

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS E DE PETRÓLEO

---

**MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS**  
**RECURSOS MINERAIS ENERGÉTICOS**  
**CARVÃO MINERAL**



# CARVÃO MINERAL

- Carvão não é um mineral, mas sim um mineralóide



## MINERALÓIDE

- Materiais de origem geológica que apresentem características semelhantes às dos minerais
- Não atendem à alguns dos requisitos para ser considerado mineral

## MINERAL

- sólido homogêneo;
- natural;
- formado por processos inorgânicos;
- **composição química** definida (mas não fixa);
- arranjo atômico altamente ordenado (**estrutura cristalina** definida)

**Carvão**  
origem **orgânica**

# CARVÃO MINERAL

Rocha **sedimentar**

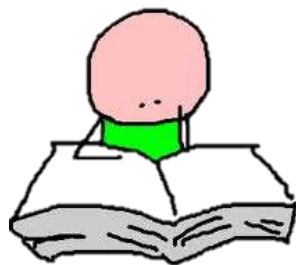


Foto: Leene / Shutterstock.com

<https://globogeografia.wordpress.com/author/marconds/page/3/>

Tais rochas formam-se a partir do transporte, do acúmulo e da consolidação das partículas sedimentares (areia, lama).

Para saber mais: <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares/sedimentares.html>

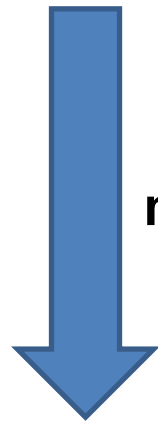
# CARVÃO MINERAL

## Principais usos

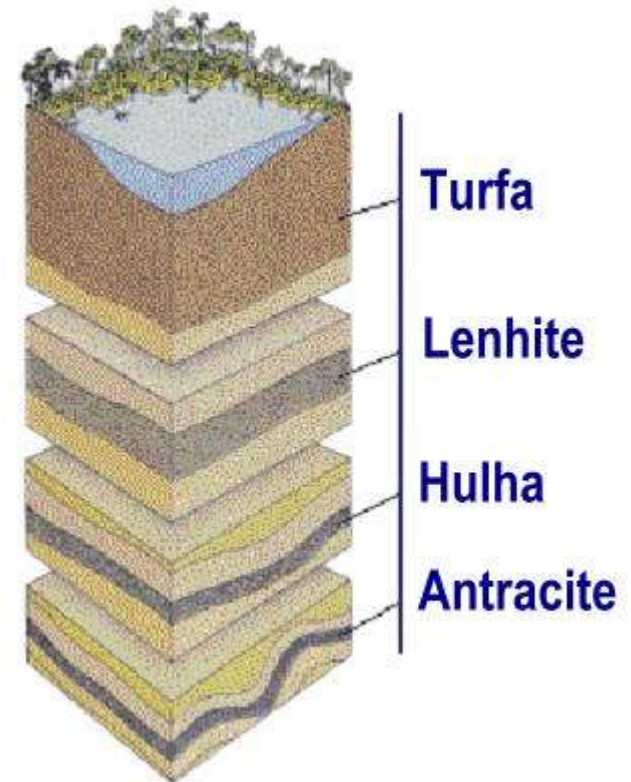
- Combustível em usinas termo-elétricas, aquecimento de caldeiras, fornos
  - Diversas indústrias necessitam de calor em processos de produção, tais como a secagem de produtos, cerâmicas e fabricação de vidros. Estas atividades utilizam o carvão mineral na geração de calor.
- Fonte de carbono em reações químicas de siderurgia
  - O carvão metalúrgico é o principal combustível utilizado em um alto forno, local em que é fundido o minério de ferro para a produção do ferro metálico e aço.
- Como componente ativo de filtros

## CARVÃO MINERAL

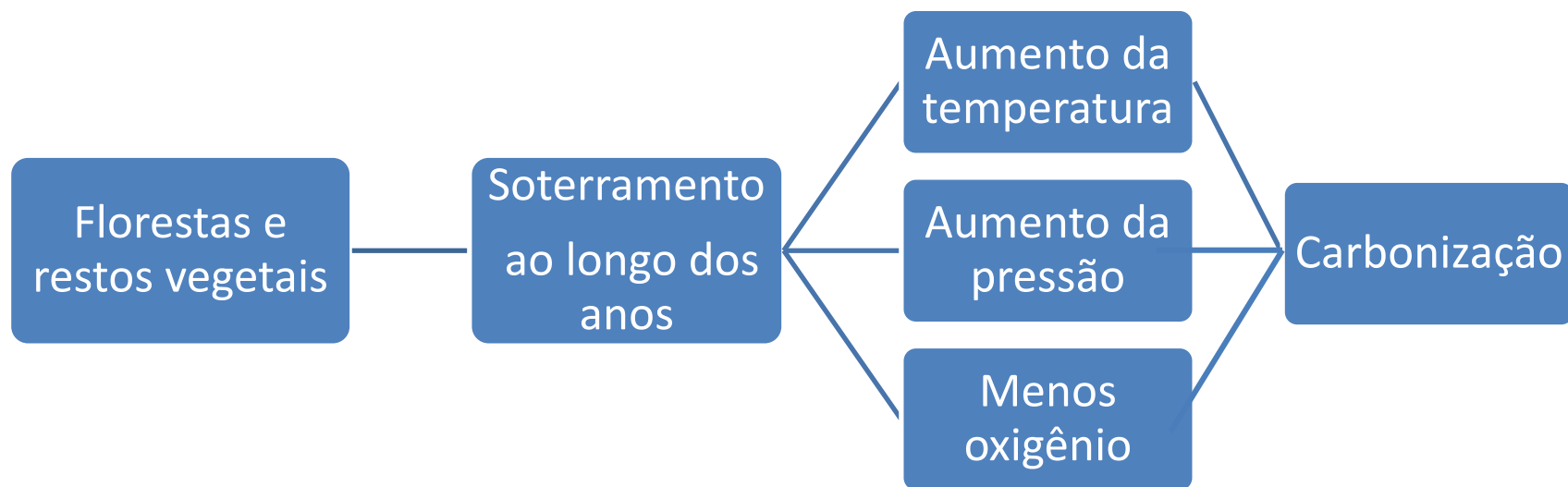
- Composto basicamente por C, H e O (S)
- O carvão é o combustível fóssil mais abundante e seguro
- Possui boa relação custo-benefício
- 4 tipos principais de carvão mineral:
  - Turfa
  - Linhito
  - Hulha
  - Antracito



