



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**

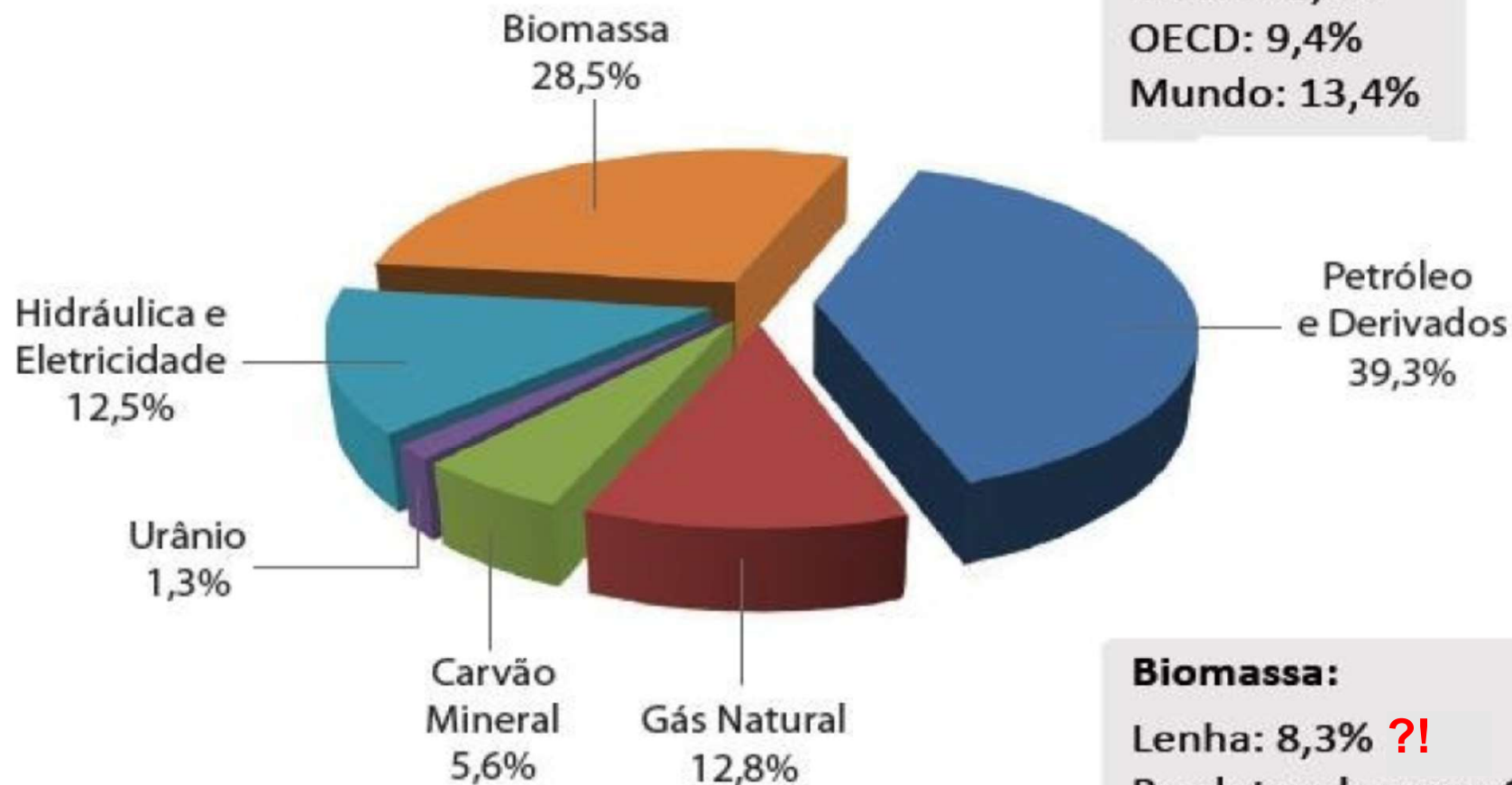
- 5a. aula: Biomassa - Lenha e Carvão Vegetal e Resíduos Sólidos Urbanos (Biogás):
propriedades e principais usos.
- Características básicas
 - Aspectos ambientais

Distribuição da Oferta Interna de Energia – Brasil, 2013

296,2 milhões tep (2,1% da energia mundial)

Renováveis:

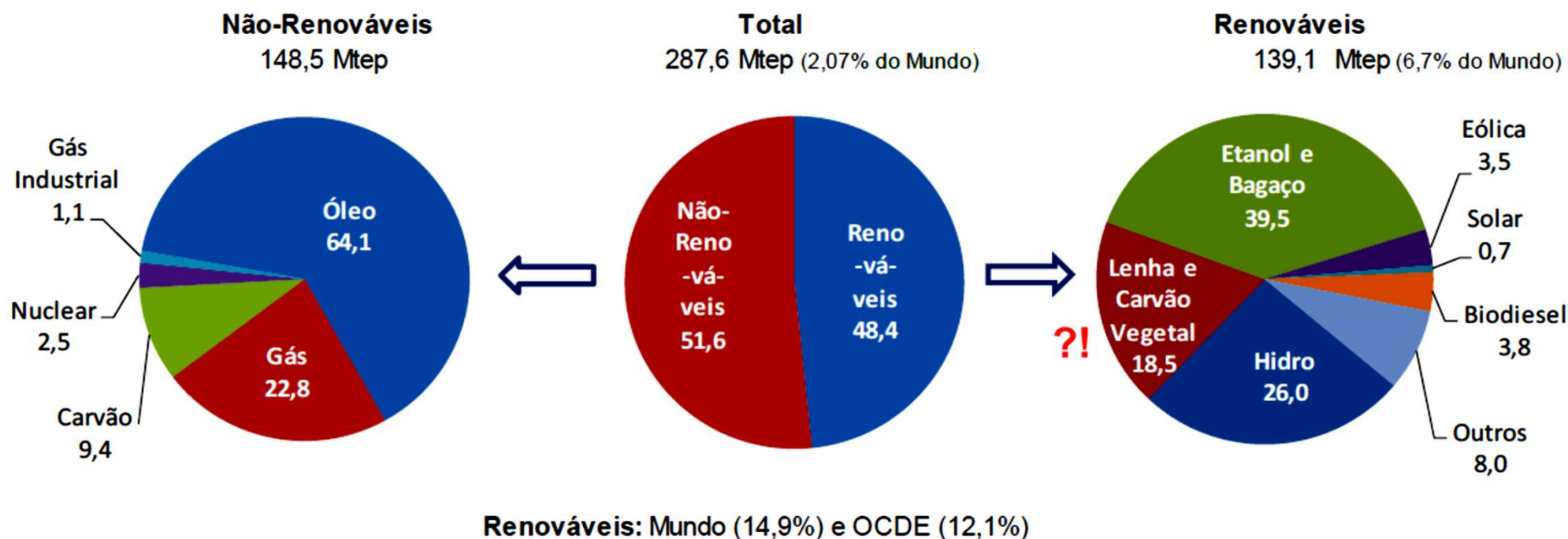
Brasil: 41,0%
OECD: 9,4%
Mundo: 13,4%



Biomassa:

Lenha: 8,3% **?!**
Produtos da cana: 16,1%
Outras: 4,2%

Figura 1: Oferta Interna de Energia no Brasil – 2020 (%)



Renováveis: supremacia da proporção das renováveis na matriz energética do Brasil

Brasil	OCDE	Mundo	
48,4	12,1	14,9	← 2020%

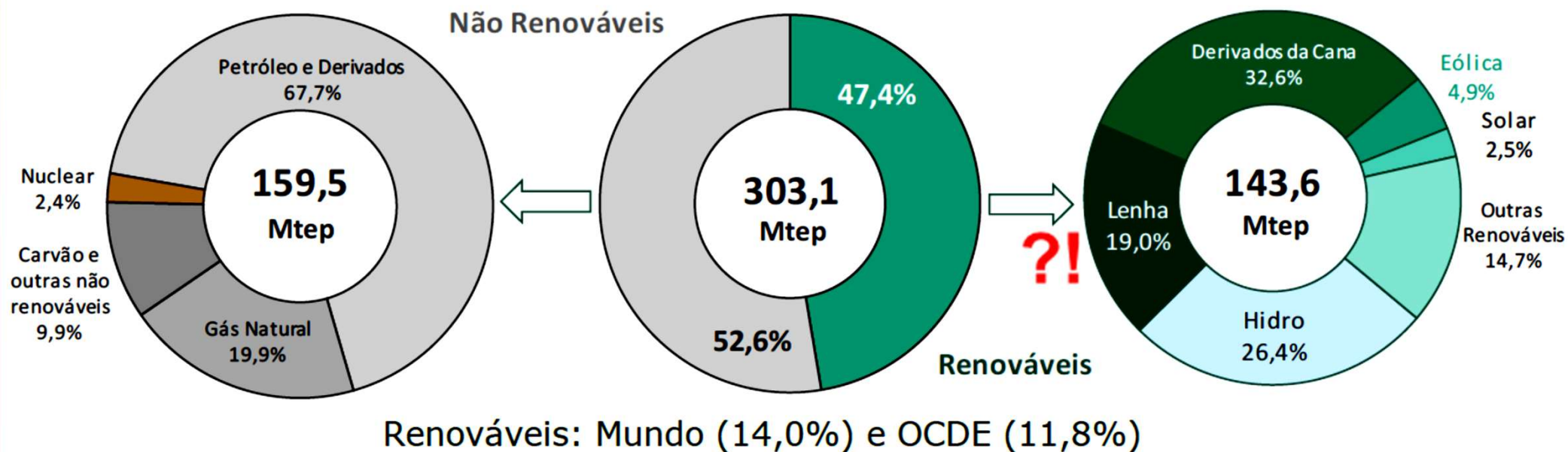


Figura 1: Oferta Interna de Energia no Brasil – 2022 (%).



Fonte: MME – Resenha Energética Brasileira – ano base: 2022, 2023.

