

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

---

**Atenção:**

**Aprendizado deve ser acompanhado da leitura do  
Capítulo 24 do Callister (5ª. Edição) ou  
Capítulo 23 do Callister (7ª. Edição).**

Prof. Hugo Sandim  
Introdução à Engenharia de Materiais  
LOM 3018

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

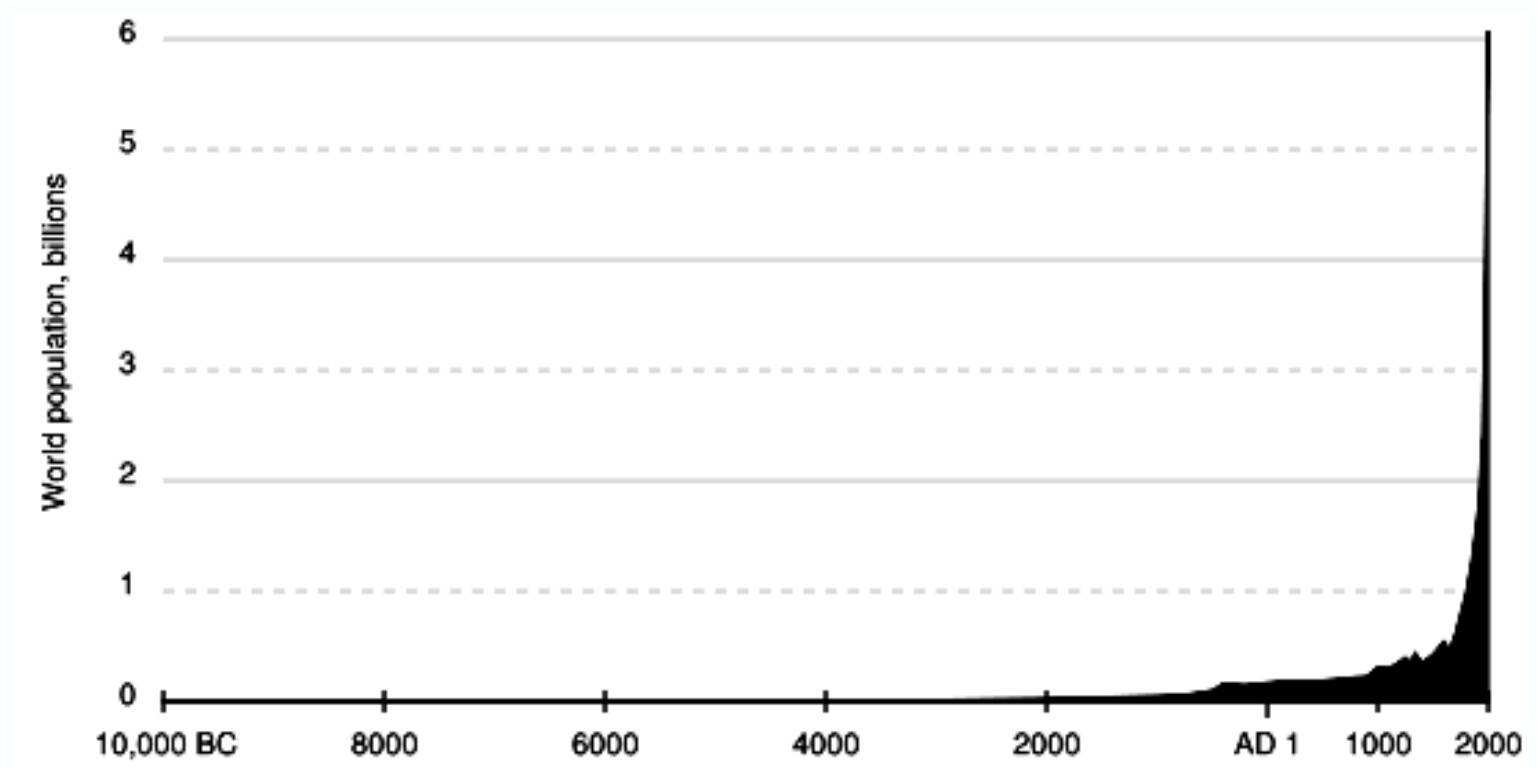
---



**2012: Após 34 anos, maior lixão da América latina (Gramacho) será desativado...**

Fonte: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/1096572-desativacao-do-lixao-marca-recomeco-para-catadores-no-rio.shtml>

# Evolução populacional na Terra

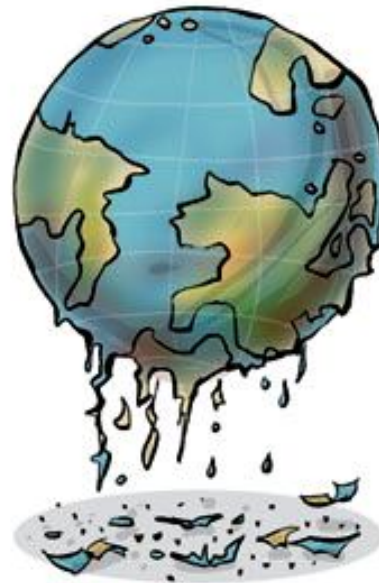


Como conciliar o crescimento populacional (econômico) com a proteção ambiental? Maior população: maior volume de rejeitos.

