



**ESCOLA POLITÉCNICA**  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

# PHA3556 - Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos

Aula 1: Introdução Geral, Geração de Resíduos Sólidos  
e Projetos de Engenharia.

Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Definição:**

- Segundo a PNRS (Lei 12.305, 2010) **Resíduo Sólido** é qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Definição:**

- Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) **Resíduos Sólidos** são todos aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam da atividade da comunidade, de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, agrícola, comercial, de serviços de varrição e poda, incluindo lodos de ETAs e ETEs, resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição e líquidos que não possam ser lançados na rede de esgoto em função das suas especificidades.

- **Critérios para Classificação:**

- Origem;
- Grau de Degradabilidade;
- Periculosidade.

# Introdução

## • Classificação Quanto à Origem:



# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Classificação Quanto ao Grau de Degradabilidade:**
  - **FACILMENTE DEGRADÁVEIS:** cascas, folhas e restos de alimentos, etc..
  - **MODERADAMENTE DEGRADÁVEIS:** papéis, papelão e material celulósico, tecidos de algodão, etc..
  - **DIFICILMENTE DEGRADÁVEIS:** pedaços e restos de tecidos, couros, borrachas, madeiras, etc..
  - **NÃO DEGRADÁVEIS:** vidros, metais, plásticos, pedras, solos, cinzas, materiais sintéticos, etc..

# Introdução

- **Classificação Quanto à Periculosidade:**
  - Um resíduo é considerado perigoso quando suas propriedades físicas, químicas e infecto-contagiosas **representam riscos à saúde pública e ao meio ambiente.**
  - A PNRS no artigo, 13 item II, classifica em:
    - Perigosos
    - Não Perigosos
  - A ABNT (NBR 10.004, 2004), classifica em:
    - Resíduos classe I - Perigosos;
    - Resíduos classe II - Não Perigosos;
      - Resíduos classe II A - Não Inertes
      - Resíduos classe II B - Inertes.

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

## Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

### Resíduos classe I – Perigosos:

- Risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
- Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada;
- Ou apresentam qualquer uma das seguintes características:

-  **Inflamabilidade,**  **Corrosividade,**  **Toxicidade,**
-  **Radioatividade,** ou  **Patogenicidade.**

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

## Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

### **Resíduos classe II A – Não Inertes:**

- Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos e nem de resíduos classe II B - Inertes, nos termos da NBR 10.004.
- Os resíduos classe II A – Não Inertes, podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Ex: Resíduos domiciliares, comerciais, de varrição, etc..

# Introdução

## Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

### **Resíduos classe II B – Inertes:**

- Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da NBR 10.004.
- OBS: Uma parcela considerável dos resíduos de construção e demolição **não** são inertes! (Ex: gesso, latas de tintas, solventes, restos de resinas, etc.)

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

## Motivos para reutilizar, reciclar e tratar os resíduos:

- A disposição de resíduos no solo **não é** uma prática sustentável e requer sempre novas áreas;
- Embora os aterros sanitários sejam considerados seguros, não são totalmente confiáveis e estão sujeitos a falhas construtivas e de operação, podendo gerar grandes áreas contaminadas;
- Os aterros de resíduos geram lixiviados que necessitam de tratamento complexo e caro;
- Os aterros geram emissões fugitivas (que não podem ser captadas) de metano, que é um gás de efeito estufa;

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

## Motivos para reutilizar, reciclar e tratar os resíduos:

- A disposição de resíduos no solo é um **desperdício de recursos** materiais e energéticos, favorecendo a extração de recursos naturais virgens não renováveis;
- A reutilização, a reciclagem e o tratamento podem reinserir os resíduos como **matéria-prima** na cadeia produtiva;
- A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS - Lei Nº 12.305/2010) coloca a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos, como **prioridade** em relação à disposição no solo.

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Lei Nº 12.305, de 02/08/2010**
  - Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS):
  - Art. 9º - Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
- **Decreto Nº 7.404, de 23/12/2010**
  - Regulamenta a PNRS.



# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Principais Destinações dos Resíduos Sólidos



# Introdução

## • Principais Destinações dos Resíduos Sólidos



**OBS: Destinação é diferente de disposição!**

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Situação Brasileira:**

## Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos Brasil - 1989/2008

Ano	Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos (%)			
	Vazadouro a céu aberto	Aterro controlado	Aterro sanitário	Total *
1989	88,2	9,6	1,1	98,9
2000	72,3	22,3	17,3	111,9
2008	50,8	22,5	27,7	101,0

\*Alguns municípios possuem mais de uma forma de destinação

Fonte: PNSB, IBGE (2008)

- A compostagem representa apenas 0,63% da massa de resíduos coletada e a incineração 0,03%.
- Os recicláveis recuperados em unidades de triagem representam apenas 1,20% da massa de resíduos coletados.

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Situação Brasileira – Tratamento de Resíduos Sólidos**

- O tratamento dos resíduos sólidos no Brasil ainda é insipiente e mesmo onde existe, trata somente uma pequena parte dos resíduos gerados.

## Compostagem:



## Incineração:



## Triagem de recicláveis:

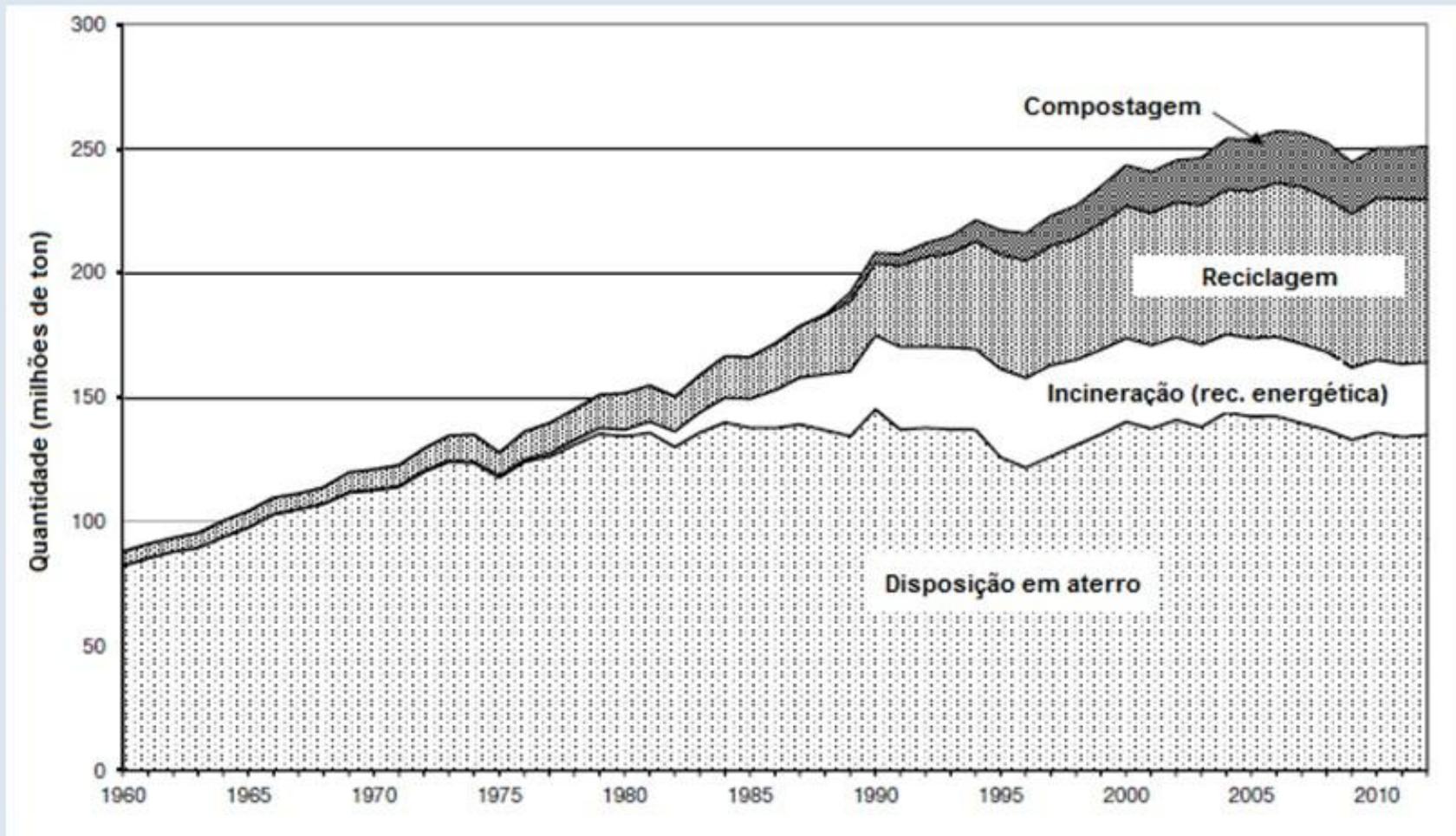


Fonte: Atlas de Saneamento, IBGE (2011).

# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

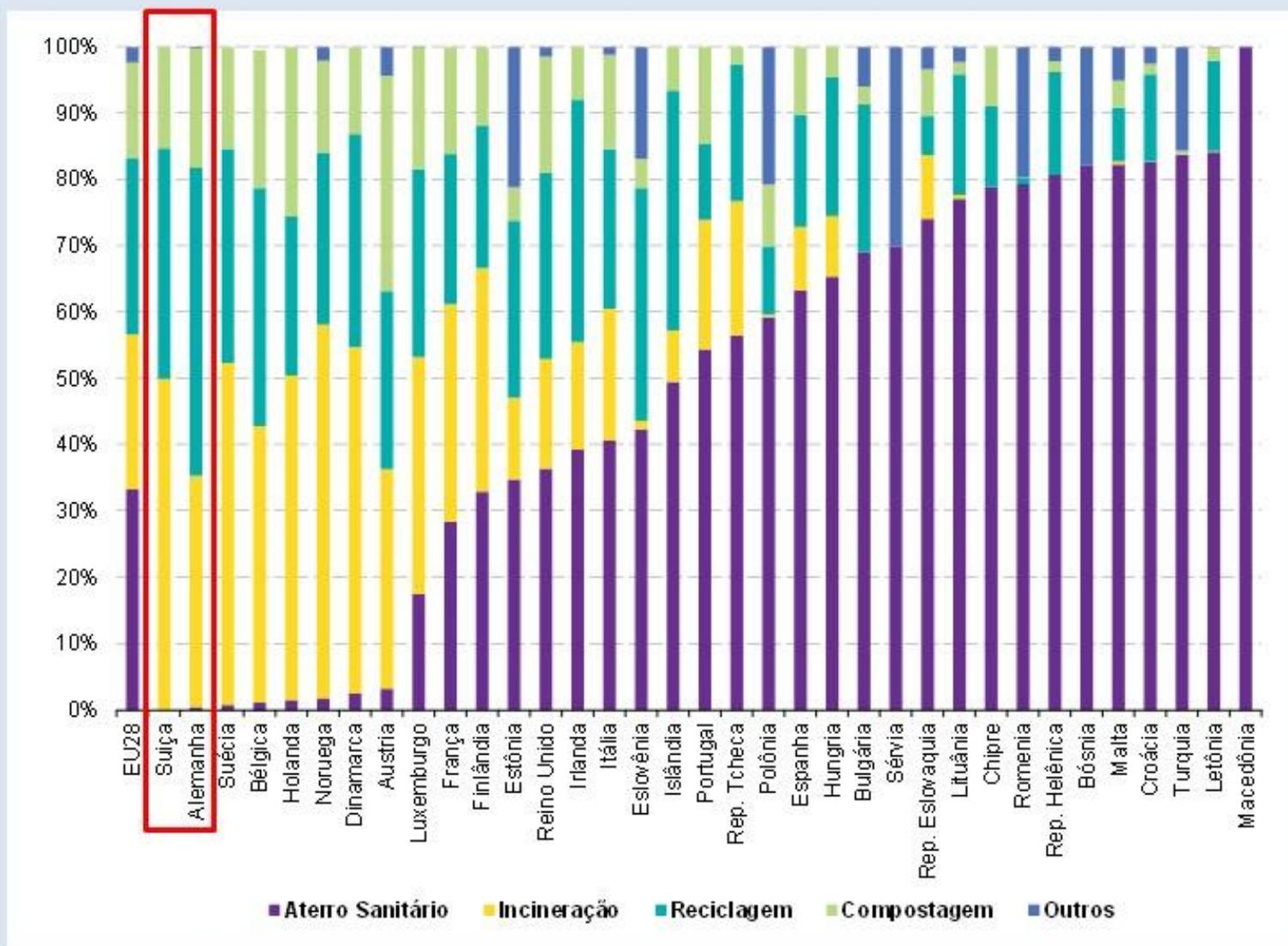
- **Geração e Destinação dos Resíduos nos EUA:**