Biomassa: lenha, carvão vegetal; bagaço de cana-de-açúcar; resíduos de matéria orgânica, animais e agrícolas

Processos não-biológicos:

- combustão direta da madeira para produção de calor
- produção de carvão vegetal para uso posterior como combustível ou fins energéticos
- gaseificação da madeira ou carvão vegetal para fins combustíveis (gasogênio) ou para produção de gás de síntese de metanol

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

Lenha	pirólise (300°C) →	Carvão Vegetal
50-52%	C	+83%
6-6,5%	H	2-3%
40-44%	O	3-4%
20-60%	água	≤7%
0,5%	cinzas	≤7%
2.524 kcal/kg (10% umidade)	poder calorífico	6.800 kcal/kg
-	N e S	traços

quantidades:

1m³ lenha —————> 280 kg lenha

relações:

1.000 t madeira seca —————> 419 t carvão vegetal

2,0 a 2,5 m³ madeira —————> 1m³ carvão vegetal

volumes:

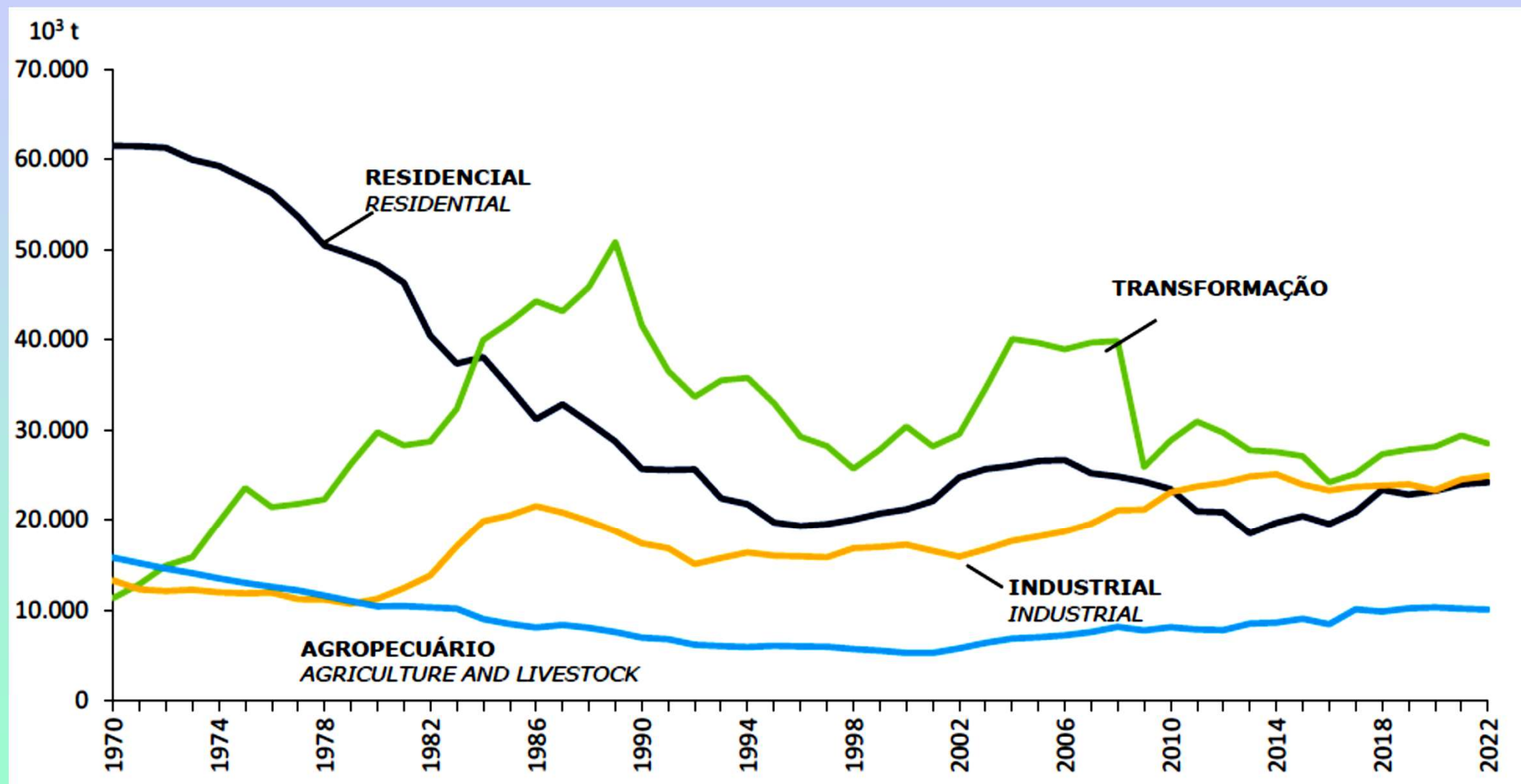
(eucalipto)

madeira verde = 109 t/ha (45% umidade)

madeira úmida = 80 t/ha (25% umidade)

madeira seca = 55,5 t/ha (0% umidade)

Evolução do consumo de Lenha: 1970-2022



Fonte: MME – Balanço Energético Nacional, 2023.

Lenha: 2013-2022

10 ³ t											
FLUXO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	FLOW
PRODUÇÃO	79.960	81.364	80.887	75.813	80.205	84.676	85.197	85.344	88.409	88.011	PRODUCTION
IMPORTAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	IMPORTS
CONSUMO TOTAL	79.960	81.364	80.887	75.813	80.205	84.676	85.197	85.344	88.409	88.011	TOTAL CONSUMPTION
TRANSFORMAÇÃO ¹	27.767	27.591	27.126	24.203	25.181	27.329	27.851	28.173	29.416	28.526	TRANSFORMATION ¹
GERAÇÃO ELÉTRICA	1.080	1.215	1.356	1.217	1.329	1.463	1.411	1.464	1.379	1.419	ELECTRICITY GENERATION
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL	26.688	26.376	25.771	22.986	23.852	25.865	26.440	26.709	28.037	27.106	CHARCOAL PRODUCTION
CONSUMO FINAL	52.193	53.773	53.761	51.610	55.024	57.348	57.346	57.171	58.993	59.485	FINAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	52.193	53.773	53.761	51.610	55.024	57.348	57.346	57.171	58.993	59.485	FINAL ENERGY CONSUMPTION
RESIDENCIAL	18.521	19.705	20.431	19.561	20.923	23.379	22.838	23.251	24.002	24.227	RESIDENTIAL
COMERCIAL	310	313	304	289	290	279	269	254	265	264	COMMERCIAL
PÚBLICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	8.513	8.650	9.077	8.446	10.116	9.853	10.230	10.315	10.186	10.059	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TRANSPORTATION
FERROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RAILROADS
HIDROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	WATERWAYS
INDUSTRIAL	24.849	25.104	23.949	23.314	23.695	23.837	24.009	23.350	24.539	24.935	INDUSTRIAL

1. Produção de carvão vegetal e geração elétrica. / Input for charcoal production and electricity generation.

Carvão Vegetal: 2012-2021

											10 ³ t
FLUXO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	FLOW
PRODUÇÃO	7.310	6.615	6.507	6.444	5.545	5.738	6.020	6.197	6.216	6.076	PRODUCTION
IMPORTAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	IMPORTS
EXPORTAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	EXPORTS
VARIAÇÕES DE ESTOQUES, PERDAS E AJUSTES	-192	-174	-96	-95	-82	-85	-89	-92	-92	-90	STOCK VARIATIONS, LOSSES AND ADJUSTMENTS
CONSUMO TOTAL	7.117	6.441	6.411	6.348	5.463	5.653	5.931	6.105	6.124	5.986	TOTAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL	7.117	6.441	6.411	6.348	5.463	5.653	5.931	6.105	6.124	5.986	FINAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	7.117	6.441	6.411	6.348	5.463	5.653	5.931	6.105	6.124	5.986	FINAL ENERGY CONSUMPTION
RESIDENCIAL	740	622	740	734	664	595	629	628	628	639	RESIDENTIAL
COMERCIAL	140	140	141	137	130	131	126	121	115	119	COMMERCIAL
PÚBLICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	11	12	13	13	12	14	14	14	14	14	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
INDUSTRIAL	6.226	5.668	5.517	5.465	4.657	4.913	5.162	5.342	5.367	5.214	INDUSTRIAL

Fonte: MME – Balanço Energético Nacional, 2022.

Carvão Vegetal: 2013-2022

											10 ³ t
FLUXO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	FLOW
PRODUÇÃO	6.788	6.746	6.591	5.879	6.101	6.616	6.763	6.831	7.171	6.933	PRODUCTION
IMPORTAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	IMPORT
EXPORTAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	EXPORT
VARIAÇÕES DE ESTOQUES, PERDAS E AJUSTES	-178	-100	-97	-87	-90	-98	-100	-101	-106	-102	STOCK VARIATIONS, LOSSES AND ADJUSTMENTS
CONSUMO TOTAL	6.609	6.647	6.494	5.792	6.011	6.518	6.663	6.730	7.065	6.831	TOTAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL	6.609	6.647	6.494	5.792	6.011	6.518	6.663	6.730	7.065	6.831	FINAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	6.609	6.647	6.494	5.792	6.011	6.518	6.663	6.730	7.065	6.831	FINAL ENERGY CONSUMPTION
RESIDENCIAL	622	740	734	664	595	629	628	628	639	611	RESIDENTIAL
COMERCIAL	140	141	137	130	131	126	121	115	119	119	COMMERCIAL
PÚBLICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	12	13	13	12	14	14	14	14	14	14	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
INDUSTRIAL	5.835	5.753	5.611	4.986	5.270	5.749	5.900	5.974	6.293	6.086	INDUSTRIAL

Fonte: MME – Balanço Energético Nacional, 2023.

Consumo de lenha (2013): 79.290 mil t

produção carvão vegetal: 26.010 mil t

geração elétrica: 1.080 mil t

Taxa de reflorestamento: 30-40%

consumo energético: 52.200 mil t

- residencial: 18.521 mil t (35,5%)

- agropecuário: 8.513 mil t (16,3%)

- industrial: 24.857 mil t (47,6%)

- alimentos e bebidas: 7.331 mil t

- papel e celulose: 5.212 mil t

- cerâmica: 8.486 mil t

Consumo de carvão vegetal (2013): 6.441 mil t

residencial: 622 mil t (9,7%)

industrial: 5.668 mil t (88,0%)

Taxa de reflorestamento: 50-60%

- cimento: 198 mil t

- ferro-gusa e aço: 4.677 mil t (82,5%)

- ferroligas: 726 mil t

Consumo de lenha (2021): 84.138 mil t

produção carvão vegetal: 23.756 mil t

geração elétrica: 1.389 mil t

Taxa de reflorestamento: 45-55%

consumo energético: 58.993 mil t

- residencial: 24.002 mil t (40,7%)

- agropecuário: 10.186 mil t (17,3%)

- industrial: 24.539 mil t (41,6%)

- alimentos e bebidas: 7.898 mil t

- papel e celulose: 6.551 mil t

- cerâmica: 6.377 mil t

Consumo de carvão vegetal (2021): 5.986 mil t

residencial: 639 mil t (10,7%)

industrial: 5.214 mil t (87,1%)

Taxa de reflorestamento: 65-75%

- cimento: 164 mil t

- ferro-gusa e aço: 4.255 mil t (81,6%)

- ferroligas: 731 mil t

Produção do Carvão Vegetal em Fornos primitivos (“rabo quente”)

Localização: Minas Gerais e Pará

Riscos ocupacionais: ligados aos possíveis acidentes de corte da madeira, transporte e processamento. A rotina do carvoeiro o obriga a enfrentar o calor de 70 graus na boca dos fornos, por um período de 12 horas. É comum a utilização de mão-de-obra infantil.