**Grau de metamorfismo**



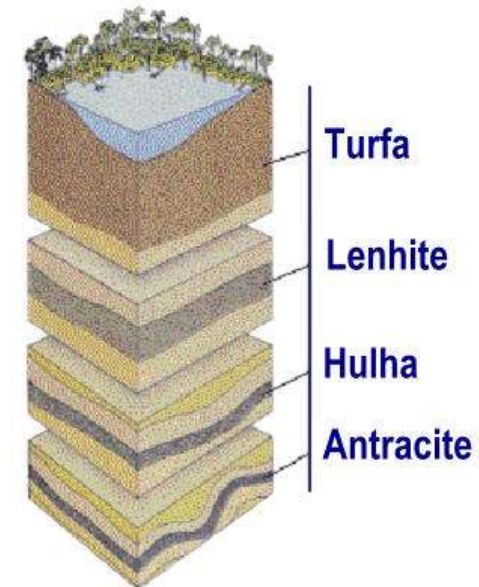
## FORMAÇÃO DO CARVÃO: CARBONIZAÇÃO





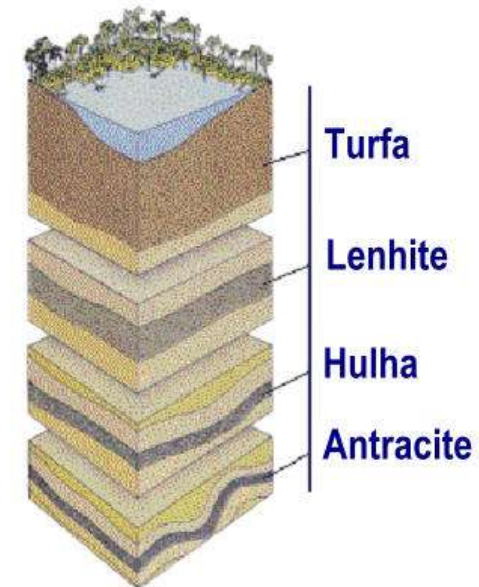
## TURFA

- Acúmulo de vegetação morta
- Baixo poder calorífico
- Teor de carbono: 55-65%
- Principais usos: combustível, filtro, agricultura



## LINHITO

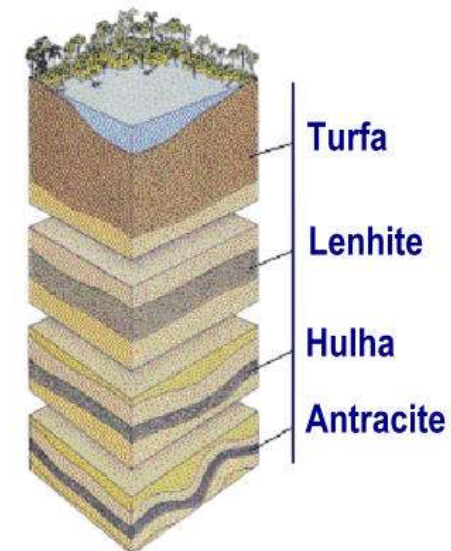
- “Carvão marrom”
- Baixo poder calorífico
- Susceptível à combustão espontânea
- Difícil transporte e armazenamento
- Principal uso: Geração de energia elétrica
- Teor de carbono: 65-80%





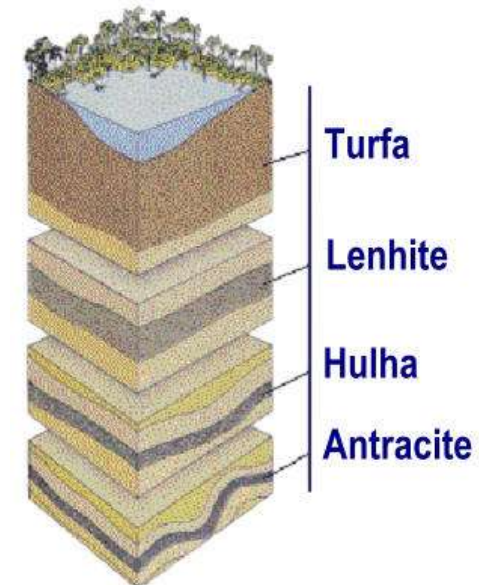
## HULHA

- Apresenta betume em sua composição
- Mais fácil de entrar em combustão
- Menor poder calorífico
- Importante subproduto: Carvão coque
- Principais usos: Produção de energia, cimento e uso na metalurgia
- Teor de carbono: 80-92%



