FERROVIÁRIO	61	60	67	80	79	95	132	132	140	136	RAILROADS
INDUSTRIAL	62	68	81	92	88	94	118	128	147	159	INDUSTRIAL

¹ Geração de eletricidade.

² A partir de nov/2007 a mistura de 2% de biodiesel puro (B100) ao óleo diesel passou a ser obrigatória. Entre janeiro e junho de 2008 a mistura foi de 2%, entre julho de 2008 e junho de 2009 foi de 3% e entre julho e dezembro de 2009 foi de 4%. Mais recentemente, a partir de março de 2020 passou a 12%.

Gráfico 130 – Participação das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil, em porcentagem

Chart 130 – Share of raw materials used in biodiesel production in Brazil, in percentage

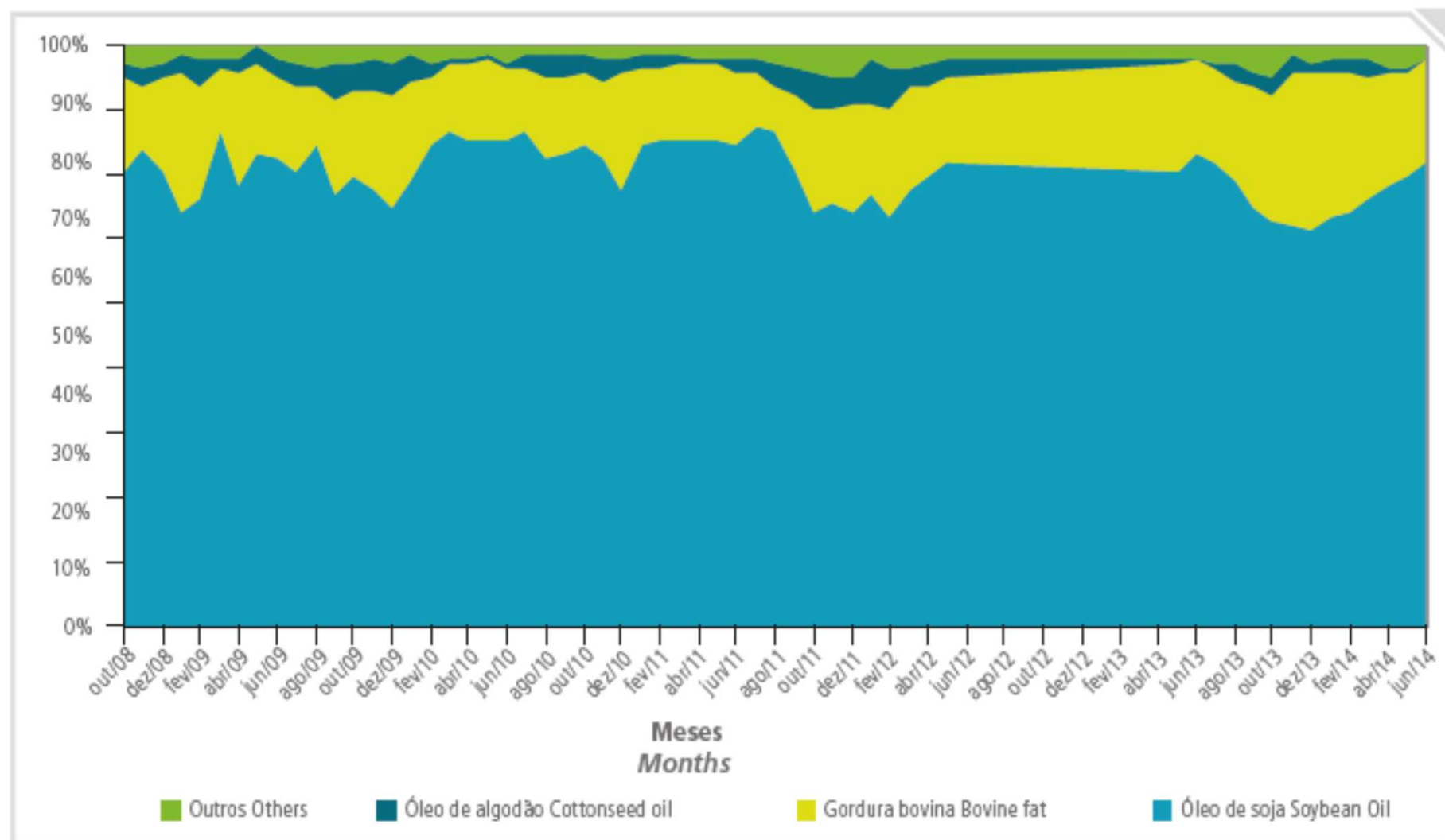
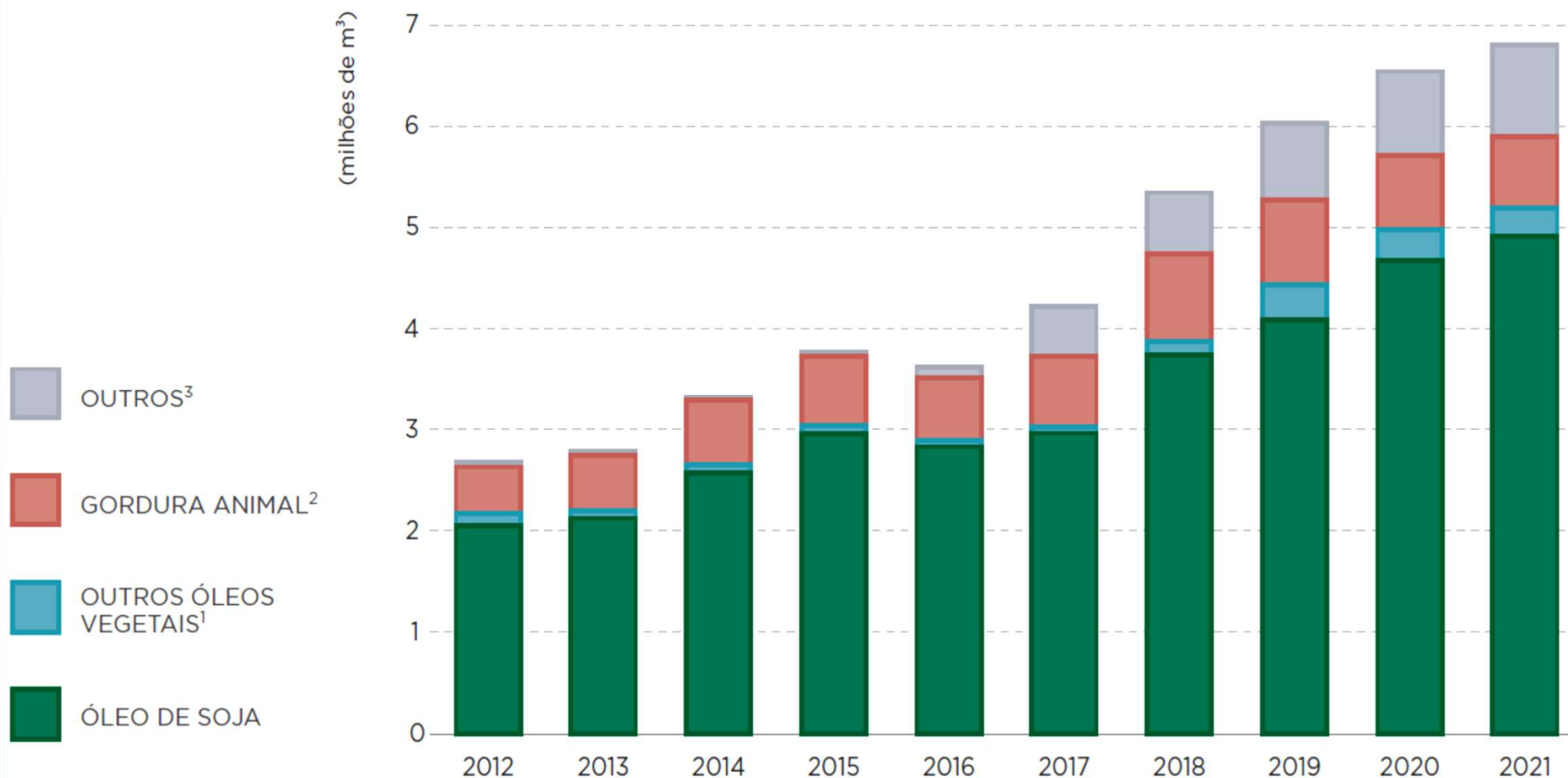


GRÁFICO 4.14. MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL (B100) - 2012-2021



FONTE: ANP/SPC (Tabela 4.13).