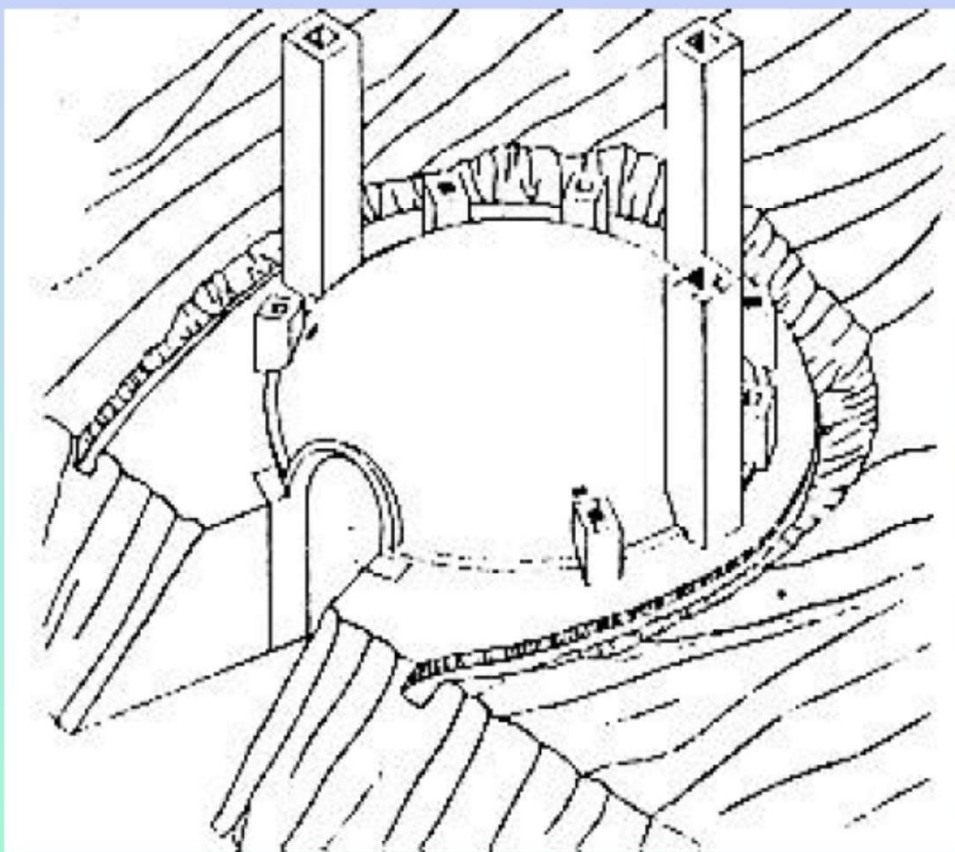
Forno tipo “Rabo quente”



Forno tipo “Rabo quente”



Forno tipo Colmeia ou de superfície



■ Geralmente com 1 a 6 chaminés, e com 1 ou 2 portas. A sua capacidade efetiva varia entre 35 (comum no Brasil) e 150 m³ de madeira, Possui diâmetro da entre 5 e 8 m e altura total entre 3.20 e 5.00 m. Pode também aceitar madeira com até 2.00 m.

- volume de madeira = 36 mst^{*}
- ciclo total = 10 dias (240 h)
- produção = 4.0 t cv/ciclo
- relação de volume = 2.25 m³ lenha/mdc
- produtividade = 0.46 kg cv/m³ lenha/hora

^{*}**Metro estéreo (st):** trata-se de uma pilha de madeira com 1 metro de comprimento, 1 de largura e 1 de altura

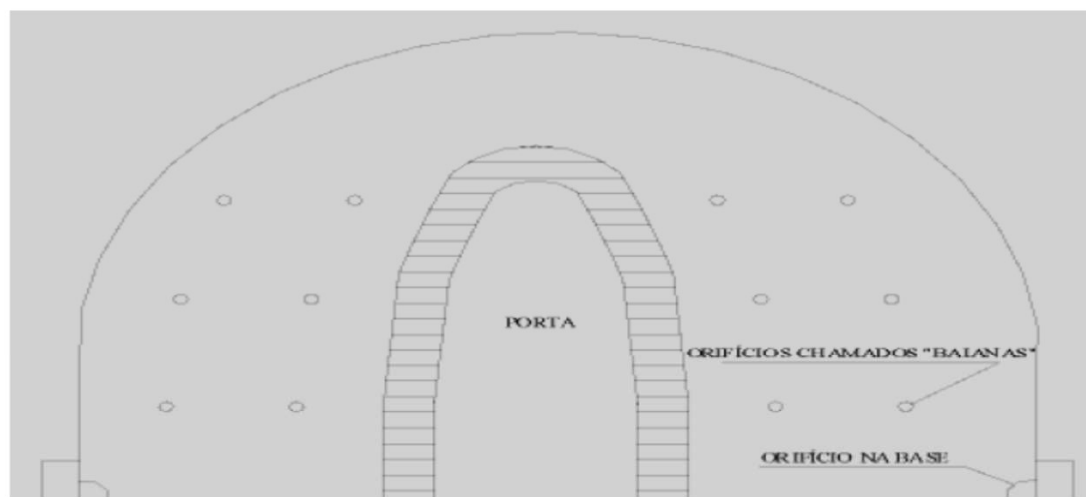


Figura 7. Vista frontal de um forno colméia.
Fonte: FERREIRA (2000).

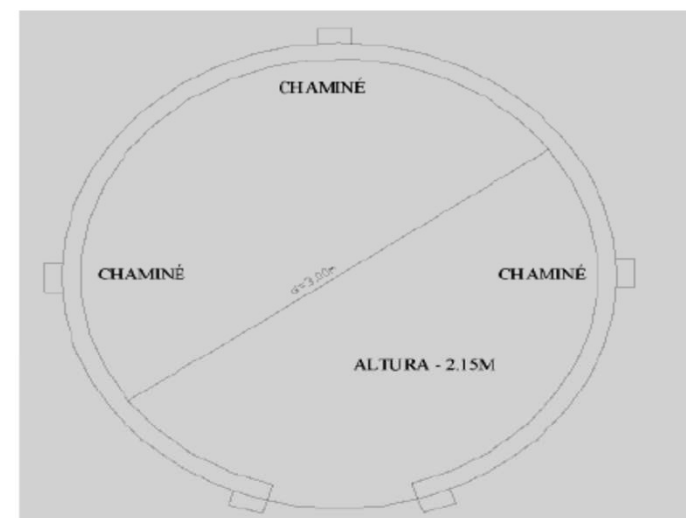
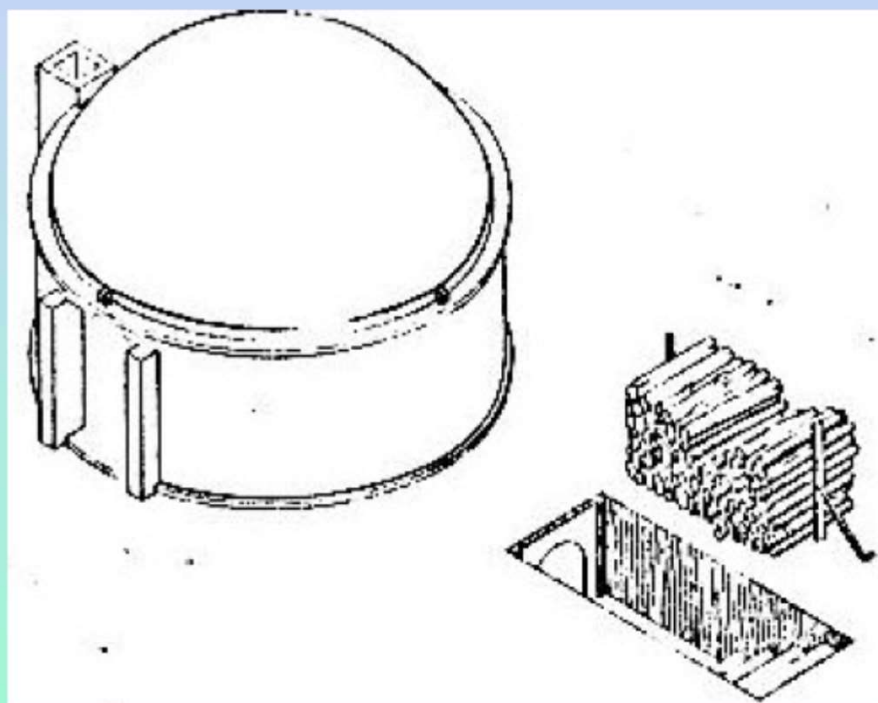


Figura 8. Vista superior de um forno colméia.
Fonte: FERREIRA (2000).



Figura 9. Imagem de um forno colméia.

Forno tipo Colmeia com fonte externa de calor



- A carbonização é conduzida mediante o controle da combustão na câmara, não havendo necessidade de orifícios no corpo do forno para a entrada de ar.
- Quando comparada à produtividade do forno colmeia convencional, é 30% mais elevada.
- Modernamente, há exemplos de retortas que, individualmente, podem chegar a produzir por ano o equivalente a 350 fornos de alvenaria do tipo colmeia, com capacidade para 35 m³ de madeira.

Forno tipo Colmeia com fonte externa de calor



Fonte: AMELOTI, G. B; CARVALHO, S.R. Simulação numérica do processo de aquecimento e dinâmica dos gases no interior de um forno industrial, 2012.

Forno de Alvenaria



Figura 3.1 – Forno típico de Alvenaria modelo RAC220.

Fonte: AMELOTI, G. B; CARVALHO, S.R. Simulação numérica do processo de aquecimento e dinâmica dos gases no interior de um forno industrial, 2012.