Resposta: **Sustentabilidade!**

# Evolução populacional na Terra

SUSTENTABILIDADE



*Rico*  
www.ricostudio.blogspot.com

©Rico / [www.ricostudio.blogspot.com](http://www.ricostudio.blogspot.com)

# Consumo de energía per capita

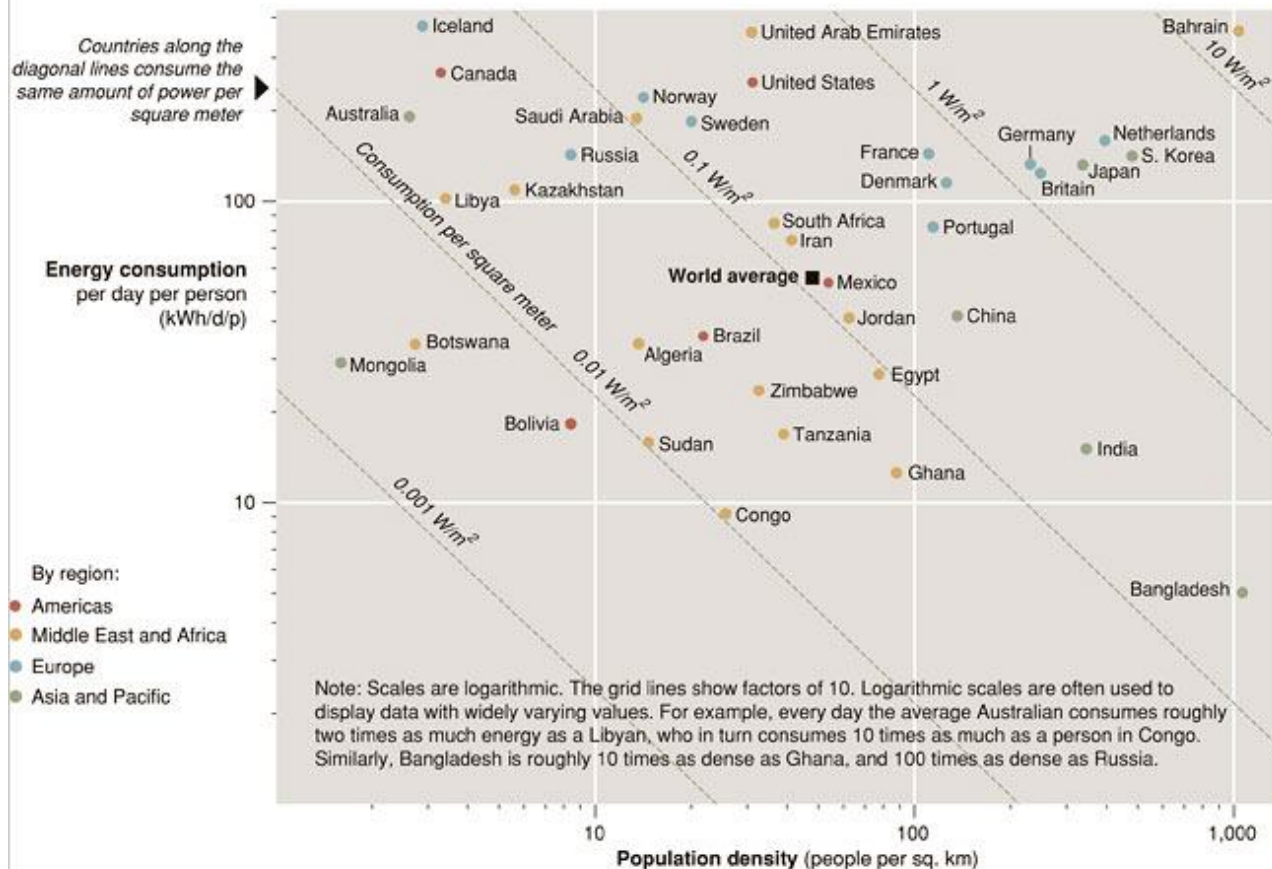
## Making room for renewables

Renewable energy sources like wind and solar will increasingly compete with other uses of land. The chart below shows energy consumption and population density in countries around the world.

The diagonal lines show consumption per square meter. Renewable energy sources produce anywhere from 0.5 watt to 20 watts per square meter — more than

the world average consumption of roughly 0.1 watt — but not all countries are average.

To create a sustainable energy future for their own people, countries in the upper-right corner, both dense and high-consumption, should expect renewable facilities to occupy a significant fraction of their land, if they ever want to live on their own renewables.



Sources: David J.C. MacKay, professor of physics at University of Cambridge, based on data from the U.N. Development Programme and the World Resources Institute

# Sustentabilidade



Consumption of renewable resources	State of environment	Sustainability
More than nature's ability to replenish	Environmental degradation	Not sustainable
Equal to nature's ability to replenish	Environmental equilibrium	Steady state economy
Less than nature's ability to replenish	Environmental renewal	Environmentally sustainable

*“Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the needs of future generations to meet their own needs.”*