# Introdução

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Destinação de Resíduos Sólidos na União Europeia:**



Fonte: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera



# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Variáveis que interferem na quantidade e na composição dos resíduos gerados:**
  - População (número de habitantes);
  - Situação Social (grau de pobreza ou riqueza);
  - Situação Econômica (recessão ou economia aquecida);
  - Hábitos Culturais e Religiosos;
  - Tecnologias (podem influenciar a favor ou contra);
  - Grau de Urbanização (população urbana e rural);
  - Clima (sazonalidades);
  - Férias e Festividades (em estâncias turísticas, cidades litorâneas e de veraneio, etc.);
  - Dia da semana, período do mês, mês do ano, etc..

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- A geração de resíduos é o principal parâmetro para o projeto de um sistema de resíduos.
- Projeto de um Sistema de Resíduos → Visa atender a demanda de uma certa quantidade de resíduos gerada (transporte, processamento, reciclagem, tratamento, disposição, etc.).
- Demanda → Pode ser Originada por um **município**, uma **cidade**, um **distrito**, uma **subprefeitura**, uma **região**, um **bairro**, ou até **conjunto de municípios** consorciados.
- Levantamentos Necessários → Informações sobre o local: clima, geografia, atividades econômicas e industriais, agropecuária, aspectos sociais, culturais, etc..
- Cada Projeto → Será função da **quantidade e tipos** de resíduos gerados dentro de um **horizonte de tempo**, segundo as **características de cada local** e também das **tecnologias de tratamento existentes**, levando-se em consideração aspectos **técnicos, econômicos, ambientais e sociais** da localidade.

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos:**
  - Obtida através da **caracterização** dos resíduos → Amostragens em **zonas homogêneas** da localidade, ao longo de uma semana completa e nas várias estações do ano (ou pelo menos no inverno e verão) → Para se considerar as sazonalidades;
  - As zonas homogêneas podem ser **regiões** ou **bairros** com padrões de **renda, urbanização e ocupação** semelhantes ou equivalentes;
  - Consultar:
    - IBGE;
    - Prefeituras;
    - Datasus;
    - Etc.