EXTRAÇÃO DA MADEIRA em floresta nativa

Erosão e empobrecimento do solo

Redução da qualidade da água

Alteração do microclima: chuva e temperatura

Proliferação de pragas e doenças

Emissão de gases efeito estufa

Perda de biodiversidade

EXTRAÇÃO DA MADEIRA em floresta plantada

Sequestro de carbono para formação de matéria-orgânica

Alteração da qualidade de corpos hídricos

Uso de fertilizantes e pesticidas

Mudança de uso do solo

Redução de biodiversidade

PROCESSAMENTO DO CARVÃO VEGETAL

Elevada emissão de poluentes atmosféricos

mudanças climáticas, acidificação, formação de oxidantes fotoquímicos

Geração de resíduos sólidos

depleção de recursos bióticos, toxicidade humana e eco toxicidade

Geração de efluentes líquidos

eutrofização, toxicidade humana, eco toxicidade, mudanças climáticas

Curso do processo de carbonização da madeira (QUIRINO, 2002 e BRITO, 1990)

Faixa de Temperatura	Emissões
Até 200°C	Liberação de água e traços de dióxido de carbono, ácido fórmico, ácido acético e glioxal.
De 200°C a 280°C	Liberação de água, dióxido de carbono, ácido fórmico, ácido acético e traços de monóxido de carbono.
De 280°C a 500°C	Liberação de monóxido de carbono, metano, ácido acético, metanol, hidrogênio e alcatrões.
Acima de 500°C	Liberação de monóxido de carbono, hidrogênio e formaldeído.

Gaseificação:

Madeira: submetida a temperatura de 900 – 1.200 °C

produção de CO, CO₂, H₂ + Nitrogênio (gás inerte como diluente)

Gasogênio: uso em motores de combustão interna (veículos), substituindo a gasolina; no aquecimento doméstico e industrial, e na geração de eletricidade.

Poder calorífico: 1.600 kcal/Nm³

Gás de Síntese: utiliza Oxigênio puro, com ausência do N como diluente.

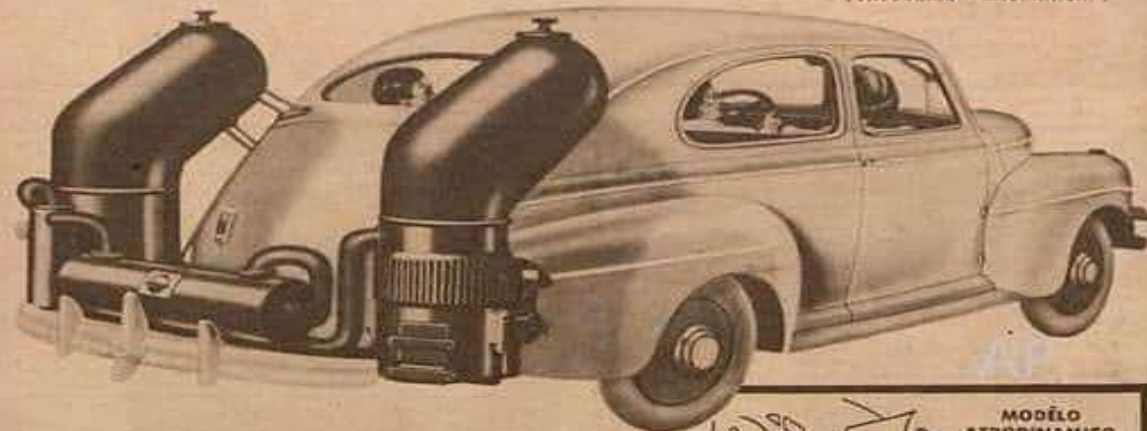
produção de CO, CO₂, H₂: esta mistura passa por um catalizador produzindo o metanol (CH₃OH)

Poder calorífico: 2.200 – 2.500 kcal/Nm³

Não prejudica a estética do seu carro

SPAGAS

(GASOGÊNIO "MECHANICA")



As linhas simples e elegantes de SPAGAS — o novo aparelho a gasogênio construído de acordo com os últimos aperfeiçoamentos técnicos — combinam harmoniosamente com o desenho aerodinâmico dos carros modernos... SPAGAS pode ser adaptado a qualquer tipo de automóvel, por muito luxuoso que seja... sem prejudicar-lhe a estética... SPAGAS está fazendo voltar ao tráfego, inúmeros carros de passeio, imobilizados por escassez de combustível... Não deixe que seu carro seja um peso morto no seu orçamento... Equipe-o com SPAGAS e goze novamente o prazer e o conforto dos passeios agradáveis... SPAGAS satisfaz plenamente o gosto mais requintado e oferece ainda as seguintes



MODELO AERODINÂMICO

Adaptável a carro de passeio. Deixa livre o espaço da mala.

Peso: 180 quilos

MODELO PARA CAMINHÃO

Grande resistência. Ajustamento perfeito.

Peso: 250 quilos



Vantagens

- alto rendimento — com um quilo de carvão vegetal rende de 2 a 3 quilômetros de percurso;
- custo módico, grande durabilidade, estabilidade absoluta e acabamento perfeito;
- montagem, conservação e funcionamento garantidos pelos serviços das nossas Oficinas Mecânicas ou de outras por nós autorizadas;

- economia no transporte, manobra fácil e acessível a qualquer motorista habilitado;
- não aquece, não enfumaça, não sobrecarrega o veículo, não ocupa espaço e não está sujeito a contra-tempos;
- o gerador carrega 55 quilos de carvão, produzindo a elevada percentagem de 36 quilos de gasogênio;
- adaptado a carros de passeio, deixa livre o espaço da mala;

UTILIZAR GASOGÊNIO É SER PATRIOTA! Seja patriota... utilizando SPAGAS

"Aprovado pelo certificado n.º 13 do Ministério da Agricultura"

CIA. MECHANICA E IMPORTADORA DE SÃO PAULO

Rua R. Mayrink Veiga, 28-luza - Telefone 23-1655 - São Paulo: R. Floresta de Azeite, 210 - Telefone 2-7185

As linhas simples e elegantes de SPAGAS — o novo aparelho a gasogênio construído de acordo com os últimos aperfeiçoamentos técnicos — combinam harmoniosamente com o desenho aerodinâmico dos carros modernos... SPAGAS pode ser adaptado a qualquer tipo de automóvel, por muito luxuoso que seja... sem prejudicar-lhe a estética... SPAGAS está fazendo voltar ao tráfego, inúmeros carros de passeio, imobilizados por escassez de combustível... Não deixe que seu carro seja um peso morto no seu orçamento... Equipe-o com SPAGAS e goze novamente o prazer e o conforto dos passeios agradáveis... SPAGAS satisfaz plenamente o gosto mais requintado e oferece ainda as seguintes

Vantagens

- alto rendimento — com um quilo de carvão vegetal rende de 2 a 3 quilômetros de percurso;
- custo módico, grande durabilidade, estabilidade absoluta e acabamento perfeito;
- montagem, conservação e funcionamento garantidos pelos serviços das nossas Oficinas Mecânicas ou de outras por nós autorizadas;

- economia no transporte, manêjo fácil e acessível a qualquer motorista habilitado;
- não aquece, não enguiça, não sobrecarrega o veículo, não ocupa espaço e não está sujeito a contra-tempos;
- o gerador carrega 55 quilos de carvão, produzindo a elevada percentagem de 36 quilos de gasogênio;
- adaptado a carros de passeio, deixa livre o espaço da mala.



Adaptável a carro de passeio. Deixa livre o espaço da mala.

Peso: 150 quilos

MODELO PARA CAMINHÃO

Grande resistência
Ajustamento perfeito

Peso:
250
quilos



UTILIZAR GASOGÊNIO É SER PATRIOTA! Seja patriota... utilizando SPAGAS

"Aprovado pelo certificado n.º 13 do Ministério da Agricultura"

BIOGÁS

Composição típica:

<u>Substância</u>	<u>Porcentagem (%)</u>
Metano (CH_4)	54 a 70
Dióxido de Carbono (CO_2)	27 a 45
Nitrogênio (N_2)	0,5 a 3,0
Hidrogênio (H_2)	1 a 10
Monóxido de Carbono (CO)	0,1
Oxigênio (O_2)	0,1
Gás Sulfídrico (H_2S)	3,0 a 5,0

Digestão anaeróbica:

1º estágio: bactérias atuam sobre o complexo orgânico da biomassa, transformando-a em materiais simples e solúveis denominados ácidos voláteis

2º estágio: grupo diferente de bactérias que, mediante o processo de fermentação, convertem os ácidos voláteis numa mistura de gás metano e dióxido de carbono.

Cinco parâmetros ambientais devem ser controlados:

temperatura; tempo (quantidade de dias); acidez, putrimentos; toxidez.

Os dois grupos de microorganismos exigem diferentes temperaturas para alcançar-se a produção ótima.

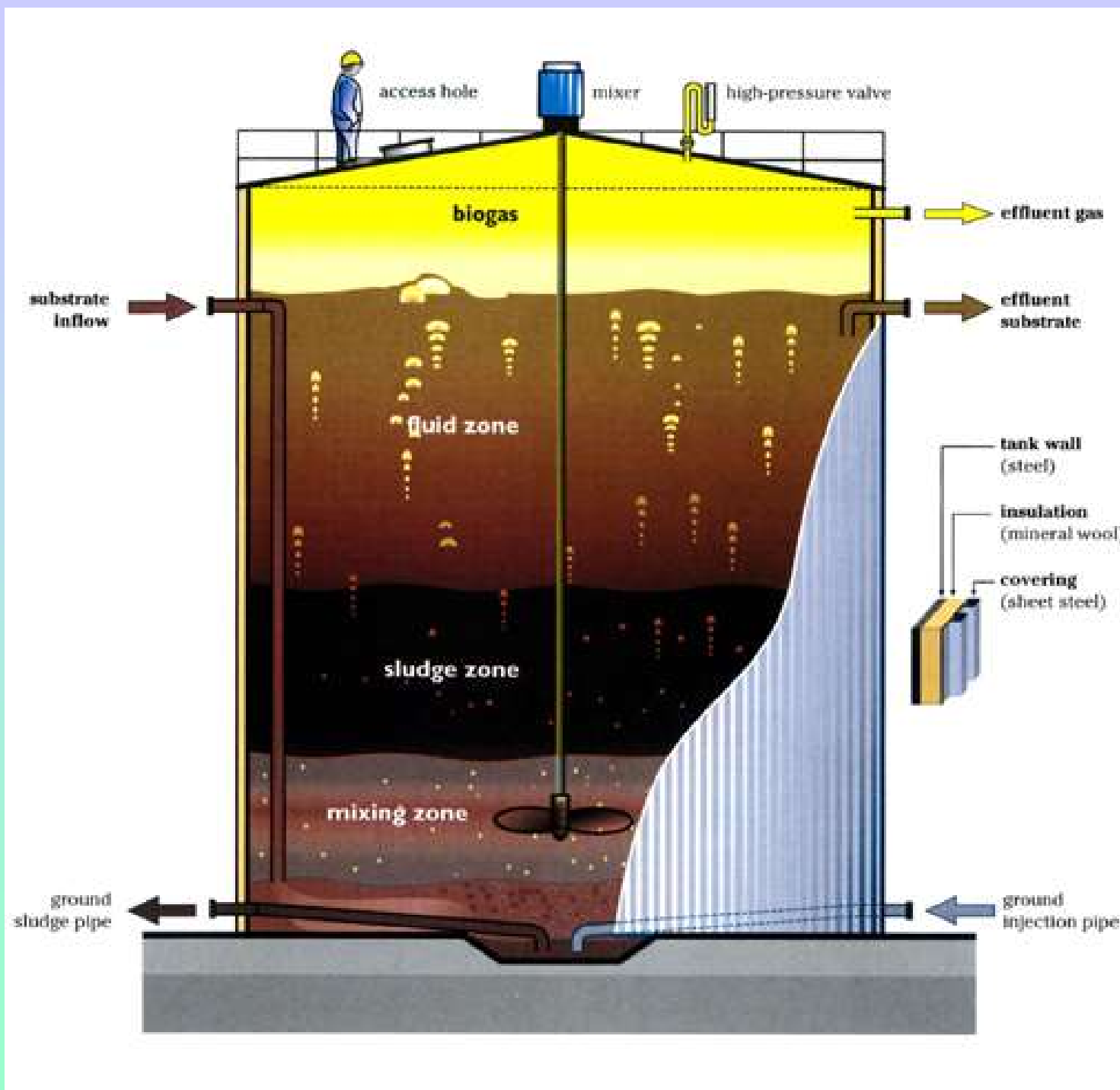
A ausência de ar (anaerobiose) é essencial pois mesmo pequenas quantidades de ar podem interromper quase totalmente a produção de metano.