*(Brundtland, 1987)*

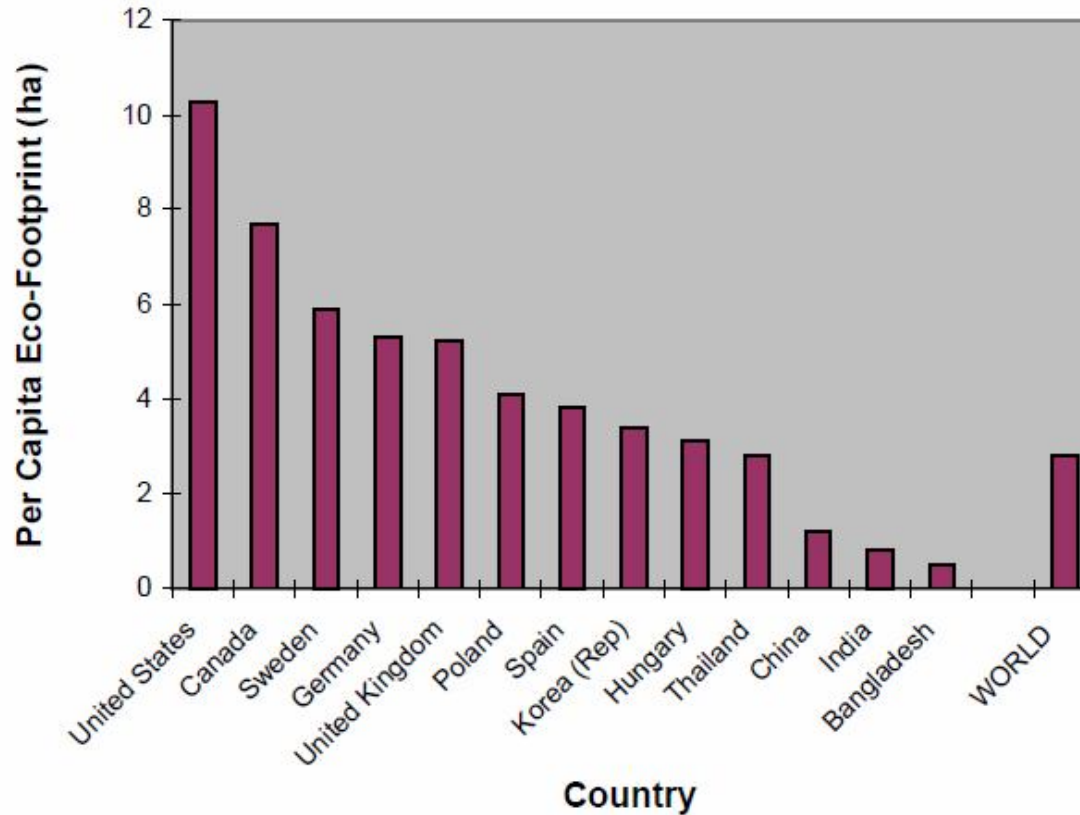
# **Sustentabilidade**

**Direito individual x Direito coletivo:**

**Exemplos atuais**

# Recursos naturais são finitos!

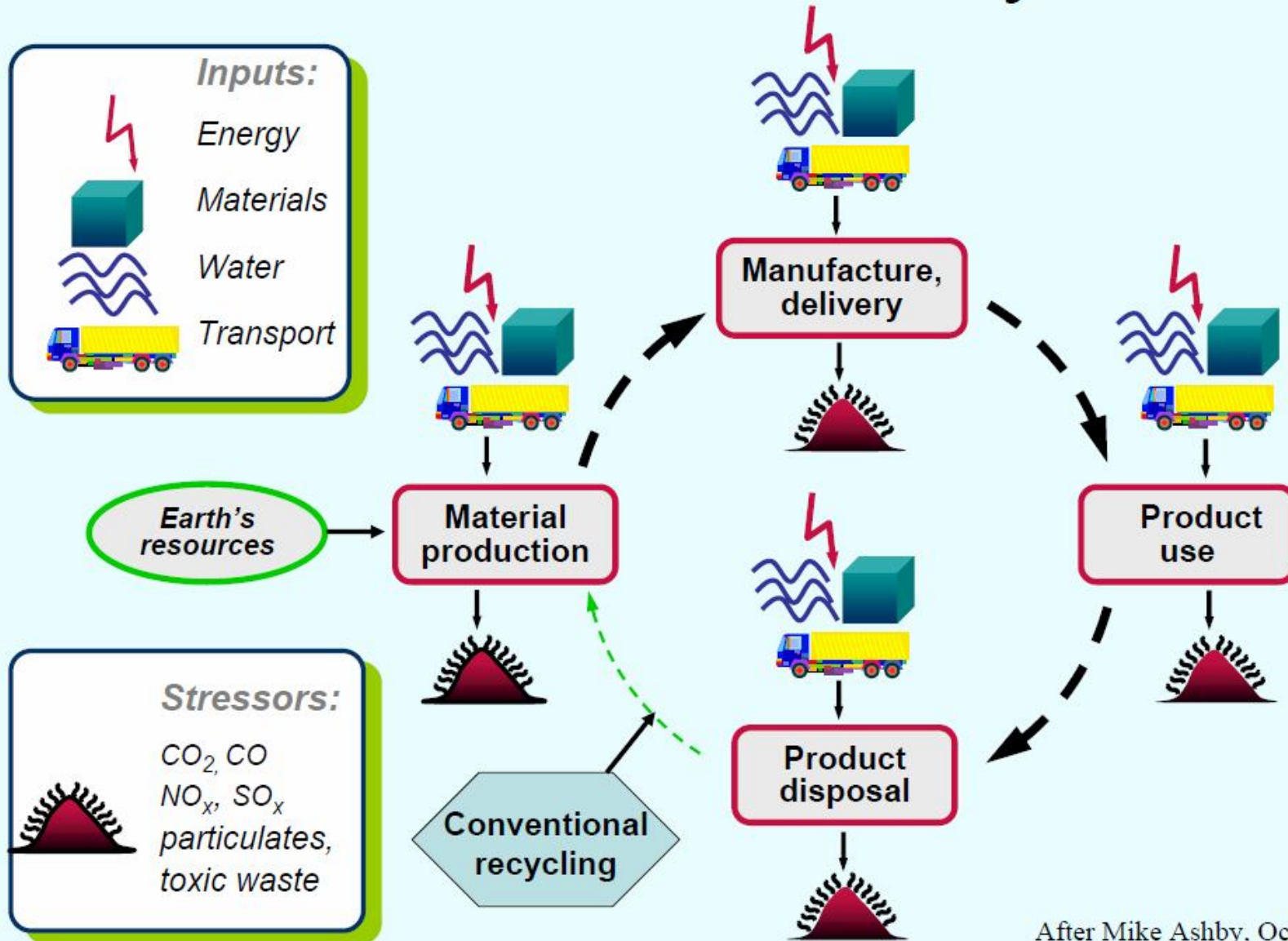
Figure 3: Per Capita Eco-footprints  
of Selected Countries  
(Data from Wackernagel, et al. 1999)



A chamada “*pegada ecológica*” indica quanta área de solo produtivo e com reservas de água potável cada país (pessoa) necessita para manter seu padrão de vida (consumo).



# The material life cycle



After Mike Ashby, October 2005

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

---

## Exemplos de reciclagem:

- **Papel (início em 1921 na Grã-Bretanha)**
- **Concreto e agregados**
- **Plásticos**
- **Pilhas e baterias**
- **Metais ferrosos**
- **Metais não-ferrosos**
- **Vidros**
- **Madeira e compensados**
- **Desmonte de navios**
- **Produtos biodegradáveis (esgoto, biogás, lixo orgânico, compostagem)**
- **Produtos e componentes eletrônicos (celulares, TVs, PCs...)**
- **Cartuchos e *toners* de impressoras**
- **Fibras e tecidos**
- ...



# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

---

**A política dos 3 Rs vale para os diversos tipos de resíduos:**

**Reduzir, reutilizar e reciclar**



# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais



**≈ 260.000 t/dia (número subdimensionado)**

**Table II. Common Toxic Materials in Municipal Solid Waste<sup>40</sup>**

Substance	Sources	Health Effects
Cadmium	Batteries, inks, paints	Carcinogen, ecotoxin, reproductive effects
Lead	Batteries, varnishes, sealants, hair dryers	Neurotoxin, reproductive effects
Mercury	Batteries, paints, fluorescent lamps	Ecotoxin, neurotoxin, reproductive effects
Methyl Chloride	Paint, paint strippers, adhesives, pesticides	Carcinogen
Methyl Ethyl Ketone	Paint thinner, adhesives, cleaners, waxes	Neurotoxin, reproductive effects
Perchloroethylene	Rug cleaners, spot removers, fabrics	Carcinogen, ecotoxin, reproductive effects
Phenol	Art supplies, adhesives	Ecotoxin, developmental effects
Toluene	Paint, nail polish, art supplies, adhesives	Ecotoxin, mutagen, reproductive effects
Vinyl Chloride	Plastics, apparel	Carcinogen, mutagen, reproductive effects

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

**Tabela 24.1 Códigos de Reciclagem, Usos para o Material Virgem e Produtos Reciclados para Vários Polímeros Comerciais**

<i>Código de Reciclagem</i>	<i>Nome do Polímero</i>	<i>Usos para o Material Virgem</i>	<i>Produtos Reciclados</i>
1	Polietileno tereftalato (PET ou PETE)	Recipientes plásticos para bebidas, frascos para soluções bucais e dentais e recipientes para manteiga e molhos para saladas	Frascos para sabão líquido, correias, enchimento de fibras para casacos de inverno, pranchas de surf, pincéis para pintura, revestimento exterior aplicado sobre bolas de tênis, garrafas de refrigerantes, películas e filmes, caixas de ovos, esquis, carpetes, barcos
2	Polietileno de alta densidade (HDPE)	Recipientes para leite, água e sucos, sacolas para supermercado, brinquedos, frascos para detergentes líquidos	Bases de garrafas de refrigerantes, vasos de flores, tubulações de dreno, sinais, assentos de estádios, latas de lixo, latas para reciclagem de lixo, cones para sinalização de trânsito, revestimentos de mochilas para tacos de golfe, frascos para detergentes, brinquedos
3	Cloreto de polivinila ou vinil (V)	Embalagens transparentes para produtos alimentícios, frascos para xampus	Tapetes e capachos, canos, mangueiras, pára-lamas
4	Polietileno de baixa densidade (LDPE)	Sacolas para pão, sacos para alimentos congelados, sacolas para supermercado	Sacos para latas de lixo, sacolas para supermercado, sacolas para usos diversos
5	Polipropileno (PP)	Frascos de ketchup, recipientes para iogurte e frascos para margarinas, frascos para remédios	Degraus para bocas de visita e portas de inspeção, latas de tinta, caixas para guardar fitas de videocassete, raspadores de gelo, bandejas de lanchonetes, rodas de cortadores de grama, peças das baterias de automóveis
6	Poliestireno (PS)	Caixas de videocassetes, caixas de CD, xícaras de café; facas, colheres e garfos; bandejas de lanchonetes, bandejas para carne em supermercados e recipientes para sanduíches em lanchonetes	Suportes para placas de automóveis, sistemas de drenagem para campos de golfe e tanques sépticos, acessórios de mesa para escritórios, arquivos de pastas suspensas, bandejas de alimentos, vasos de flores, latas de lixo, videocassetes