## ANTRACITO

- "Carvão duro"
- Difícil de entrar em combustão
- Chama invisível
- Alto poder calorífico
- Principal uso: Aquecimento de casas
- Teor de carbono: 92-98%



## LAVRA DO CARVÃO

- Existem dois tipos de lavras: superfície e subterrânea
- **Superfície**
  - Carvão aflorado na superfície
  - Desmonte
  - Retirada do material por pás mecânicas e escavadeiras de arrasto
  - Transporte por caminhões e/ou esteiras
  - Até 90% de recuperação do volume total

## LAVRA DO CARVÃO



Mina a céu aberto ou superficial (open mining) - Mina do Recreio, RS



Escavadeira de arrasto



Pá mecânica

## LAVRA DO CARVÃO

- **Subterrânea**

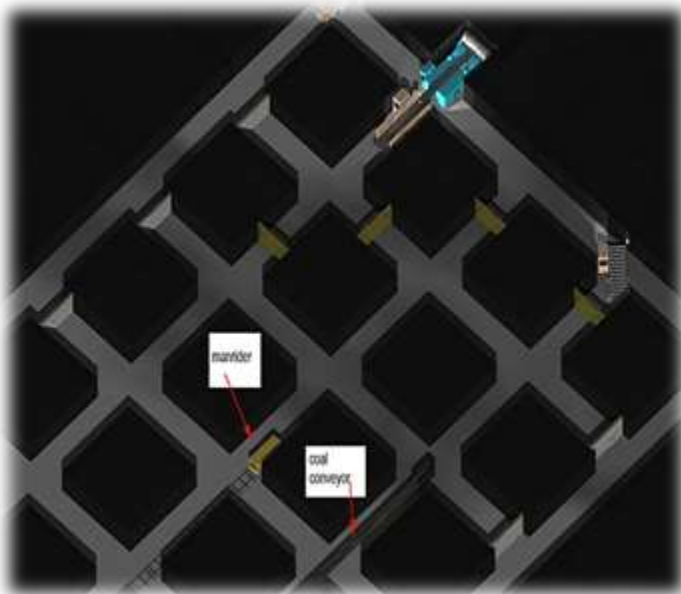
- A lavra é feita através de galerias de forma manual, semi-mecanizada ou mecanizada.





## LAVRA DO CARVÃO

- Subterrânea
  - Métodos: câmaras e pilares (*rommand-pillar*) e frente larga (*longwall mining*)





## BENEFICIAMENTO DO CARVÃO

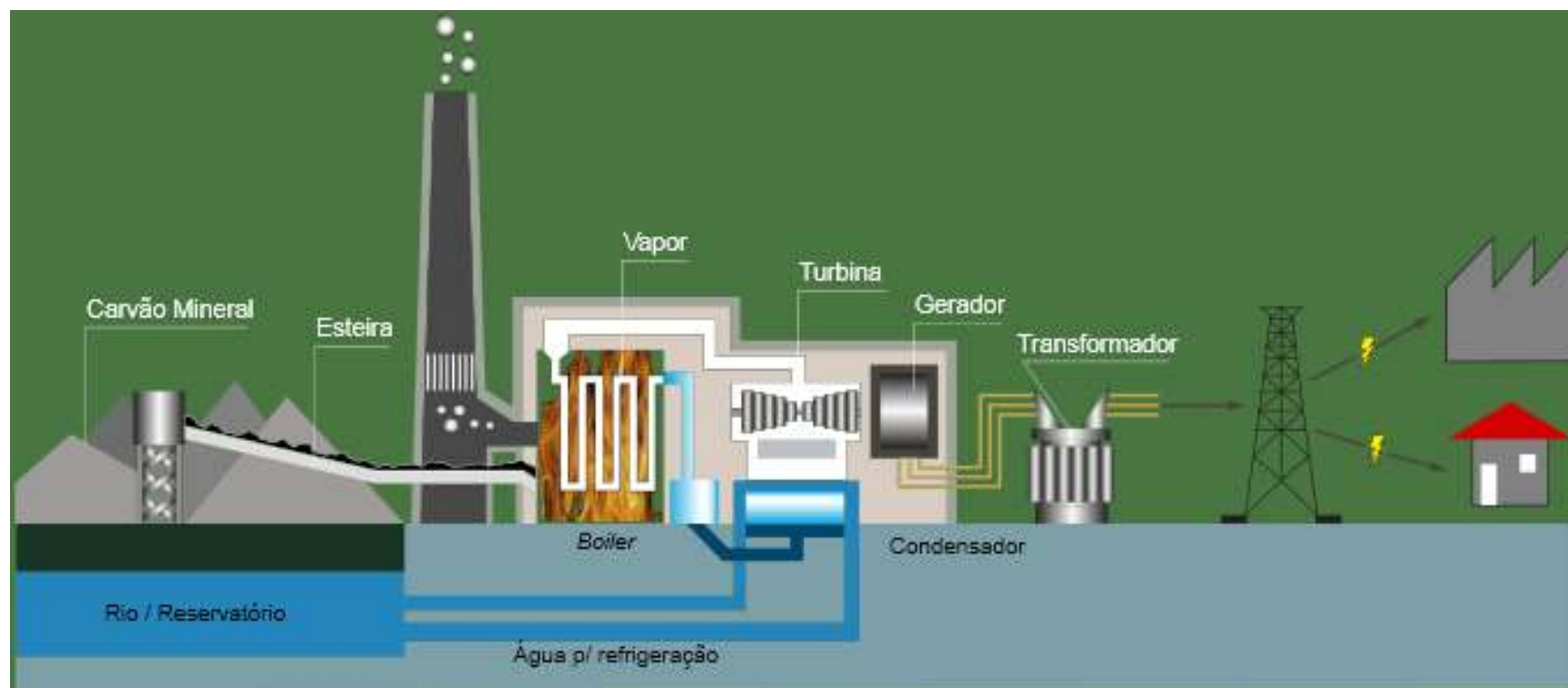
- Carvão bruto obtido denominado minério *run of mine* (ROM)
- Processos que visam a redução de material inorgânico
- Separação densitária entre as fases carvão (menos denso) e rejeito (mais denso)
  - Uma característica importante do carvão é que diferente dos outros minérios, **ele é mais leve que a ganga**. Desta forma, durante um processo de separação por densidade, o concentrado (produto) é mais leve do que o rejeito.

## GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Energia elétrica

- Carvão extraído do solo
- Fragmentação e transporte à usina
- Transformação do carvão em pó
- Queima do carvão
- Calor transferido à água, transformando-a em vapor
- Vapor movimentando uma turbina, a qual gera eletricidade

# GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



Perfil esquemático do processo de produção de energia elétrica a partir do carvão mineral

# **TERMOELÉTRICA**

## **VANTAGENS E DESVANTAGENS**

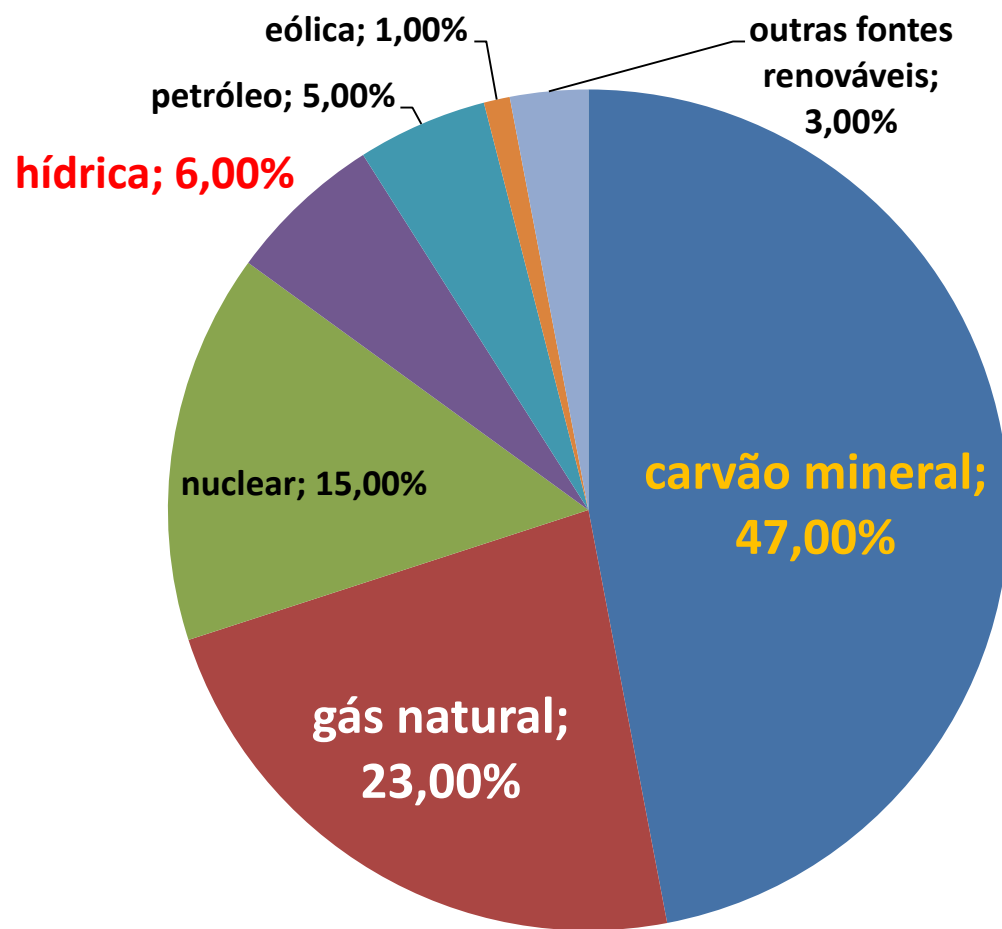
### **Vantagens:**

- **Usina de fácil instalação**
- **Simple alternativa energética**