Poder calorífico: 5.000 kcal/m³

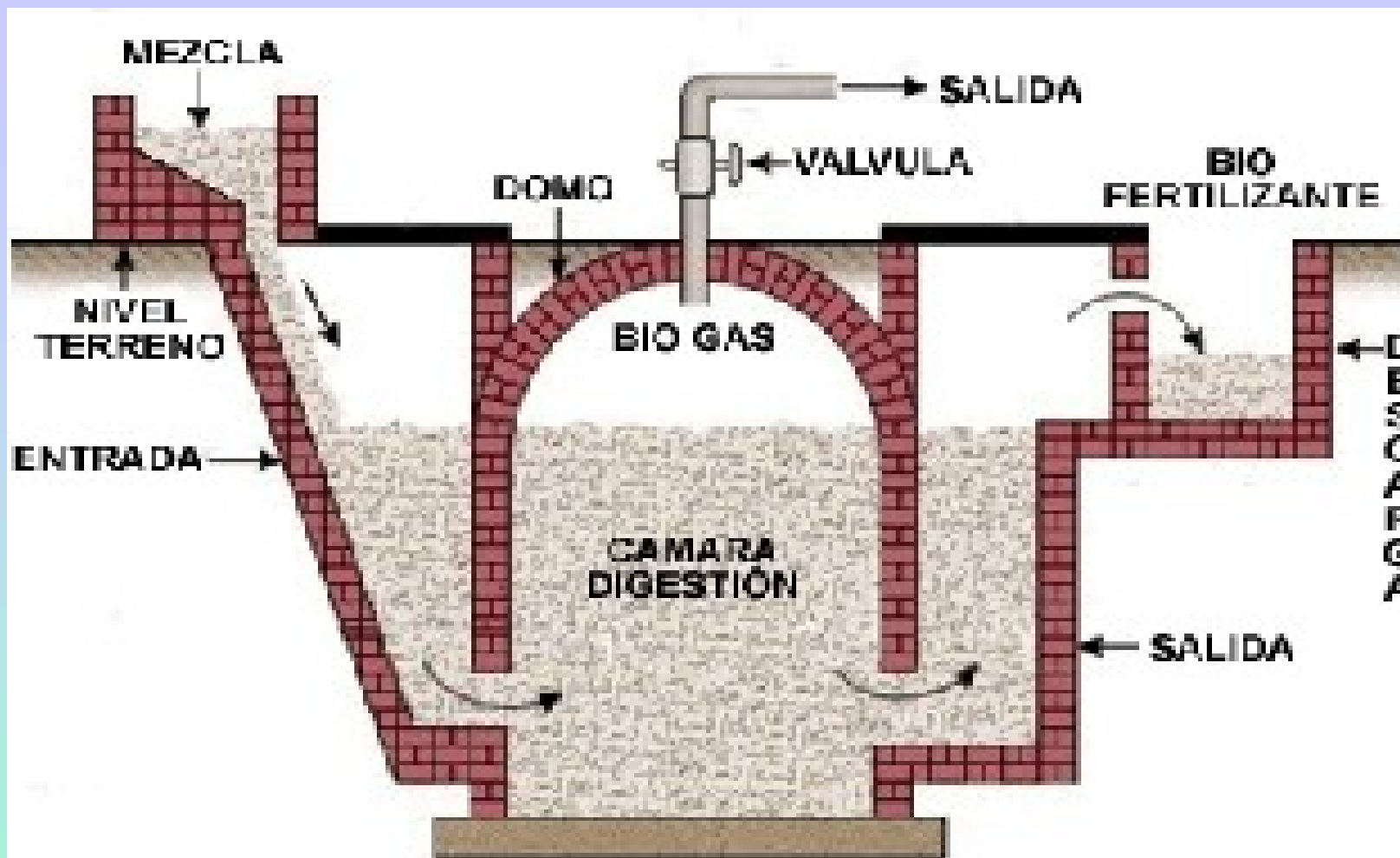
1 m³ de biogás = 0,454 kg de GLP (substituição do botijão de 13 kg de GLP por um biodigestor de 26 m³ de capacidade)

Subproduto: **biofertilizante** – mais rico que o esterco de origem

	<u>esterco</u>	<u>biofertilizante</u>
N (nitrogênio)	0,75%	1,5%
P (fósforo)	0,20%	0,35%
K (potássio)	0,4%	0,7%



Digestor Anaeróbico



Produção de 1 metro cúbico de biogás totalmente combustionado:

- 1,25 kWh de eletricidade
- 6 horas de luz equivalente a uma lâmpada de 60 watt
- funcionamento de um refrigerador de 1 m³ de capacidade durante 1 hora
- funcionamento de uma incubadora de 1 m³ de capacidade durante 30 min.
- funcionamento de um motor de 1 HP durante 2 horas

BIOGÁS

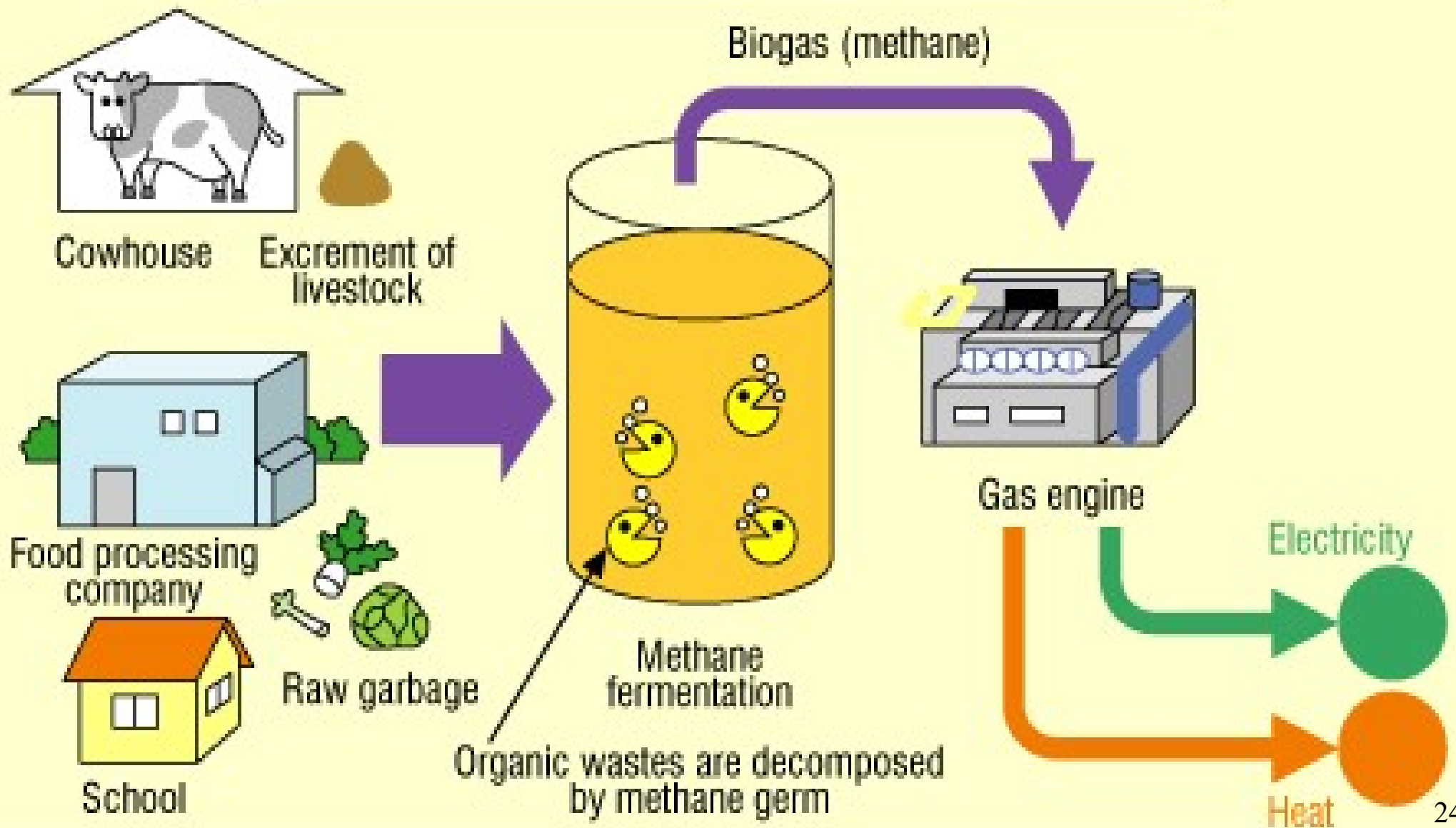
Poder calorífico: 5.000 kcal/m³

Equivalência energética do biogás

1 m ³ Biogás	0,61 L de gasolina
	0,58 L de querosene
	0,5 kg de gás liquefeito de petróleo (GLP)
	0,79 L de álcool combustível
	1,538 kg de lenha
	1,428 kWh de energia elétrica
	0,55 L de óleo diesel
	20 kg de lixo urbano
	2,5 kg de resíduos secos vegetais
	14,3 kg de resíduos sólidos de frigorífico

PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Outline of Biogas Power Generation and Heat Supply System



ATERROS SANITÁRIOS

1 tonelada

Resíduos sólidos urbanos



**Matéria orgânica
biodegradável**

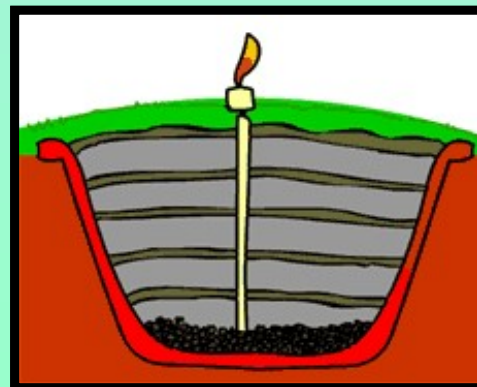
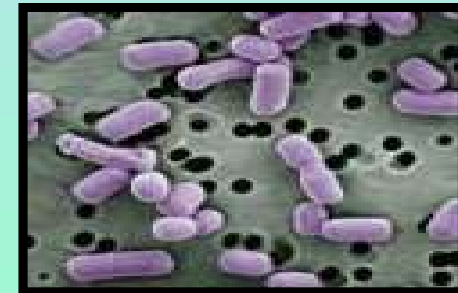


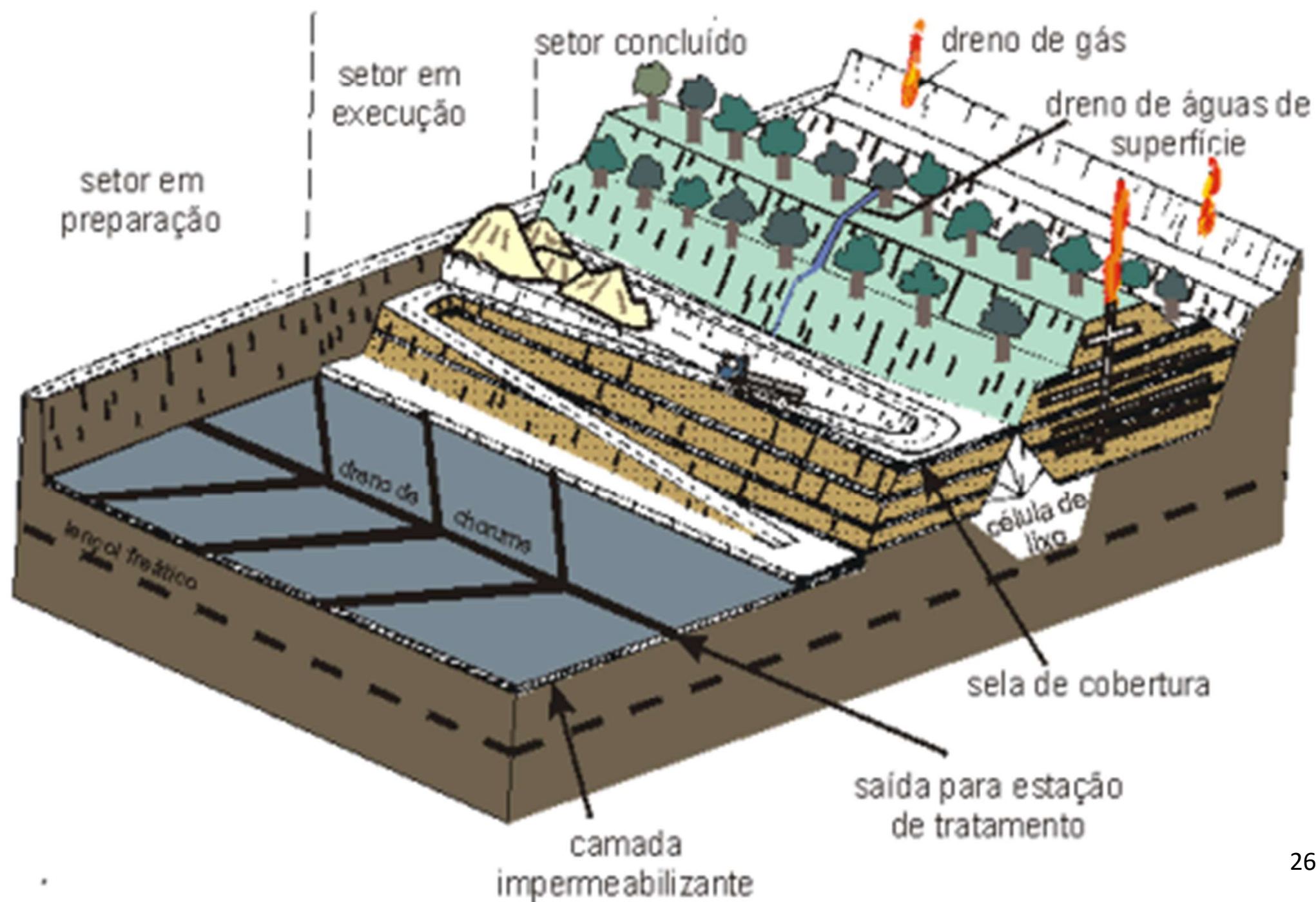
Digestão anaeróbica



BIOGÁS

200 m³





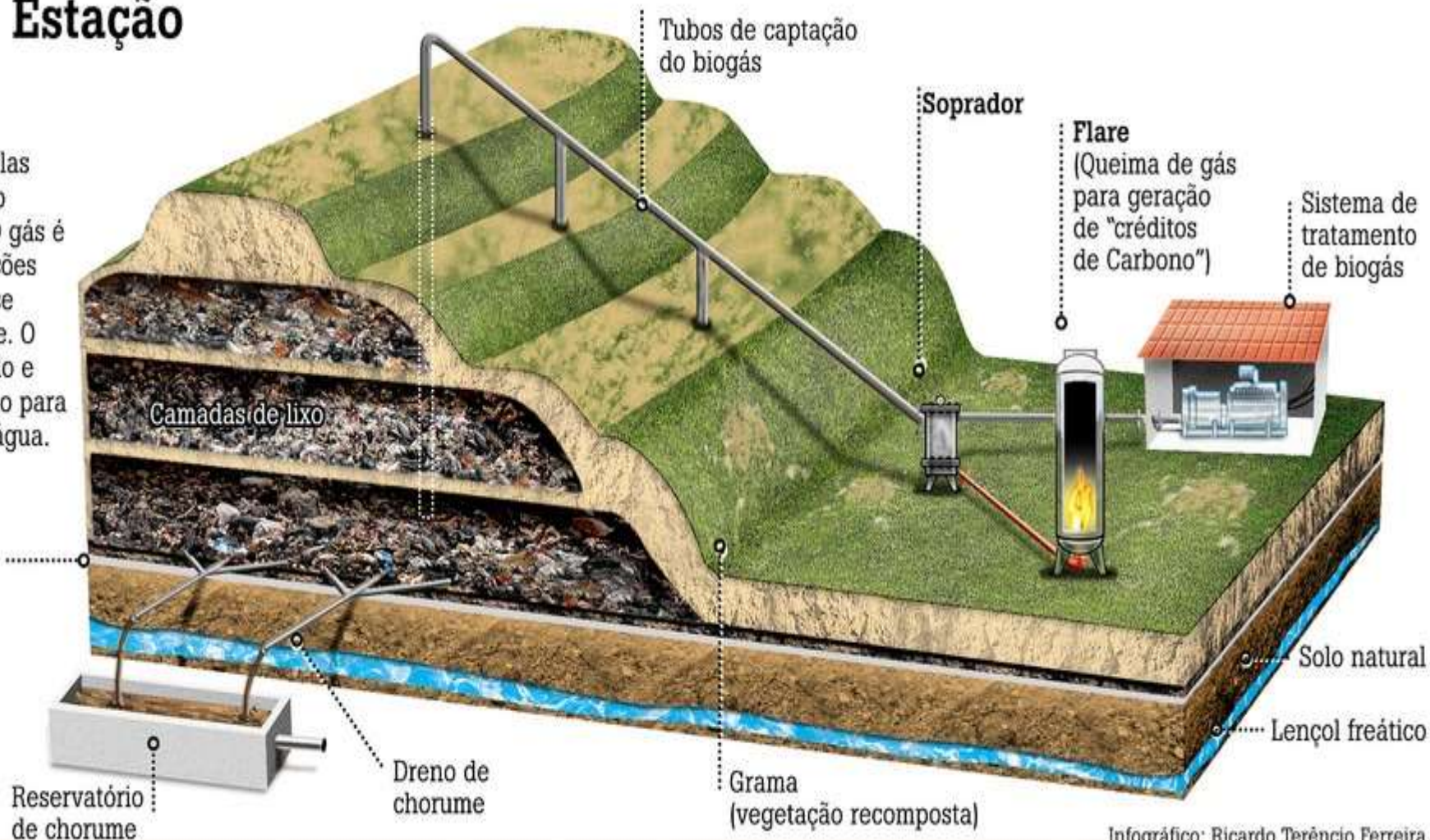
RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

- **Aterro sanitário:**
 - Sistema de impermeabilização superior
 - Poços de drenagem de biogás
 - Rede de coleta e bombas de vácuo
 - Grupos geradores

Conheça a Estação de Biogás

Ao ser decomposto pelas bactérias, o lixo gera o biogás e o chorume. O gás é conduzido por tubulações para ser queimado e se tornar menos poluente. O chorume é armazenado e destinado a tratamento para ser transformado em água.