# Geração de Resíduos Sólidos

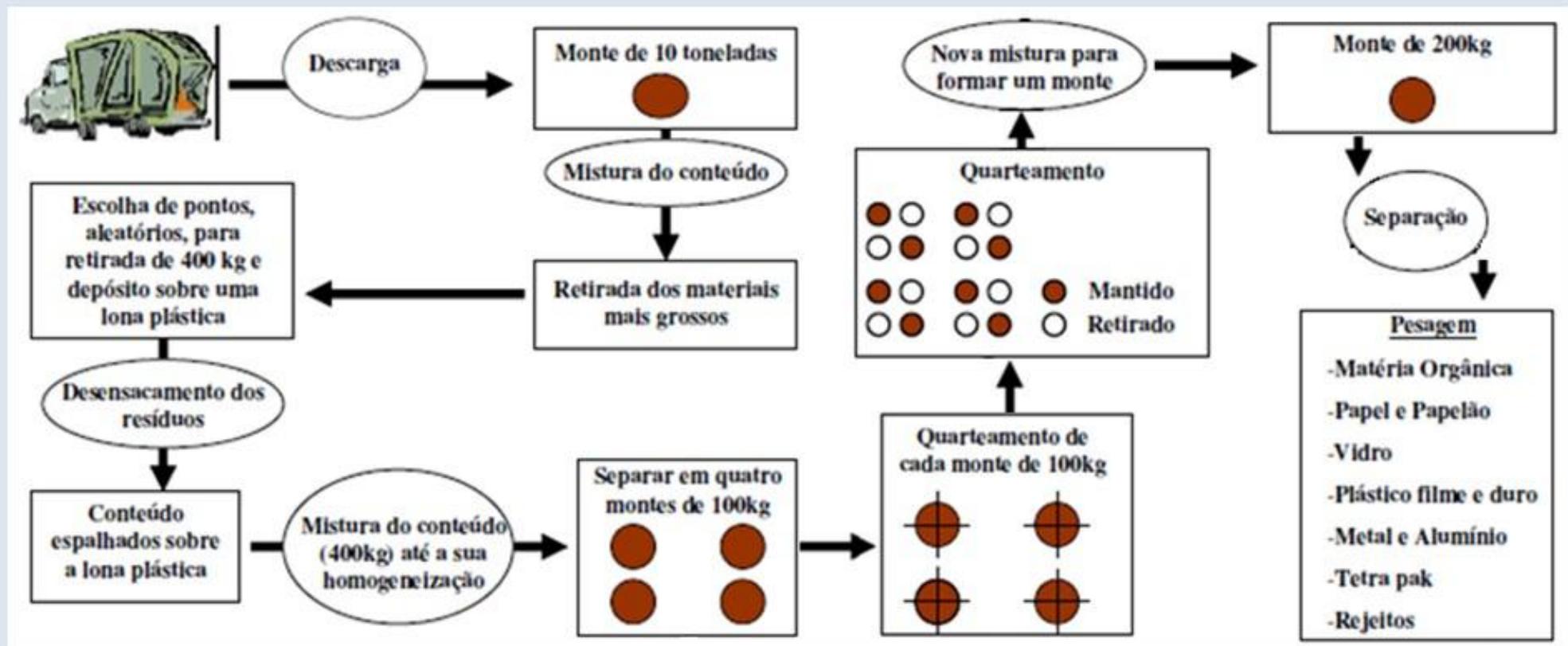
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos:**
  - Veículos de coleta de setores pré-selecionados, como **representativos da zona homogênea**, devem ser encaminhados para caracterização;
  - O conteúdo de veículo é descarregado em um local apropriado, as embalagens são abertas e é feita a homogeneização dos resíduos;
  - Obtém-se amostra composta por quarteamento, com massa entre 100 e 200 kg, que é separada em suas diversas frações, que são pesadas separadamente (peso úmido).
  - Caracterização Final → Média ponderada das caracterizações de cada zona homogênea nas 4 estações do ano com base nas respectivas populações.

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Caracterização dos resíduos sólidos:

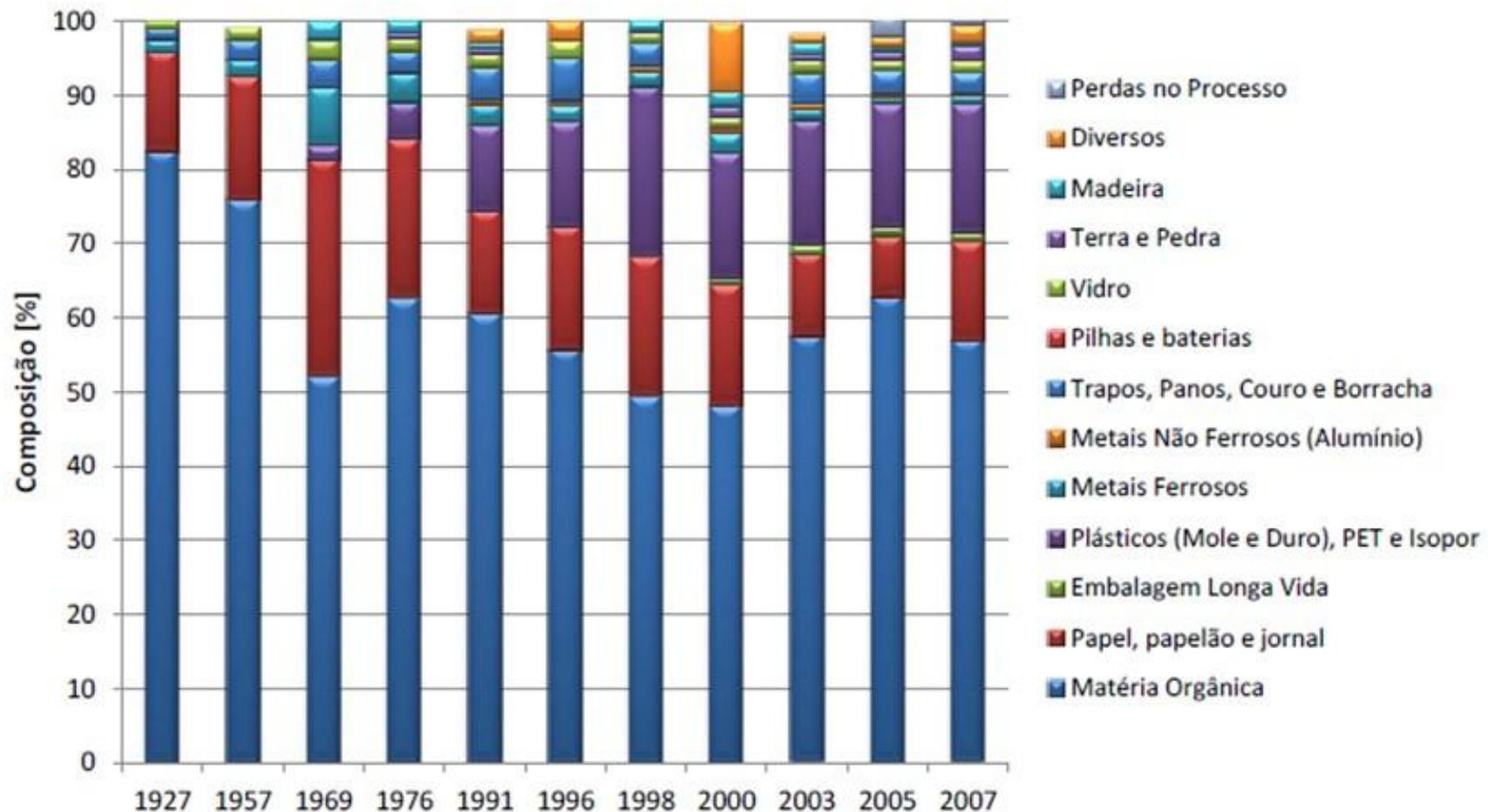


Fonte: Fésca (2007).

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Caracterização dos RSU de São Paulo-SP (%):



Fonte: Limpurb (2003); Silva (2016)