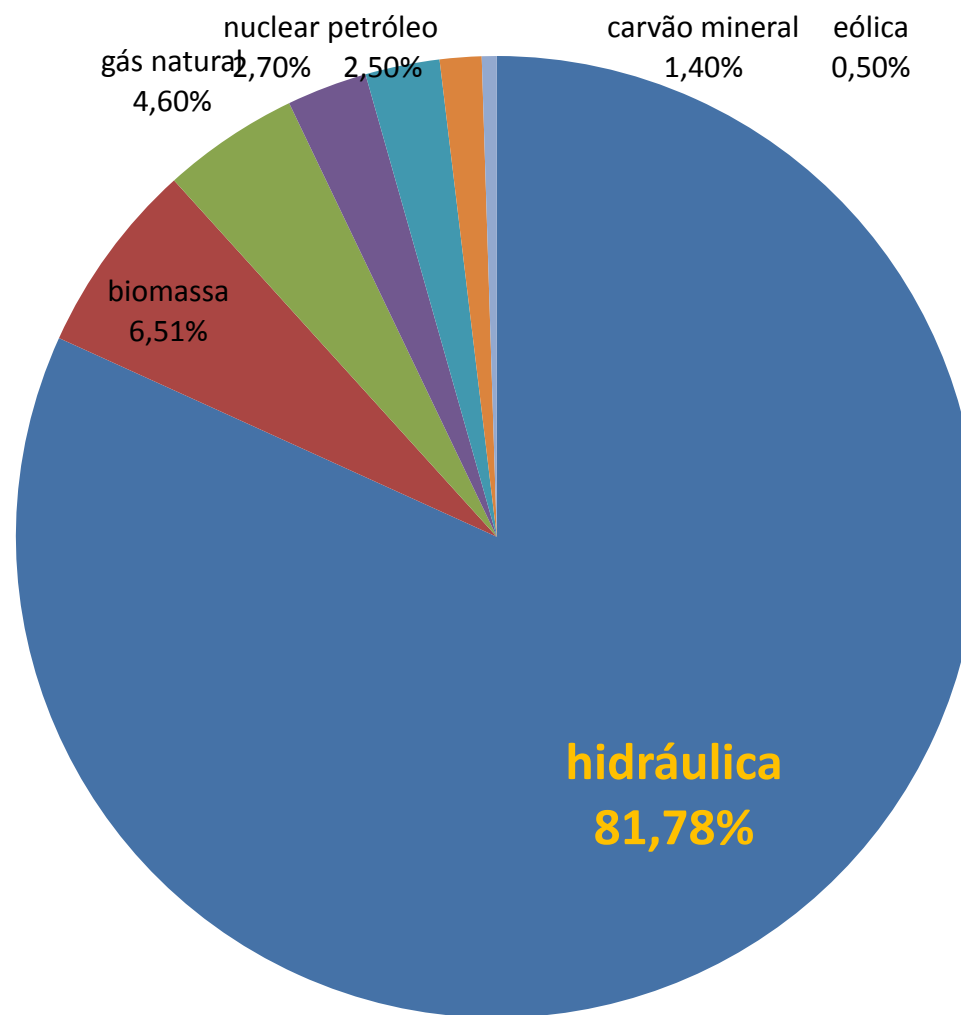
### **Desvantagens:**

- **Poluição ambiental**
- **Depende de recursos naturais**

## MATRIZ ENERGÉTICA EN. ELÉTRICA GLOBAL



# MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

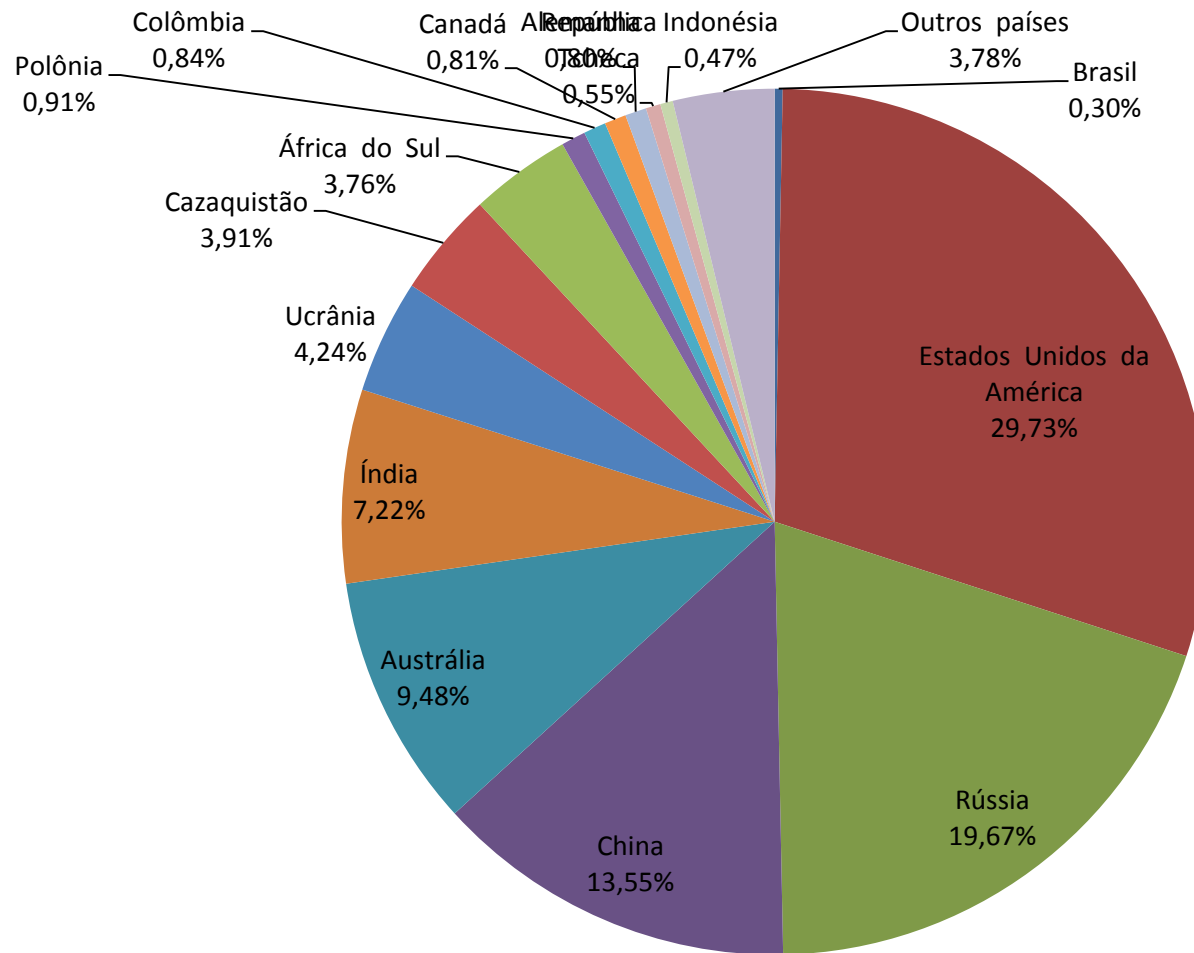




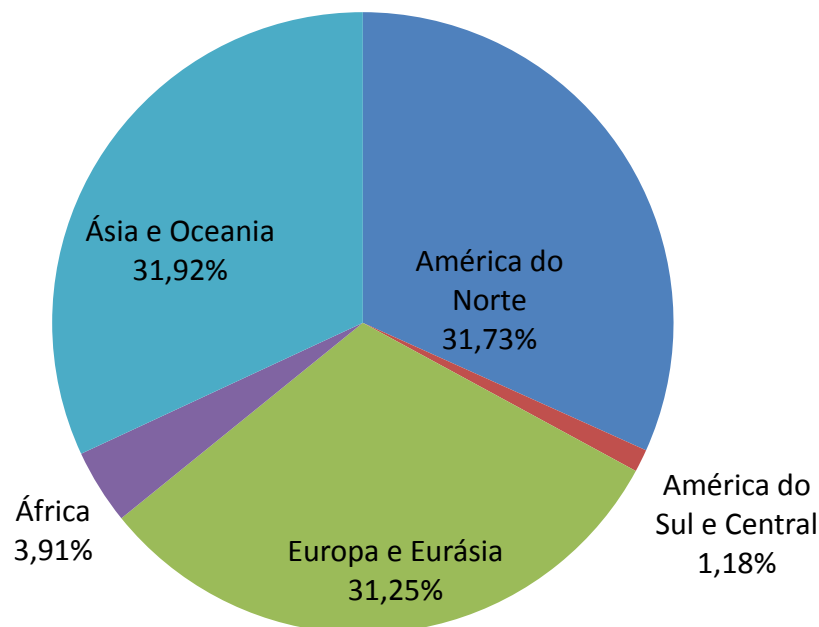
# RESERVAS NACIONAIS DE CARVÃO MINERAL

Discriminação	Reservas (10 <sup>6</sup> t)				
	2008	2009	2010	2011	(%)
Países					
Brasil	930	2.488	2.482	2.392	0,29%
Estados Unidos da América	238.308	238.308	237.295	236.331	29,14%
Rússia	157.010	157.010	157.010	156.360	19,28%
China	114.500	114.500	114.500	107.740	13,28%
Austrália	76.200	76.200	76.400	75.361	9,29%
Índia	58.600	58.600	60.600	57.442	7,08%
Ucrânia	33.873	33.873	33.873	33.713	4,16%
Cazaquistão	31.300	31.300	33.600	31.073	3,83%
África do Sul	30.408	30.408	30.156	29.896	3,69%
Polônia	7.502	7.502	5.709	7.230	0,89%
Colômbia	6.814	6.814	6.746	6.654	0,82%
Canadá	6.578	6.578	6.582	6.442	0,79%
Alemanha	6.708	6.708	40.699	6.337	0,78%
República Tcheca	4.501	4.501	1.100	4.392	0,54%
Indonésia	4.328	4.328	5.529	3.697	0,46%
Outros países	31.083	31.083	46.580	30.089	3,71%
<b>TOTAL</b>	<b>826.931</b>	<b>826.001</b>	<b>858.861</b>	<b>811.031</b>	<b>100,00%</b>