Fonte: Callister

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

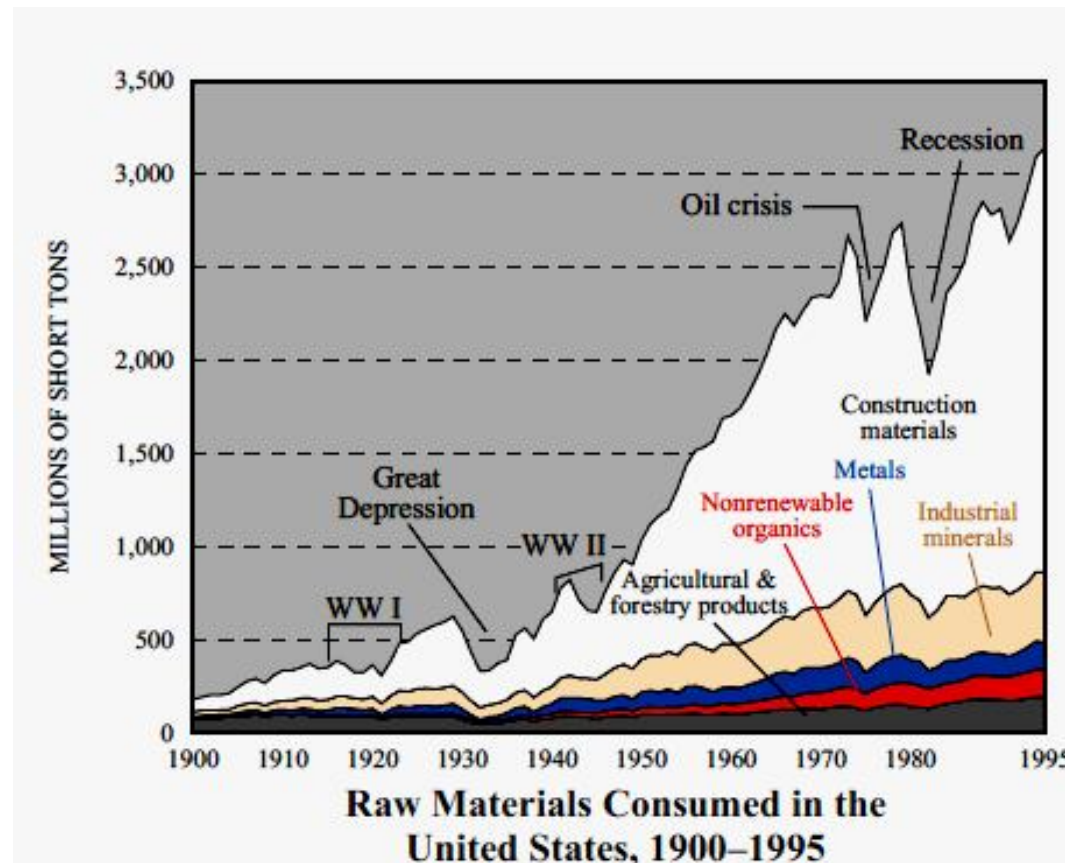
---

**Economia no consumo de energia pela produção a partir de matéria-prima reciclada:**

<b>Material</b>	<b>Consumo de energia (MWh/t) – matéria-prima virgem</b>	<b>Consumo de energia (MWh/t) – matéria-prima reciclada</b>	<b>Ganho (%)</b>
Alumínio	17,6	0,7	95
Plástico	6,74	1,44	78,7
Papel	4,98	1,47	71
Aço	6,84	1,78	74
Vidro	4,83	4,19	13

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

## Consumo de material de construção e de outros materiais nos USA



**Elevado volume de resíduos e forte impacto ambiental**

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

---

**Um número para fazer pensar: no Reino Unido, cerca de 8% da energia é gasta na manufatura e no transporte de materiais de construção**

*Fonte: J.C. Morel et al. Building and Environment 36 (2001) 1119–1126*

**Table 2: Environmental impacts of commercial buildings - the ten most influential building materials (adapted from Chau et al, 2006)**

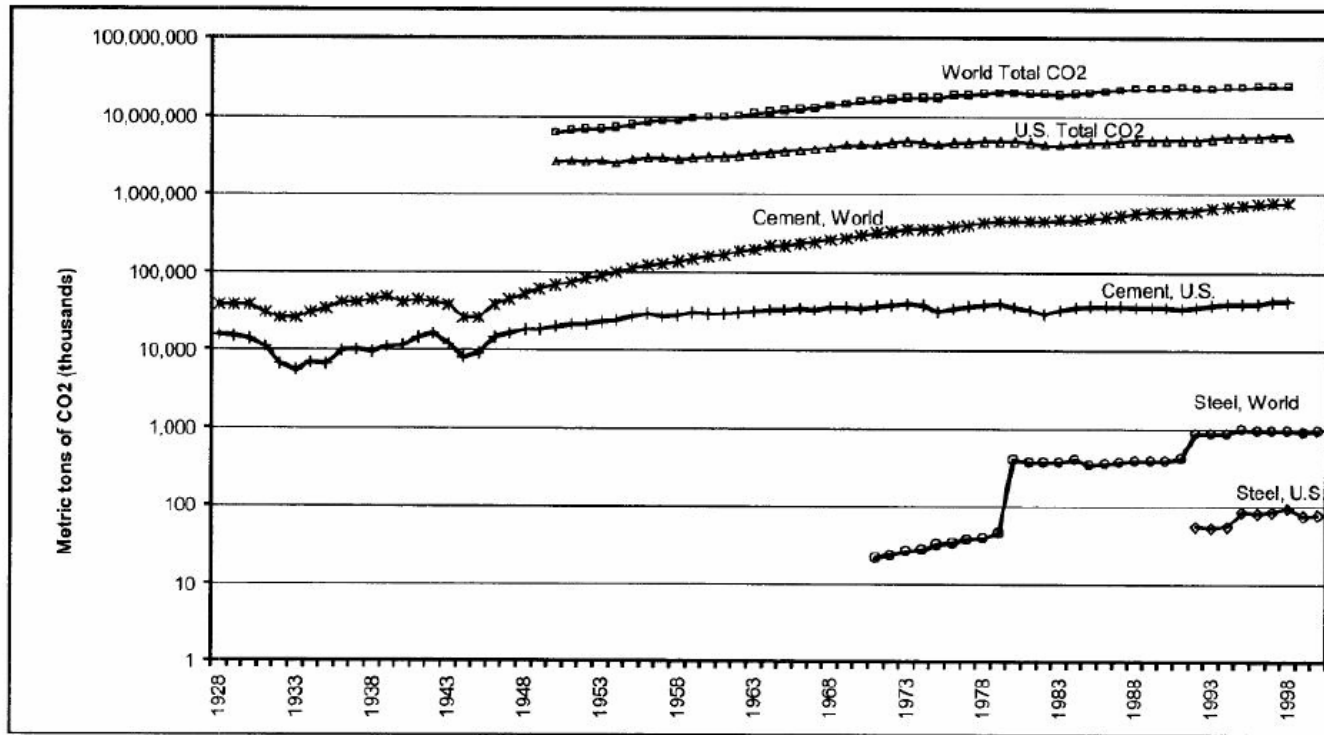
<b>Ranking</b>	<b>Building material</b>	<b>% contribution to overall environmental impacts of building</b>
1	Concrete	21.3
2	Reinforcing bar	16.0
3	Galvanised steel	11.4
4	Plaster, render and screed	10.9
5	Tiles	7.6
6	Stones	5.2
7	Aluminium	5.0
8	Structural steel	4.3
9	Access floor panel	4.1
10	Stainless steel	4.1

**Há espaço e necessidade de desenvolver novos materiais e processos de construção ambientalmente corretos (*green products*)**

*Fonte: C.K. Chau et al. Journal of Cleaner Production. 15(18), pp. 1840-1851*



# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais



**Há espaço e necessidade de desenvolver novos materiais e processos de construção ambientalmente corretos (*green products*)**

*Fonte: Heera Lomite and Sridhar Kare, Master Thesis, University College of Borås, 2009*

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

---

## Geração de resíduos sólidos urbanos per capita.

País	kg/hab/dia
Brasil	0,70
Uruguai	0,90
México	0,87
Estados Unidos	2,00
Canadá	1,70
Alemanha	0,90
Suécia	0,90