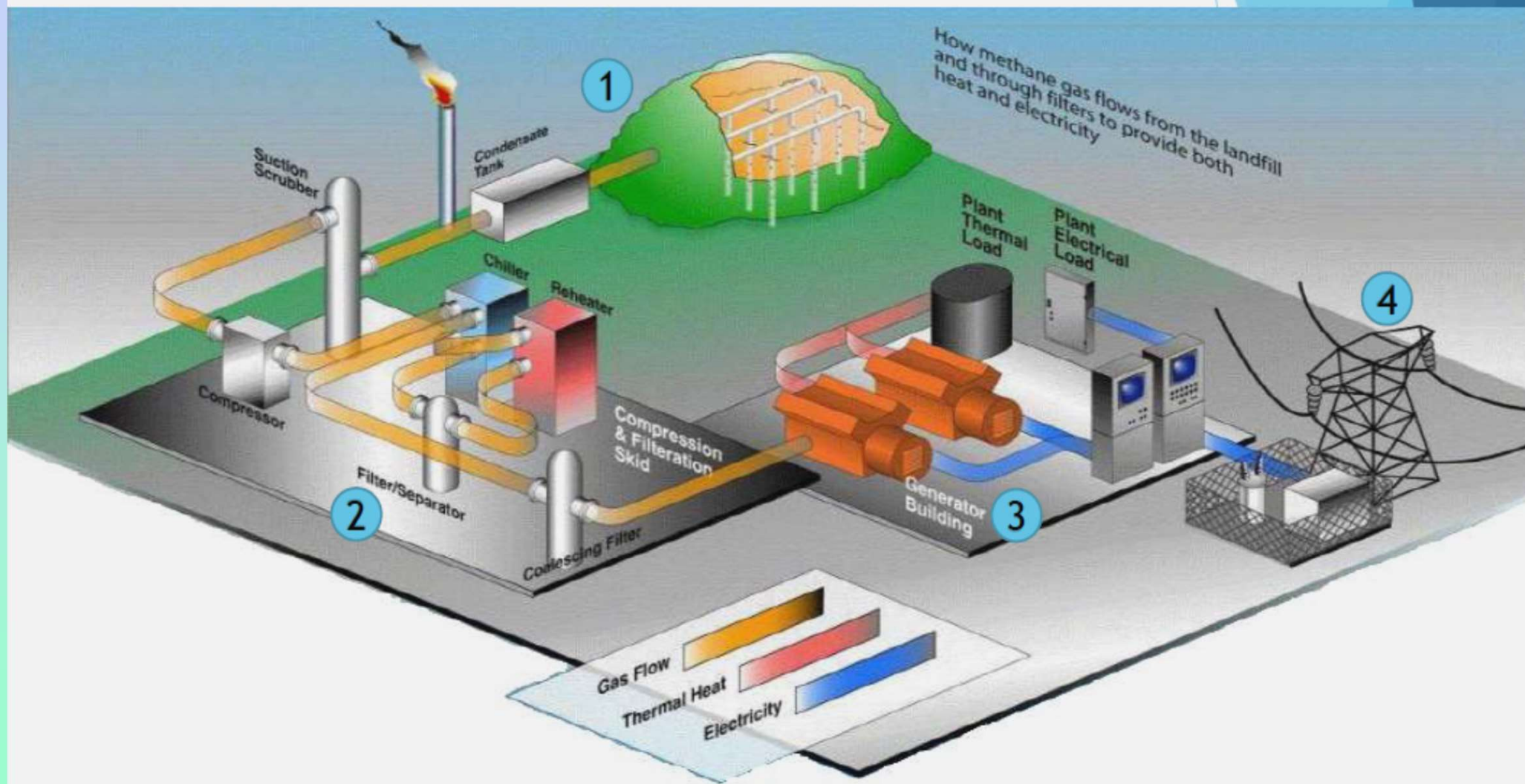
Manta plástica PEAD (Polietileno Alta Densidade) para impermeabilização, que protege o solo e o lençol freático



Infográfico: Ricardo Terêncio Ferreira

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM O BIOGÁS DE ATERROS - ETAPAS

1-Captação 2-Tratamento 3-Geração de energia 4-Conexão à rede elétrica



Fonte: Grupo Solvi - Avanços da Geração de Energia Termelétrica por Biomassa e outras Fontes Alternativas como Biogás, Biometano. 30° FIEE SMART FUTURE – GTCD, São Paulo, 25/7/2019.

TERMELÉTRICA A BIOGÁS EM OPERAÇÃO - TERMOVERDE CAIEIRAS

- Potencia Instalada de 30MW – em breve será ampliada.
- Aterro recebe 10.000 t/dia de resíduos urbanos
- Em operação desde 2016



Fonte: Grupo Solvi - Avanços da Geração de Energia Termelétrica por Biomassa e outras Fontes Alternativas como Biogás, Biometano. 30º FIEE SMART FUTURE – GTCD, São Paulo, 25/7/2019.



Fonte: Marcelo Lima Camargo / Solvi

A termelétrica é composta de unidade geradora de energia com 21 motores geradores de 1.407 KW cada; central de tratamento do biogás; subestação seccionadora elevadora para conexão na linha de transmissão de 138kV, que liga a termelétrica ao SIN (Sistema Interligado Nacional) chegando aos consumidores finais de energia.

COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS BRASIL

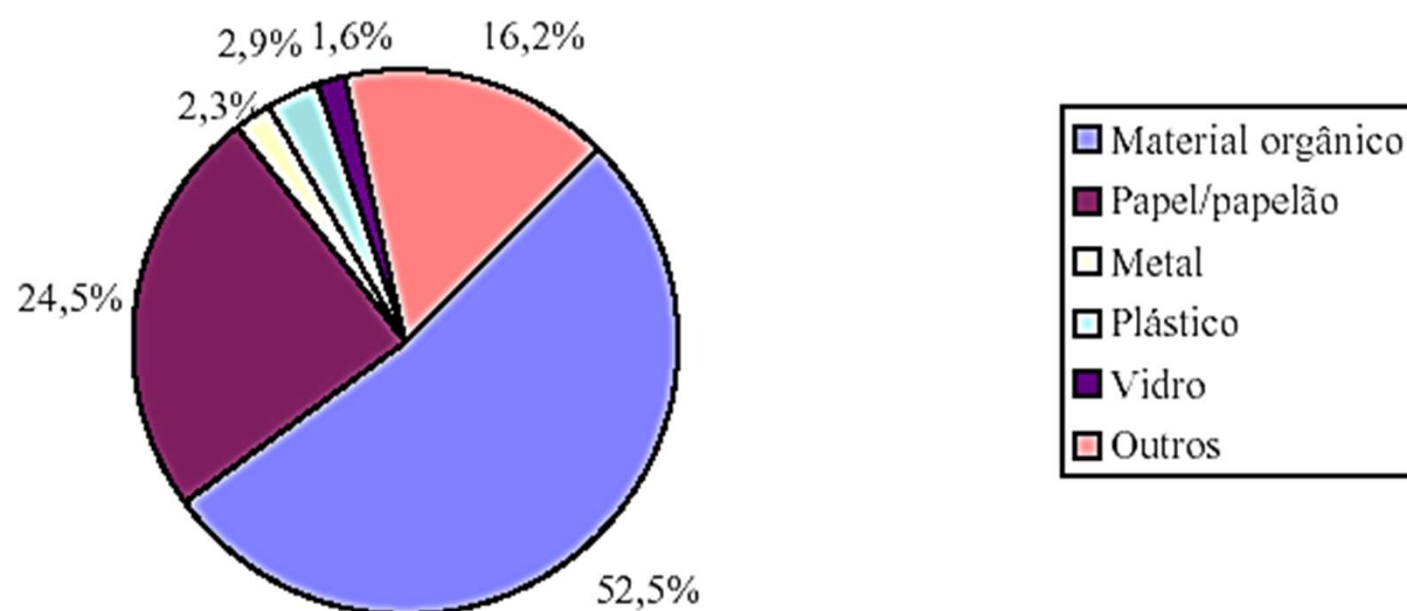


Figura 3. Composição física média dos RSU no Brasil. (IPT,2000).

Tabela 4 - Composição gravimétrica (%) do lixo.

Componentes	1927	1957	1969	1976	1991
Matéria orgânica	82,50	76,00	52,20	62,70	60,60
Papel/papelão/jornal	13,40	16,70	29,20	21,40	13,87
Plástico duro/filme	-	-	1,90	5,00	11,47
Metal ferroso	1,70	2,23	7,80	3,90	2,83
Metal não ferroso	-	-	-	0,10	0,69
Trapos/couro/borracha	1,50	2,70	3,80	2,90	4,39
Vidros	0,90	1,40	2,60	1,70	1,69
Terra/pedras	-	-	-	0,70	0,77
Madeiras	-	-	2,40	1,60	0,75
Diversos	-	0,10	-	-	-
Pedras	-	-	-	-	1,71
Peso Específico (kg/m ³)	500	300	230	-	234

Fonte: Diário Oficial, n. 288, 1992, p. 12.



COLETA SELETIVA E RECICLAGEM NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO



Foto: BERMANN, C., 18/07/2014

COLETA SELETIVA E RECICLAGEM NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO



Foto: BERMANN, C., 18/07/2014

GRÁFICO 5. **DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO BRASIL POR TIPO DE DESTINAÇÃO (T/DIA)**

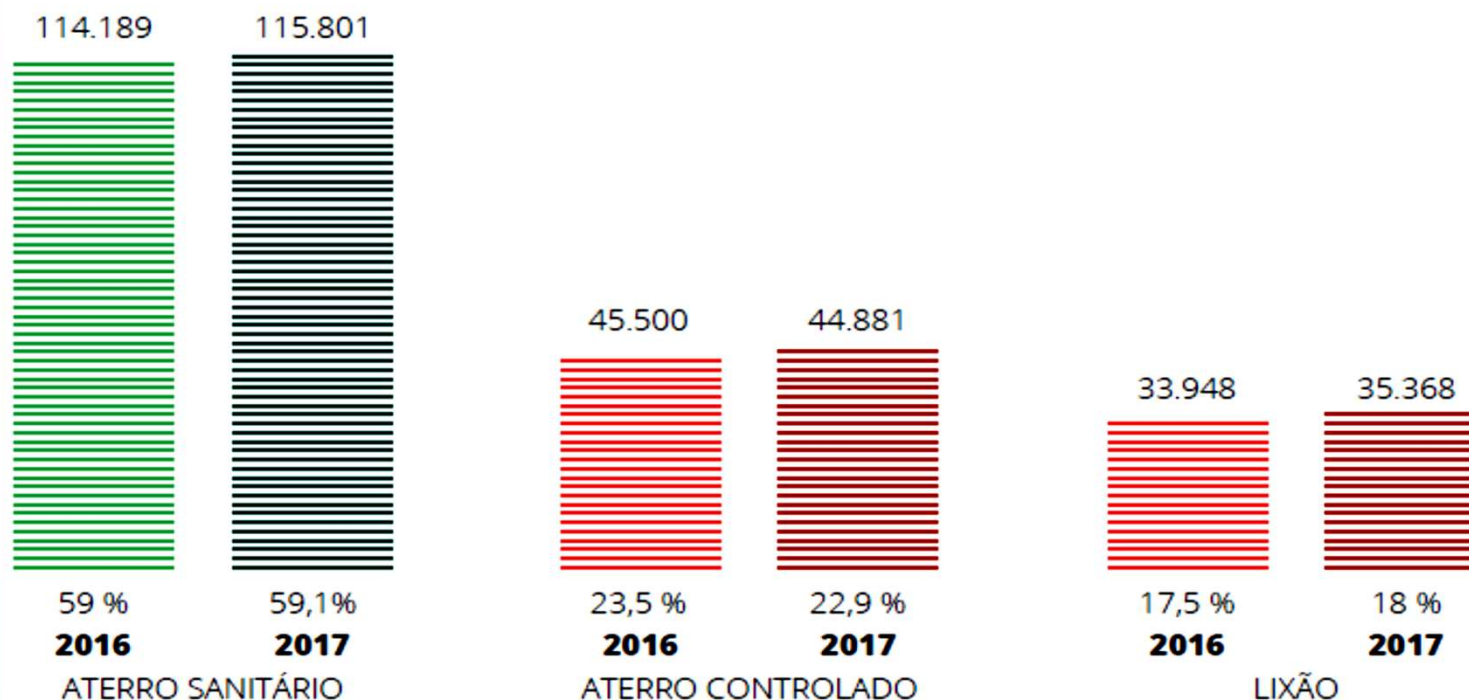


GRÁFICO 6. **DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSU COLETADOS NO BRASIL (T/ANO)**