¹Inclui óleo de algodão, canola, girassol, macaúba, milho, palma e palmiste. ²Inclui gordura bovina, de frango e de porco. ³Inclui óleo de fritura usado e outros materiais graxos.

TABELA 4.13. MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL (B100) NO BRASIL - 2012-2021

MATÉRIAS-PRIMAS	MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL (B100) (M³)										21/20 %
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
TOTAL	2.677.384,38	2.788.962,79	3.324.008,98	3.767.987,25	3.625.224,00	4.221.271,23	5.346.755,19	6.035.806,27	6.542.333,00	6.806.324,26	4,04
Óleo de soja	2.050.371,20	2.123.488,13	2.573.331,10	2.960.686,66	2.828.765,29	2.964.245,87	3.743.316,19	4.087.804,33	4.677.523,00	4.907.872,51	4,92
Outros óleos vegetais ¹	124.045,56	72.779,53	72.196,28	76.411,06	60.752,66	54.371,36	128.858,00	350.192,76	297.144,00	280.710,92	-5,53
Gordura animal ²	454.626,54	549.849,79	640.453,56	687.991,71	620.180,63	715.273,00	862.505,00	831.631,61	737.834,00	714.242,29	-3,20
Outros ³	48.341,09	42.845,34	38.028,04	42.897,81	115.525,42	487.381,00	612.076,00	766.177,58	829.832,00	903.498,54	8,88

FONTE: ANP/SPC, conforme a Resolução ANP nº 729/2018.

¹Inclui óleo de algodão, canola, girassol, macaúba, milho, palma e palmiste. ²Inclui gordura bovina, de frango e de porco. ³Inclui óleo de fritura usado e outros materiais glaxos.

Em 2021, a soja continuou sendo a principal matéria-prima para a produção de biodiesel (B100), o equivalente a 72,1% do total, com um aumento de 4,9% em relação a 2020. Outros óleos vegetais representaram 4,1% da

demanda, após queda de 5,5%. A gordura animal foi responsável por 10,5%, com queda de 3,2%. Já as outras matérias-primas corresponderam a 13,3%, com um aumento de 8,8%.

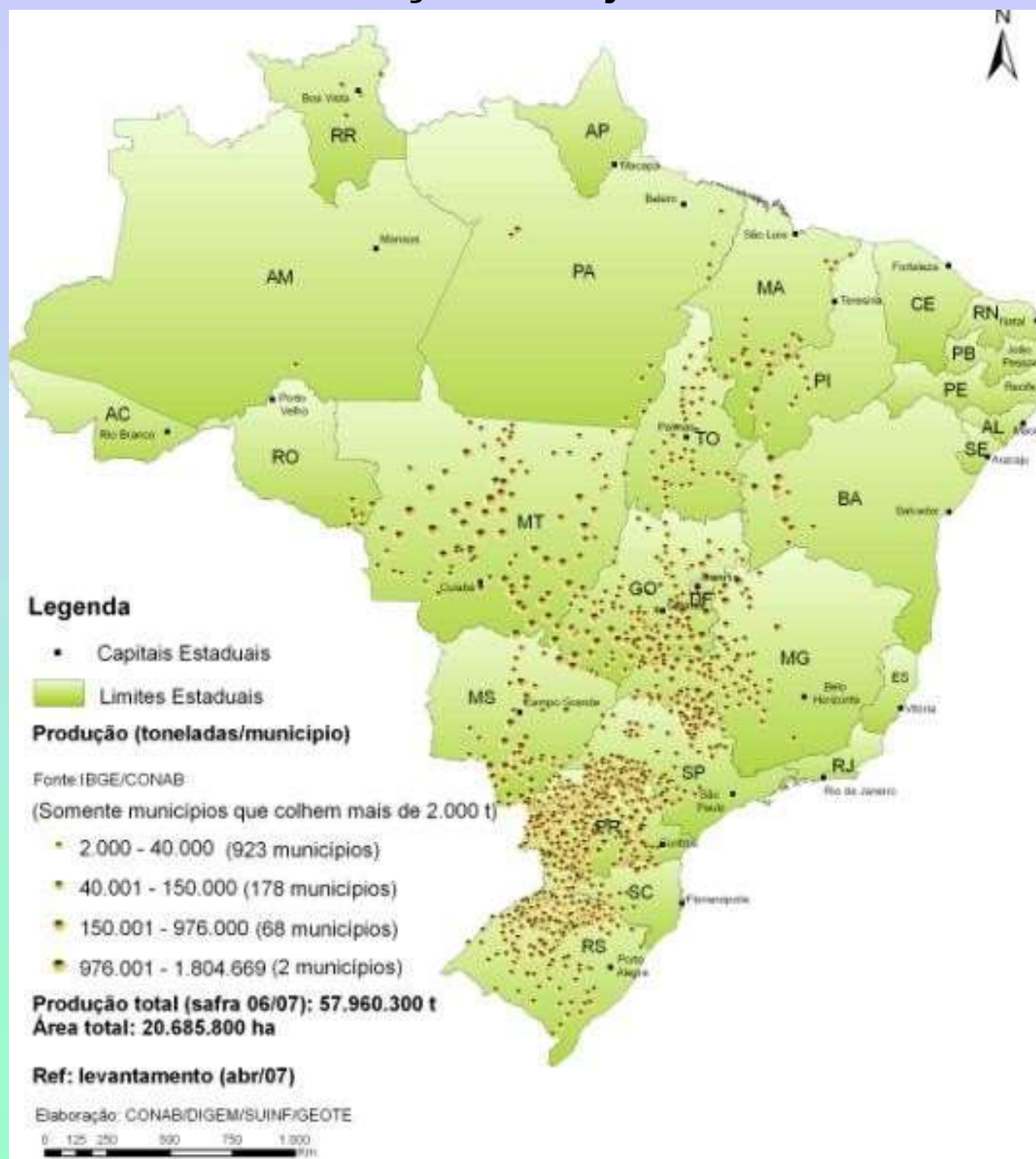
Evolução da produção, área plantada e produtividade da soja no Brasil – 1990 a 2014