Fontes: Cempre/Tetra Pak Américas/Pro Europe/EPA (Environment Protection Agency) EUA (2002)

## Composição dos resíduos sólidos urbanos

	Orgânico	Metais	Plásticos	Papel/Papelão	Vidro	Outros
Brasil	55%	2%	3%	25%	2%	13%
México	42,6%	3,8%	6,6%	16,0%	7,4%	23,6%
Estados Unidos	11,2%	7,8%	10,7%	37,4%	5,5%	27,4% (com resíduos de tipo vegetal, têxtil e madeira)

Fontes: Cempre/Tetra Pak Américas/EPA (2002)

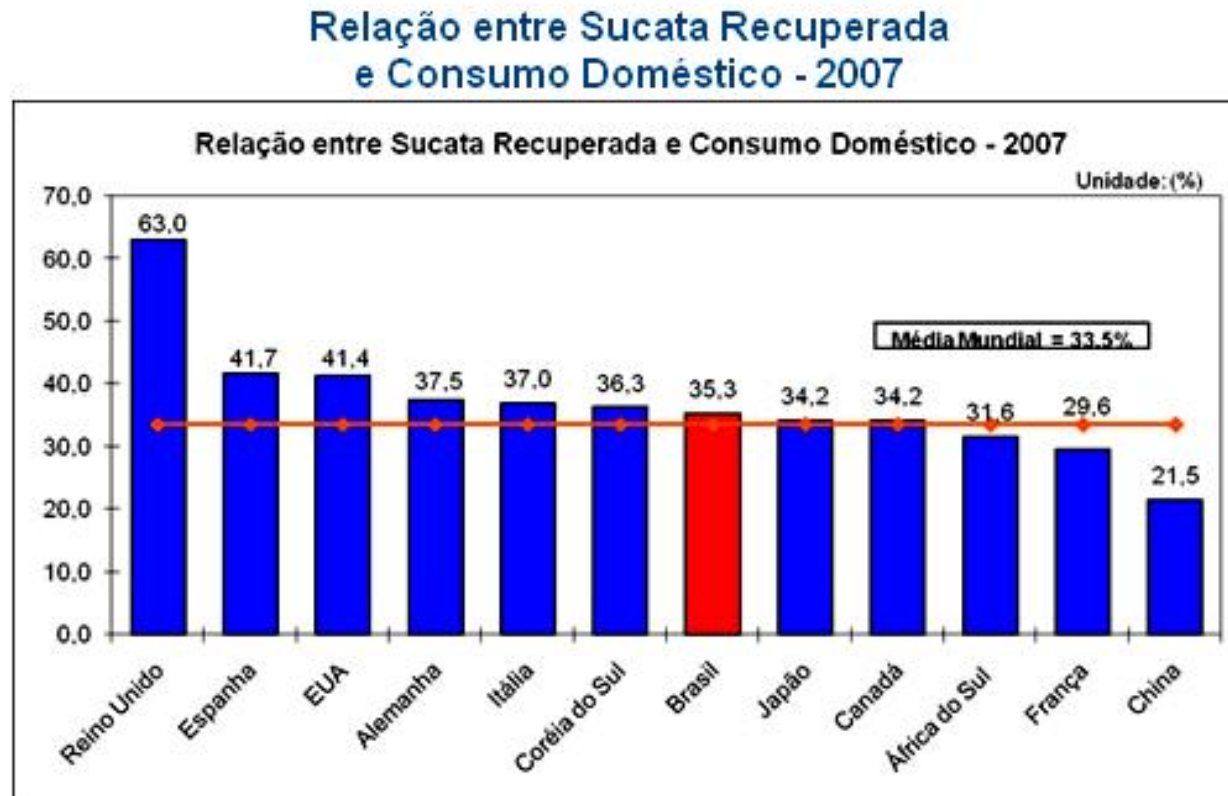
## Reciclagem de resíduos orgânicos

Brasil	1,5%
Argentina, Uruguai e Paraguai	Menos que 5%
Estados Unidos	59,3%

Fontes: Cempre - somente pós consumo/EPA (2001)

## Geração e natureza dos resíduos

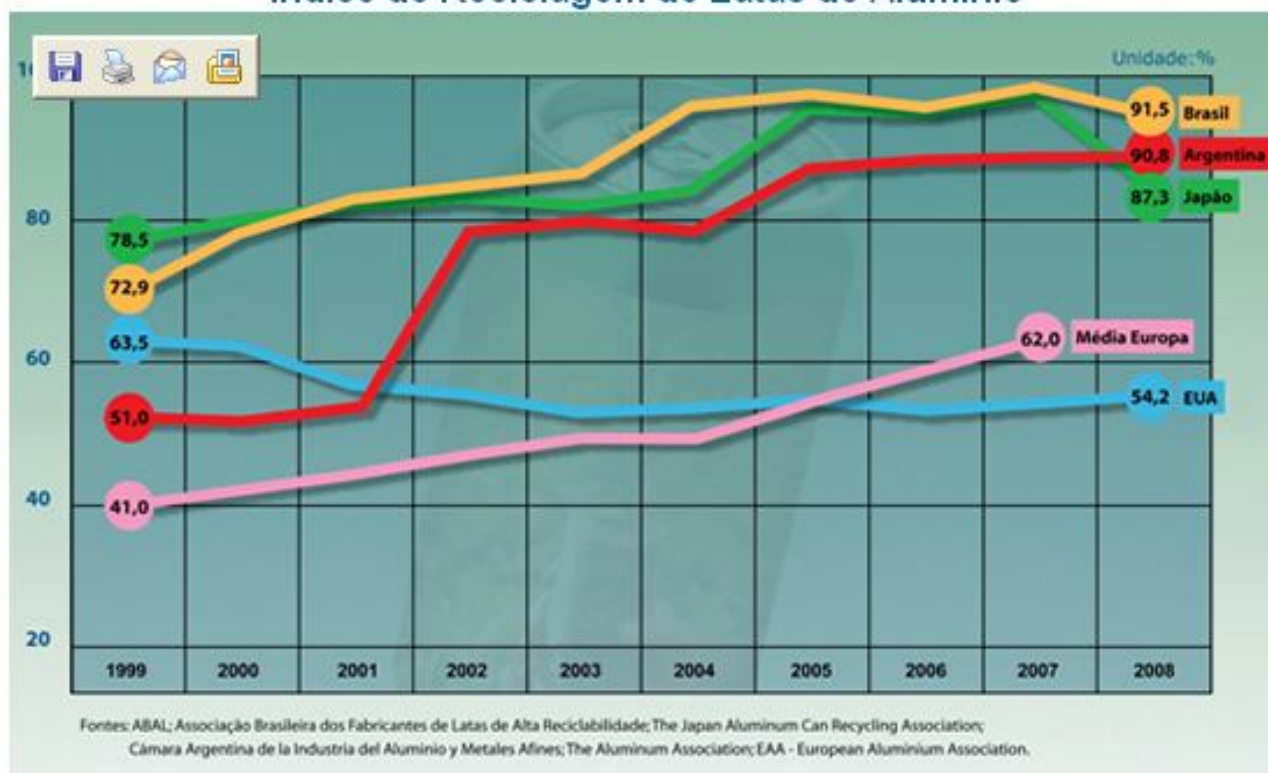
# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais



**Reciclagem de sucata de alumínio no Brasil:  
um caso de sucesso, mas ainda longe do ideal.**

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

## Índice de Reciclagem de Latas de Alumínio

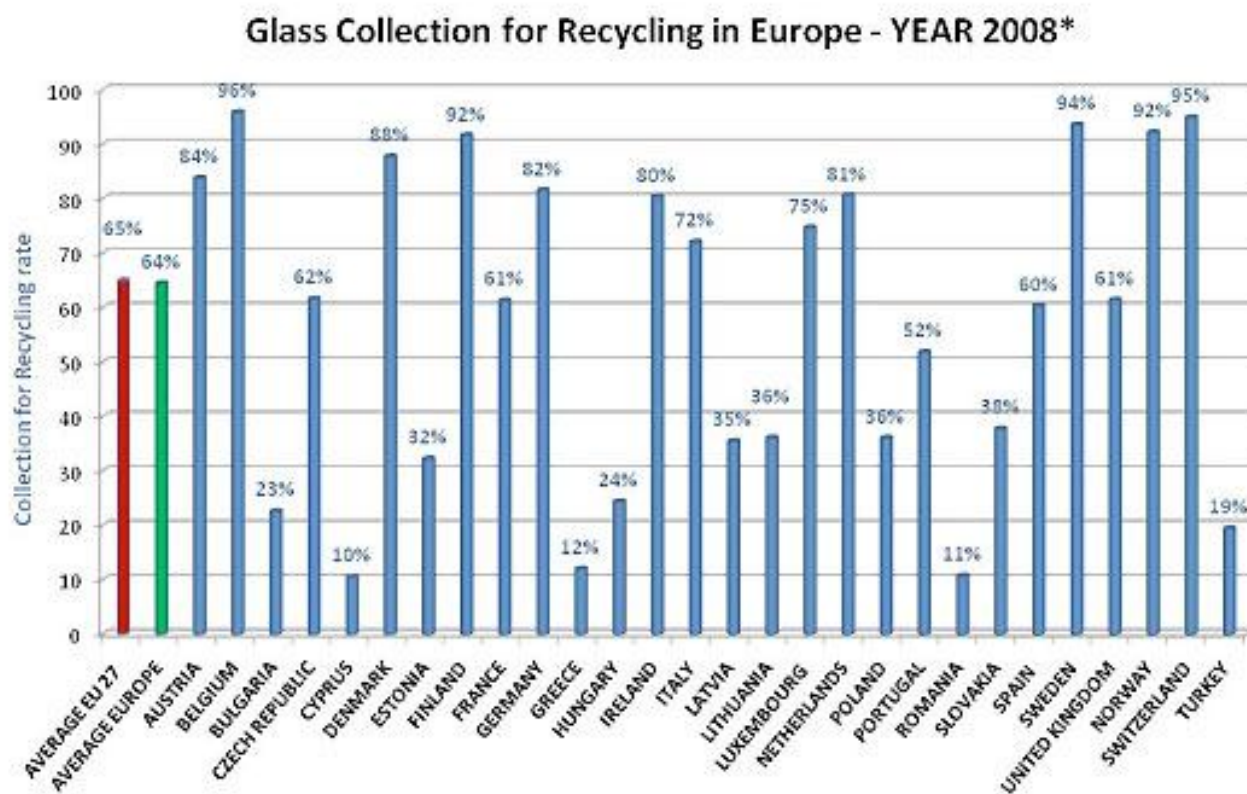


Fontes: ABAL; Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Reciclabilidade; The Japan Aluminum Can Recycling Association; Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines; The Aluminum Association e EAA - European Aluminium Association.