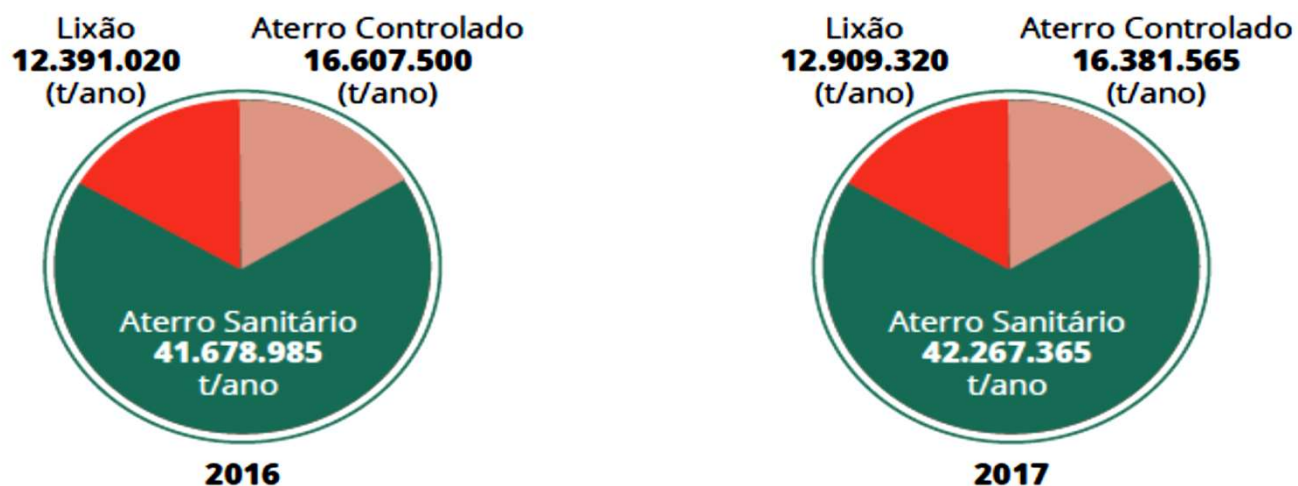
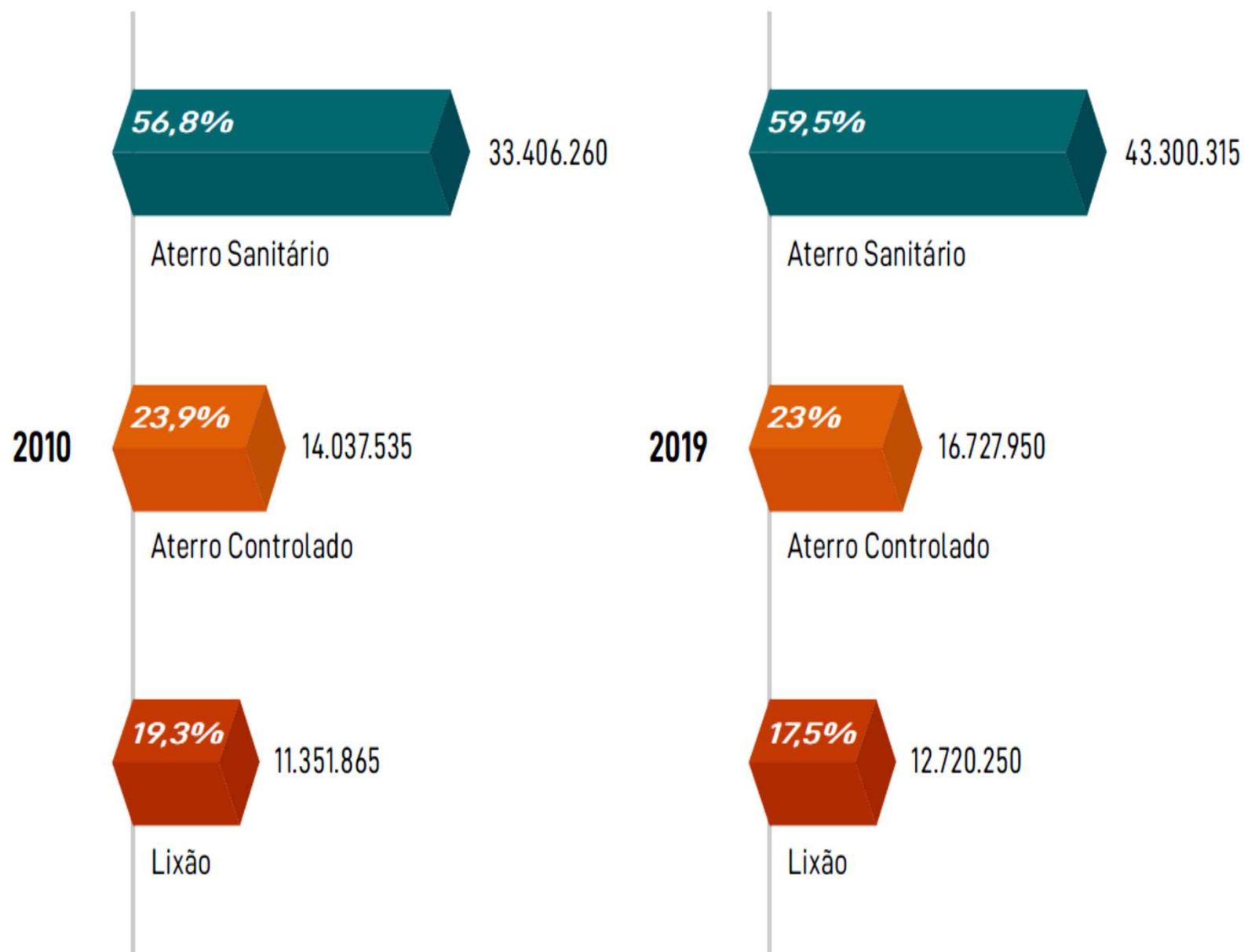


GRÁFICO 8. DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO BRASIL, POR TIPO DE DESTINAÇÃO (T/ANO)





DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

- “Lixões”

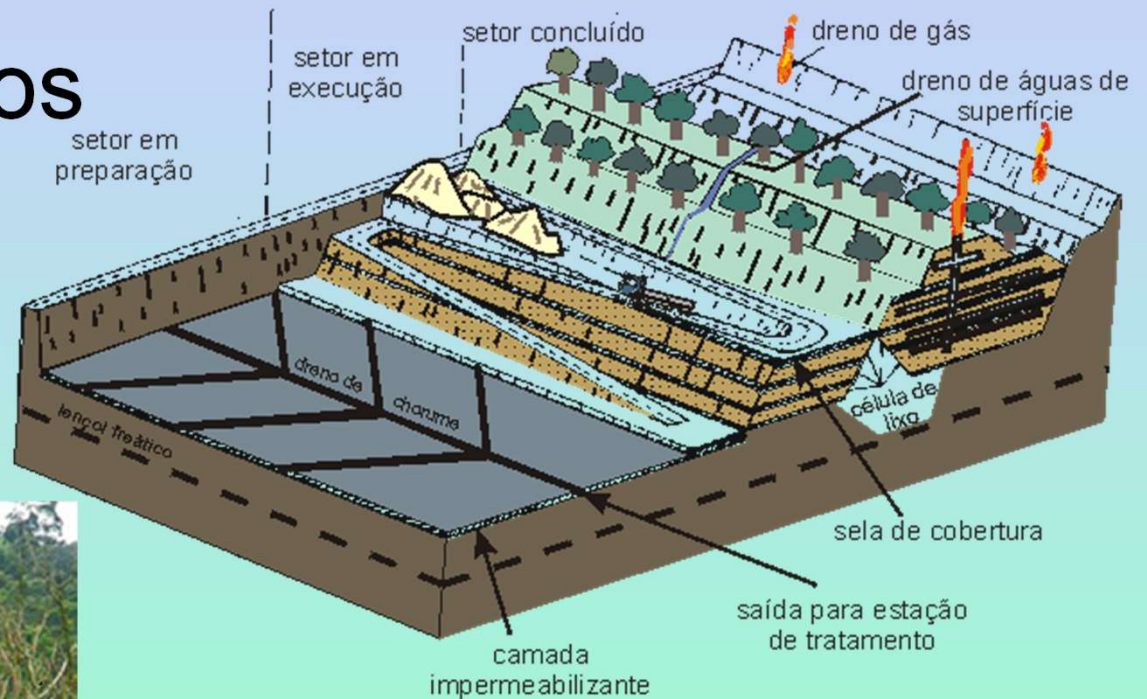






DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

- Aterros sanitários



ATERROS SANITÁRIOS

VANTAGENS

- Custo de investimento muito menor que o requerido por outras formas de tratamento de resíduos
- Baixo custo de operação
- Método de disposição final completo
- Simplicidade operacional
- Flexibilidade operacional

ATERROS SANITÁRIOS

DESVANTAGENS

- Não trata os resíduos, consistindo em uma forma de armazenamento no solo
- Requer áreas significativas
- A sua operação depende de condições climáticas
- Apresenta risco de contaminação do solo e da água subterrânea

DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

- Aterros controlados

Os aterros chamados de controlados, geralmente são antigos lixões que passaram por um processo de remediação da área do aterro, ou seja, isolamento do entorno para minimizar os efeitos do gerado, canalização deste chorume para tratamento adequado, remoção dos gases produzidos em diferentes profundidades do aterro, recobrimento das células expostas na superfície, compactação adequada, e do recebimento de novos resíduos.