# Geração de Resíduos Sólidos

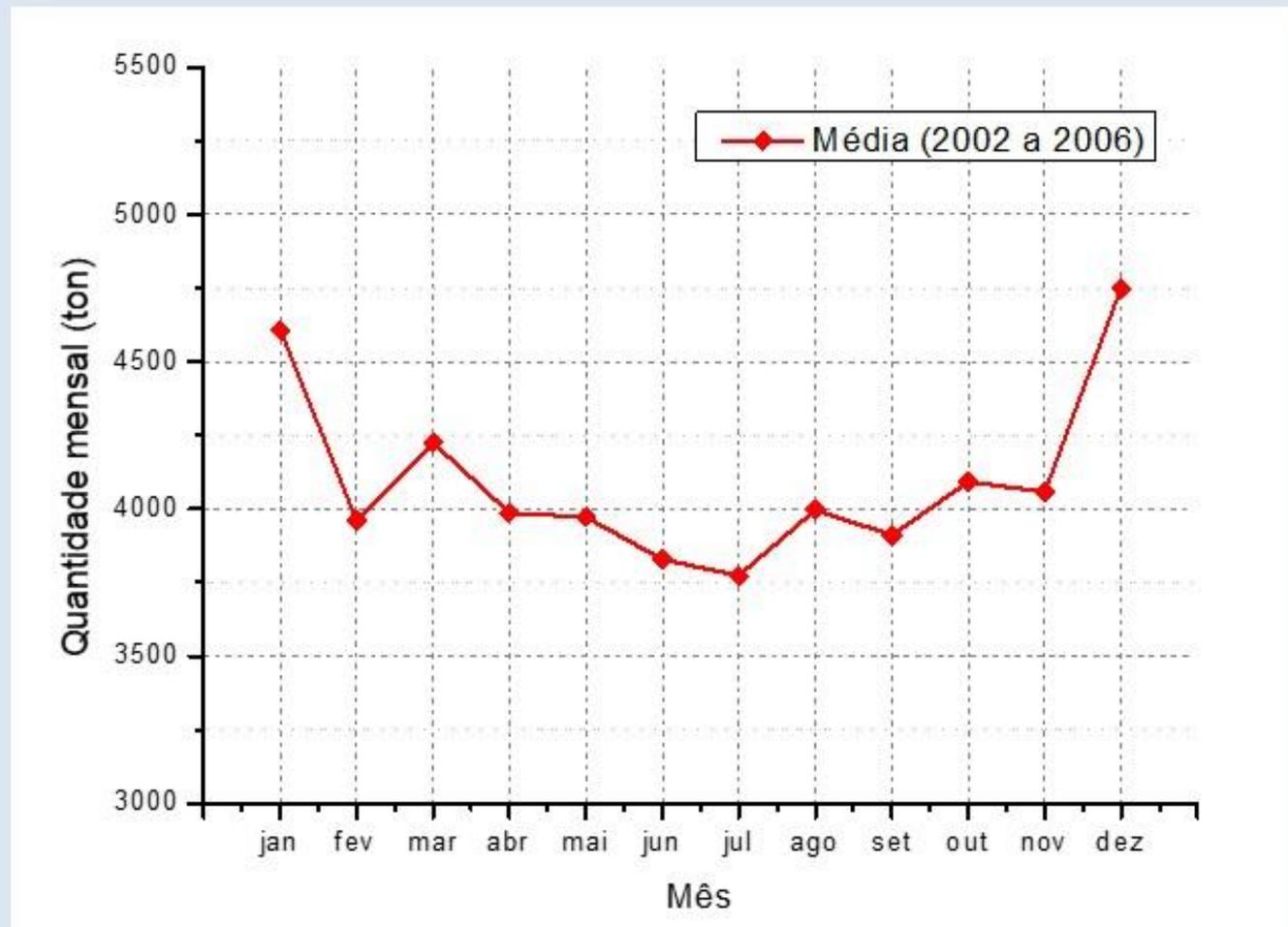
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Acúmulo, Variação Diária, Semanal e Sazonal da Geração de Resíduos:**
  - Nem sempre a coleta de resíduos é realizada diariamente em todos os setores de coleta, o que provoca acúmulo de resíduo a ser coletado nos dias seguintes.
  - A quantidade de resíduos coletada varia de acordo com os dias da semana (no final de semana a geração é maior) e período do mês (no início do mês a geração é normalmente maior).
  - A quantidade de resíduos coletada também varia de acordo com os meses do ano (sazonalidade).
  - Todas essas variações devem ser levadas em consideração no dimensionamento de equipamentos e instalações de transbordo, separação e tratamentos de resíduos sólidos.