**Reciclagem de latas de alumínio no Brasil (>90%):  
um caso de sucesso.**

Fonte: ABAL

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

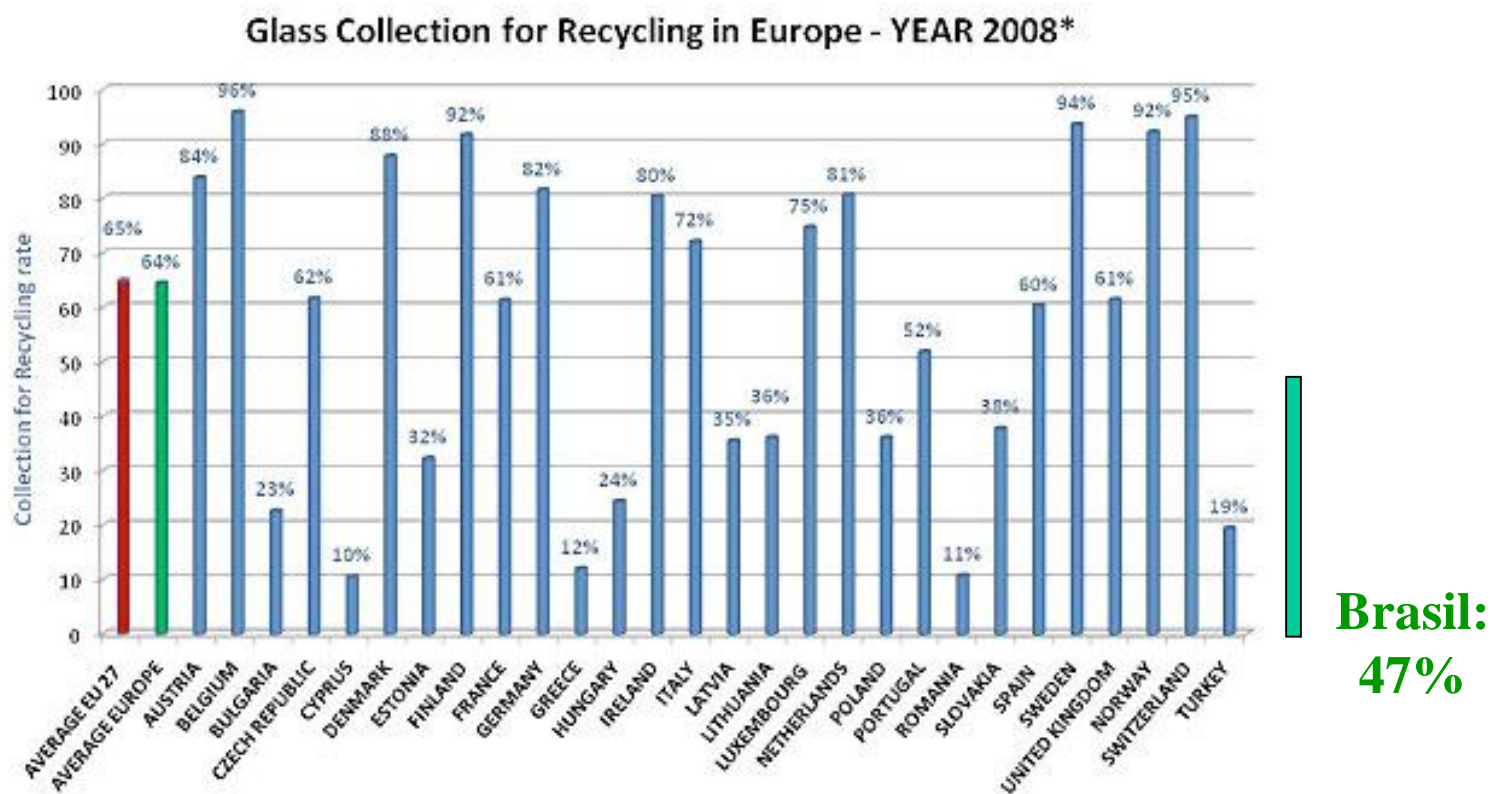


\* Source: FEVE - Where 2008 data were not available Eurostat Data Year 2007 were included

**Reciclagem de vidro:  
Muito a melhorar no Brasil...**

Fonte: FEVE e Abividro

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais



\* Source: FEVE - Where 2008 data were not available Eurostat Data Year 2007 were included

**Reciclagem de vidro:  
Muito a melhorar no Brasil...**

Fonte: FEVE e Abividro

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

---

## A Reciclagem de Plásticos

Brasil	17,5%
Argentina, Uruguai e Paraguai	5%
Chile	Menos que 5%
Alemanha	60%
Espanha	17%
França	15%
República Tcheca	27%
Bélgica	28,5%
Polônia	7%
Suécia	17,6%
Luxemburgo	28%
Estados Unidos	13,5% - maioria garrafas de refrigerantes, água e leite
Colômbia	6%

Fontes: Cempre - somente pós consumo/Pro-Europe/EPA (2001)/Tetra Pak Américas

**Outros números da reciclagem.**

*Fonte: ABRE*

# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

---

## Reciclagem de Papel/Papelão

Brasil	43,9% papelcartão 73% papelão ondulado
Argentina, Uruguai e Paraguai	10%
México	60%
Espanha	52,7%
França	45%
República Tcheca	62%
Noruega	51%
Polônia	38%
Suécia	43,7%
Portugal	16%
Luxemburgo	85%
Estados Unidos	55%
Colômbia	35%

Fontes: Cempre - somente pós consumo/Tetra Pak Américas (1999)/Pro-Europe/EPA (2001)

## Reciclagem de latas de aço

Brasil	45% - latas em geral 78% - latas de aço para bebidas
Argentina, Uruguai e Paraguai	15%
Chile	10%
Peru, Bolívia e Equador	25%
Espanha	45%
República Tcheca	35%
Bélgica	96,5%
Suécia	62%
Estados Unidos	59% (maioria latas de aço)

Fontes: Cempre - somente pós consumo/Pro-Europe/EPA (2001)/Tetra Pak Américas

## Outros números da reciclagem.

Fonte: ABRE



# Questões ambientais em Ciência e Engenharia de Materiais

Tabela geral de reciclagem em 2008

	<b>Vidro</b>	<b>País</b>
	47%	Brasil
	<b>Papel</b>	
→	79,6% - Papelão ondulado	Brasil
	43,7% - Papel de escritório	Brasil
	<b>Longa Vida</b>	
	26,6%	Brasil
	<b>Aço</b>	
	46,5%	Brasil
	<b>Alumínio</b>	
→	91,5%	Brasil
	90,8%	Japão
	87,3%	Argentina
	54,2%	Estados Unidos
	<b>Plástico</b>	
	21,2%	Brasil
	<b>PET</b>	
	69,2%	Japão
→	54,8%	Brasil
	46%	Europa
	34%	Argentina
	27%	Estados Unidos
	12,6%	México

Fonte: Cempre

**Quadro geral da reciclagem no Brasil e no mundo.**

Fonte: ABRE