Safra	Produção (milhões t)	Área Plantada (milhões ha)	Produtividade (kg/ha)
1990/91	15,39	9,7	1.580
1995/96	23,19	10,7	2.175
2000/01	38,43	14,0	2.751
2003/04	49,79	21,4	2.329
2005/06	55,03	22,7	2.419
2007/08	60,02	21,3	2.816
2008/09	57,63	21,56	2.674
2009/10	68,69	23,47	2.927
2010/11	75,32	24,18	3.115
2011/12	66,38	25,04	2.651
2012/13	81,50	27,74	2.938
2013/14	86,27	30,11	2.865

Safra	Produção (milhões t)	Área Plantada (milhões ha)	Produtividade (kg/ha)
2013/2014	86,27	30,11	2.865
2020/2021 ¹	135,41	38,50	3.517
2021/2022 ²	142,79	40,35	3.359

Fonte: ¹ EMBRAPA, Soja em números (safra 2020/21), com base em CONAB, 05/2021.

² CONAB, Acompanhamento: safra brasileira de grãos, v.9, 12/2021.





Fonte: <http://www.socioambiental.org/esp/soja.br>

Figura 1: Soja na Floresta Amazônica



Fonte: <http://www.socioambiental.org/esp/soja.br>

Figura 2: Trator encoberto pela poeira preparando o plantio, com floresta remanescente ao fundo em Canarana – MT.