## RESERVAS NACIONAIS DE CARVÃO MINERAL

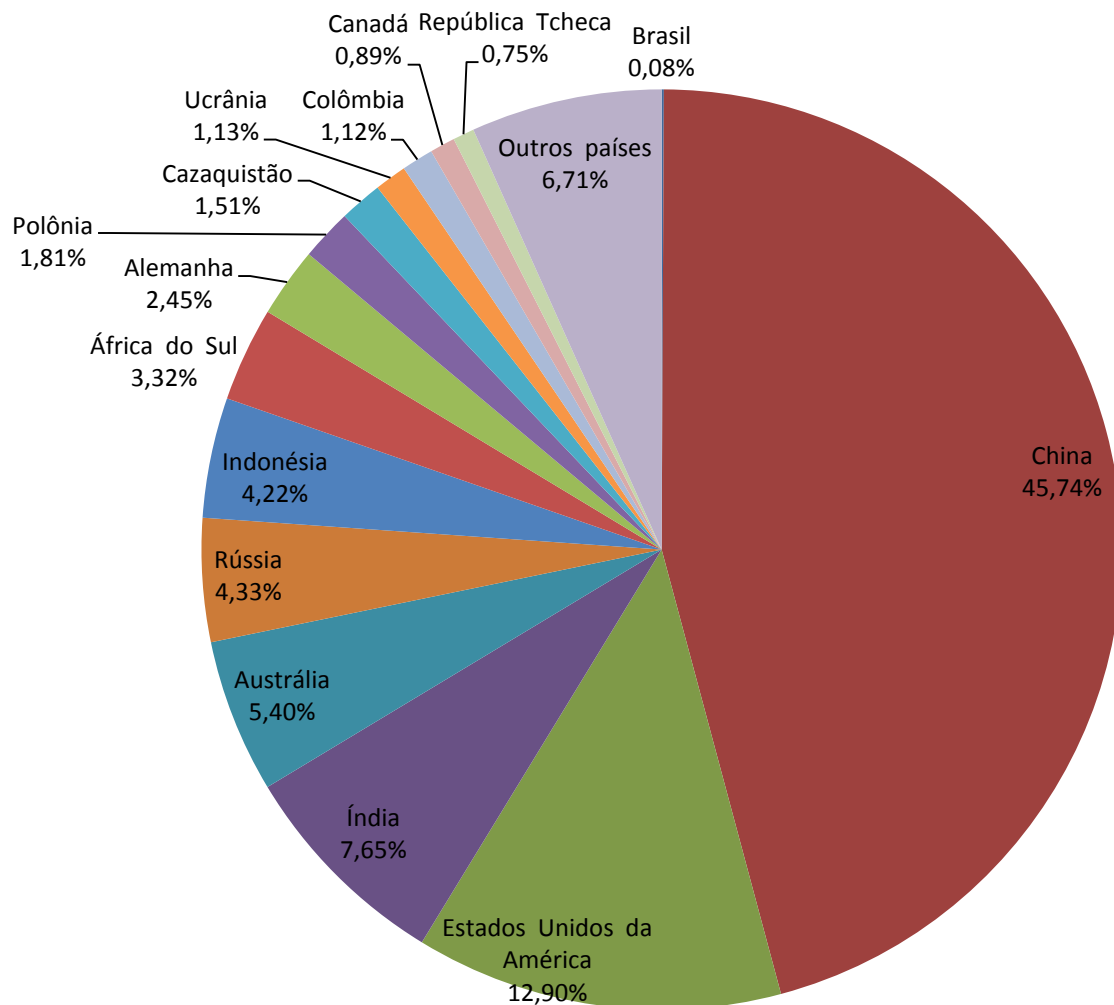


## RESERVAS CONTINENTAIS DE CARVÃO MINERAL

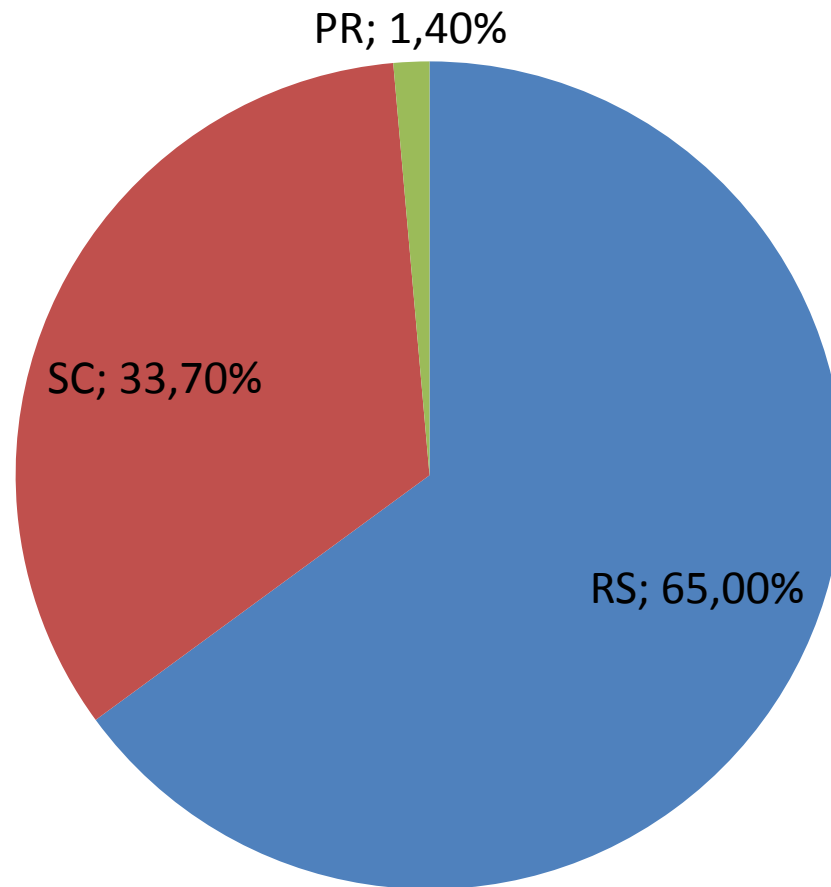


Discriminação	Reservas (10 <sup>6</sup> t)				
	2008	2009	2010	2011	(%)
Continentes					
América do Norte	244.886	244.886	243.877	242.773	31,73%
América do Sul e Central	7.744	9.302	9.228	9.046	1,18%
Europa e Eurásia	240.894	240.894	271.991	239.105	31,25%
África	30.408	30.408	30.156	29.896	3,91%
Ásia e Oceania	253.628	253.628	257.029	244.240	31,92%