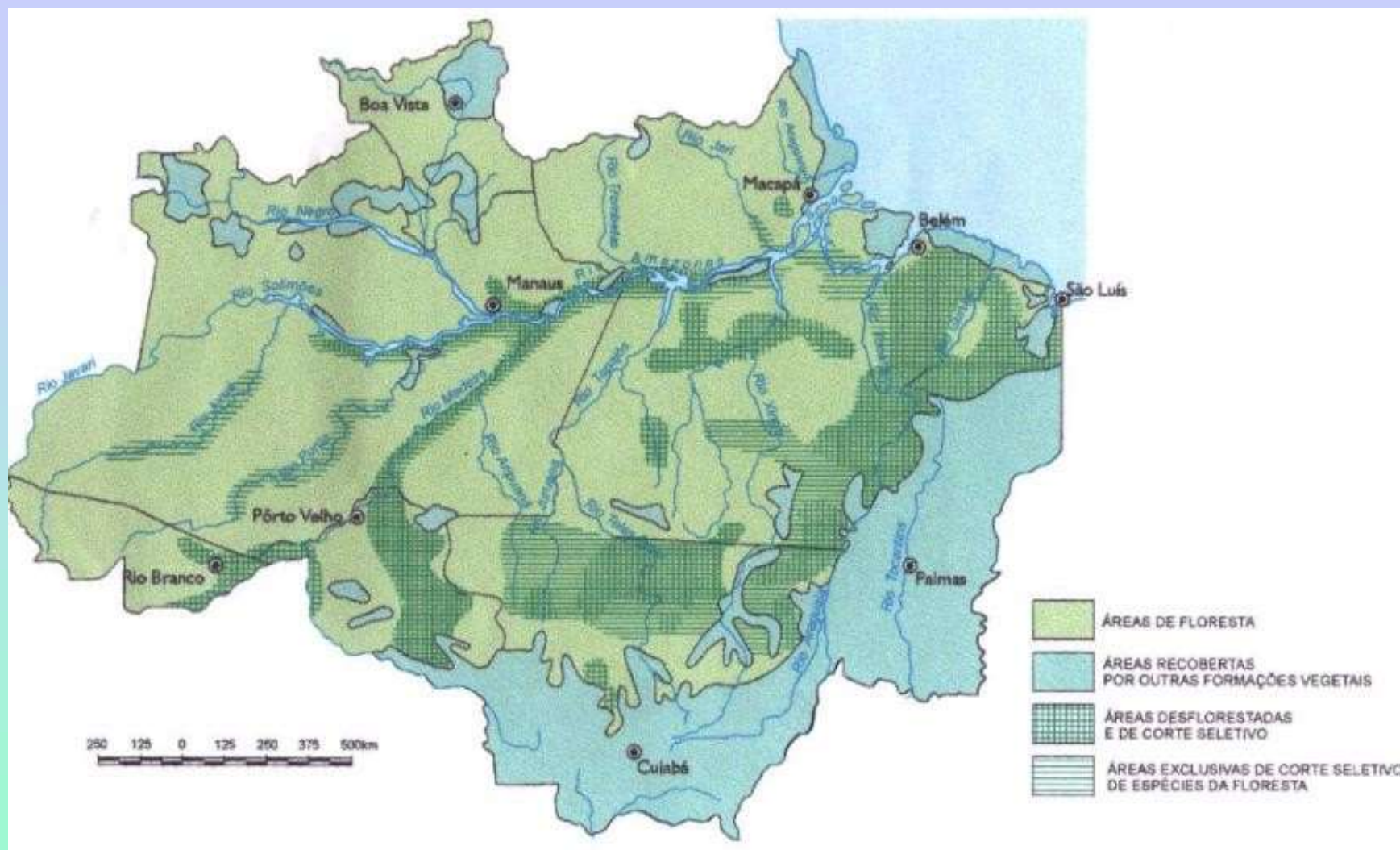
Fonte: Pesquisa de campo, 26/09/2009.

Figura 3: Interface entre área de preparo de solo para Plantio de soja e Floresta Amazônica.



Fonte: <http://www.socioambiental.org/esp/soja.br>

Figura 4: Plantação de soja na floresta.



Fonte: IBGE, 2000

Figura – Arco de deflorestamento da Amazônia

Problemas ambientais da cultura da soja (Mueller, 1995):

- a) compactação e impermeabilização dos solos pelo uso intensivo de máquinas agrícolas;
- b) erosão;
- c) contaminação por agrotóxicos nas águas, alimentos e animais;
- d) impactos danosos da retirada da vegetação nativa de áreas contínuas extensas;
- e) assoreamento de rios e reservatórios;
- f) aparecimento de novas pragas ou aumento das já conhecidas;
- g) risco à sobrevivência de espécies vegetais e animais com a perda de habitat natural devido a expansão agrícola (Cunha, 1994).

Bibliografia:

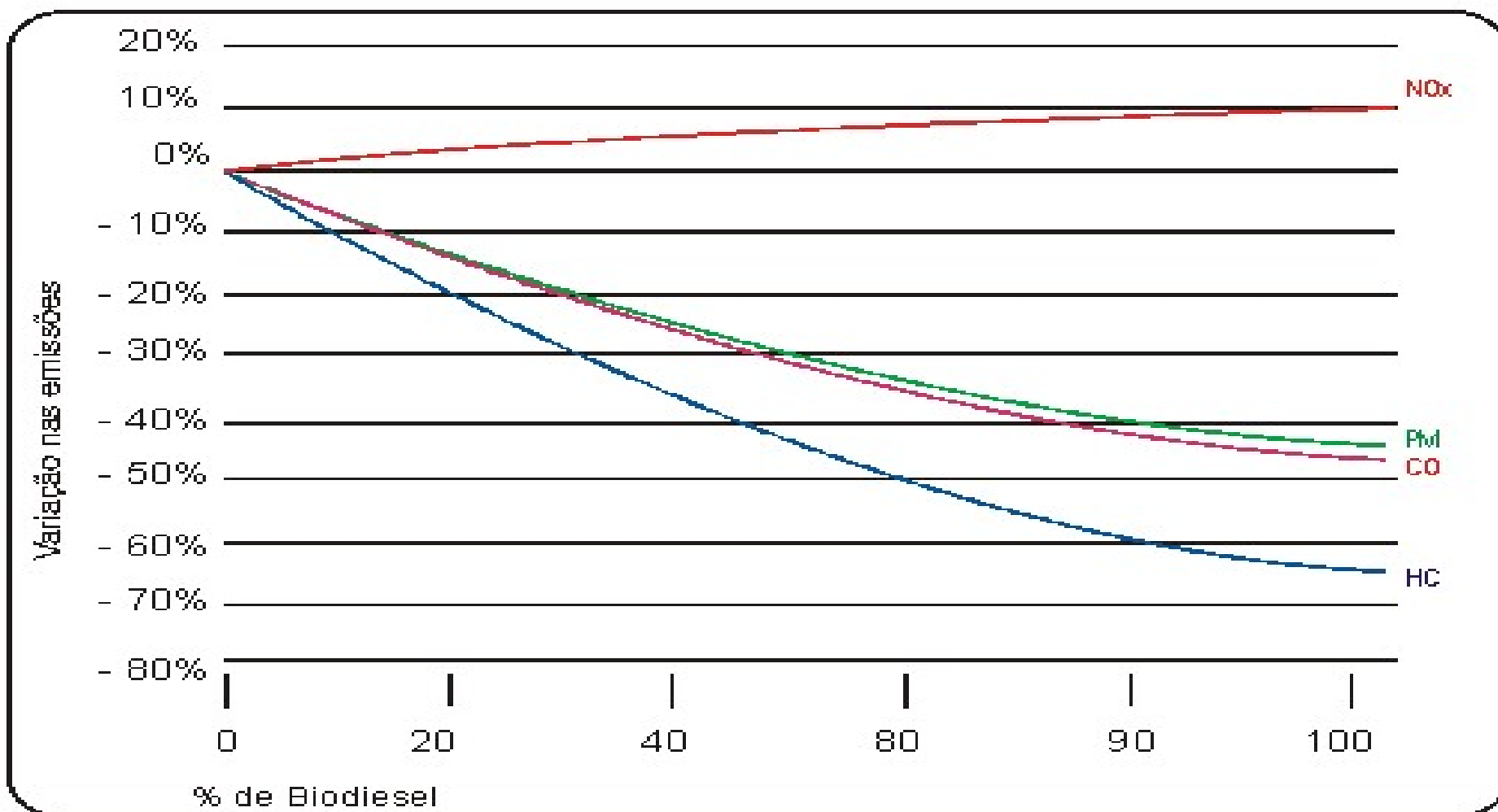
CUNHA, A. S. (coord.) *Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados*. Brasília: IPEA, 1994.

MUELLER, C. *A sustentabilidade da expansão agrícola nos cerrados*. Instituto Sociedade, População e Natureza. Documento de Trabalho n.36, 1995. (mimeo).

Emissões de poluentes das diversas composições de Biodiesel

Poluente	B100 (100% de biodiesel)	B20 (20% de biodiesel)	B10 (10% de biodiesel)	B5 (5% de biodiesel)
Gases de Efeito Estufa	-78	-15	-7,5	-3,75
Óxidos de Enxofre (SO _x)	-98	-19	-9,5	-4,95
Material Particulado	-50	-10	-5	-2,5
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	+13	+2,5	+1,3	+0,65

Fonte: BERMANN, C. (org.). As novas energias no Brasil: Dilemas da inclusão social e programas de Governo. Rio de Janeiro,: FASE, 2007.



Fonte: Meirelles, 2005.

Gráfico – Efeito do biodiesel sobre as emissões associadas ao diesel

MEIRELLES, Fabio de Salles. *O Biodiesel no Brasil e seus impactos sobre agricultura*. São Paulo: Federação da Agricultura do Estado de São Paulo, 2005.