# PRODUÇÃO GLOBAL DE CARVÃO MINERAL



## PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CARVÃO MINERAL



# ESTATÍSTICAS BRASILEIRAS

Discriminação		Unidade	2009 <sup>(p)</sup>	2010 <sup>(p)</sup>	2011 <sup>(p)</sup>
Produção	Prod. Benef. - Energético	(t)	5.518.339	5.531.608	5.853.395
	Prod. Benef. - Metalúrgico p/ Fundição	(t)	271.402	216.910	106.656
	Prod. Comercializada*- Energético	(t)	5.818.265	5.748.518	7.299.422
Importação	Bens Primários <sup>(1)</sup>	(t)	14.649.655	19.493.530	22.185.178
		(10 <sup>3</sup> US\$FOB)	2.340.341	3.578.739	5.239.842
	Semi e Manufaturados	(t)	132.064	155.935	135.249
		(10 <sup>3</sup> US\$FOB)	79.540	91.998	92.449
Exportação	Bens primários <sup>(1)</sup>	(t)	628	497	71.774
		(10 <sup>3</sup> US\$FOB)	442	332	9.834
	Semi e Manufaturados	(t)	78.396	77.961	80.097
		(10 <sup>3</sup> US\$FOB)	34.899	46.616	58.333
Consumo Aparente <sup>(2)</sup>	Metalúrgico para siderurgia	(t)	14.571.259	19.415.569	22.105.081
	Finos metalúrgicos	(t)	271.402	216.910	106.656
	Energético <sup>(3)</sup>	(t)	5.738.725	5.661.687	7.206.973
Preços	Carvão <sup>(4)</sup>	(US\$ FOB/t)	159,75	183,59	236,19

Fonte: DNPM/DIPLAM/AMB; SECEX/MDIC- Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico; ABCM.

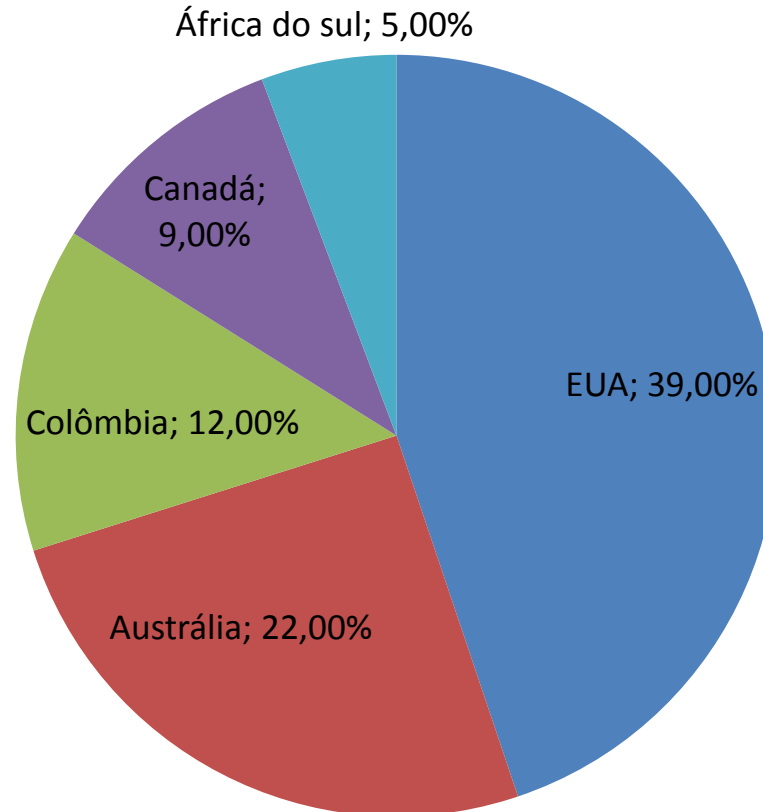
(1) carvão mineral + coque; (2) preço médio dos diversos tipos de carvão importados pelo Brasil; (3) energético para uso termelétrico. (4) produção comercializada=produção beneficiada + estoques, sendo revistos dados de 2009 a 2011. (r) dado revisado;



## IMPORTAÇÃO BRASILEIRA

- As importações de carvão mineral (bens primários) em 2011 cresceram 13,8%, em quantidade, em relação ao ano de 2010. **E o valor das importações cresceu em torno dos 46,4%.**
- Com isso, o desembolso pelas siderúrgicas na compra de carvão importado torna-se maior a cada variação no preço de referência no mercado mundial.
- Os principais países dos quais o Brasil importou carvão conforme os registros do MDIC foram: **Estados Unidos (39%), Austrália (22%), Colômbia (12%), Canadá (9%) e a África do Sul (5%).**

## IMPORTAÇÃO BRASILEIRA



## EXPORTAÇÃO BRASILEIRA

- As exportações do carvão nacional em termos de volume e valor são inexpressivas no mercado internacional.
- Em 2011, aconteceu algo excepcional nos dados históricos, quando o volume exportado chegou aos 71.774 toneladas, porém desconfia-se que trata-se de revenda.
- No habitual, os volumes não ultrapassam a casa das 1.000 toneladas. Em 2010, por exemplo, foram exportadas 497 toneladas de bens primários.

# **CARVÃO E O MEIO-AMBIENTE: MINERAÇÃO**

## **Causadora de diversos problemas ambientais:**

- Erosão do solo
- Geração de poeira
- Poluição sonora
- Poluição da água
- Impacto na biodiversidade local

## CARVÃO E O MEIO-AMBIENTE: QUEIMA

- Efeito estufa ( $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ )
- Chuva-Ácida ( $\text{SO}_x$  e  $\text{NO}_x$ )
- Emissão de partículas
- Emissão de traços de elementos contaminantes (incluindo mercúrio, arsênio e selênio).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Hiserodt, Ed. "Types of coal." The New American 19 de Maio de 2012: 14. Academic OneFile. Web. 30 de Maio de 2013
- [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)
- [www.worldcoal.org](http://www.worldcoal.org)
- [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br)
- [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)
- [www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br)