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Média da variação mensal da geração de RSU em São Carlos-SP entre os anos de 2002 a 2006:



- Média Geral:  
4.097 ton/mês

- Média Máximo:  
4.750 ton/mês (+16%)

- Média Mínimo:  
3.774 ton/mês (-10%)

Fonte: Adaptado de Fésca (2007).

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Características:**
  - Além da quantidade gerada (diariamente, semanalmente, mensalmente e anualmente) e a composição física, outros parâmetros podem ser muito importantes no projeto de sistemas para processamento e tratamento de resíduos sólidos, que são:
    - Umidade;
    - Massa específica (natural ou pré-compactado no veículo coletor);
    - Poder calorífico;
    - Teor de inertes;
    - Tamanho máximo das partículas/elementos;
    - Biodegradabilidade;
    - Corrosividade e pH;
    - Etc..

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Geração Per-capita de Resíduos:**

- É quanto **cada indivíduo** gera em média de resíduo e é calculada dividindo-se a massa de resíduos gerada, pelo número de habitantes do local.

$$\text{Geração per-capita} = \frac{(\text{massa coleta regular}) + (\text{massa coleta seletiva})}{\text{número de habitantes da localidade}}$$

- Pode variar em função do tempo sofrendo **aumento** ou **redução**.
- Observar as **tendências** em função do tempo para se propor extrapolações com critério (adotar taxa, modelo matemático, etc.), para um futuro próximo.
- Cada indivíduo gera em média de **0,4 a 2,5 kg** de RSU por dia, dependendo da localidade e condição socioeconômica.

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Geração de Resíduos Dentro de um Horizonte de Projeto:**
  - 1) Delimitar a área de abrangência do projeto (localidade);
  - 2) Verificar se há necessidade de caracterização dos RSU e levantamentos de campo preliminares;
  - 3) Levantar informações sobre o histórico de geração de resíduos e variações de geração (sazonalidades);
  - 4) Levantar informações sobre os sistemas de coleta de resíduos existentes (coleta regular e seletiva);
  - 5) Determinar um horizonte de projeto (20, 25, 30, 40 anos, etc.);

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Geração de Resíduos Dentro de um Horizonte de Projeto:**
  - 6) Levantar informações censitárias (separar população urbana e rural), socioeconômicas, culturais e ambientais do local;
  - 7) Verificar projetos existentes, planos diretores e planos de saneamento, planos de resíduos, etc.;
  - 8) Dividir, se necessário, a localidade em zonas homogêneas de ocupação;
  - 9) Adotar um modelo de crescimento populacional global ou por zona homogênea;

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Geração de Resíduos Dentro de um Horizonte de Projeto:**
  - 10) Adotar um modelo de variação da taxa per-capita de geração de resíduos ;
  - 11) Considerar as variações sazonais (ao longo de um ano) e diárias (ao longo dos dias da semana → pode depender da coleta) da variação da geração de resíduos;
  - 12) Determinar os valores a serem considerados ao longo dos anos do horizonte de projeto.

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Modelos de Crescimento Populacional**
  - Modelos são úteis para se estimar/prever populações futuras a partir de critérios fundamentados.
  - Os principais métodos de estimativa de crescimento populacional são:
    - Método dos componentes demográficos
    - Métodos matemáticos
    - Método de extrapolação gráfica
  - Os métodos matemáticos são normalmente os mais utilizados.

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Métodos Matemáticos:**

- Método aritmético;
  - Método geométrico;
  - Método da curva logística.
- 
- Podem ser aplicados para uma localidade como um todo, ou por partes, dependendo do tamanho da população e da existência de zonas homogêneas distintas com diferentes potenciais de crescimento populacional ou saturação.
  - Os métodos aritmético e geométrico são normalmente utilizados para projeções curtas (máximo 5 a 10 anos).

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Método Aritmético:

$$\frac{dP}{dt} = k_a \Rightarrow P = P_2 + k_a(t - t_2) \Rightarrow k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

- No qual,  $t$  representa o ano da projeção.
- Considera crescimento linear da população.

- Método Geométrico:

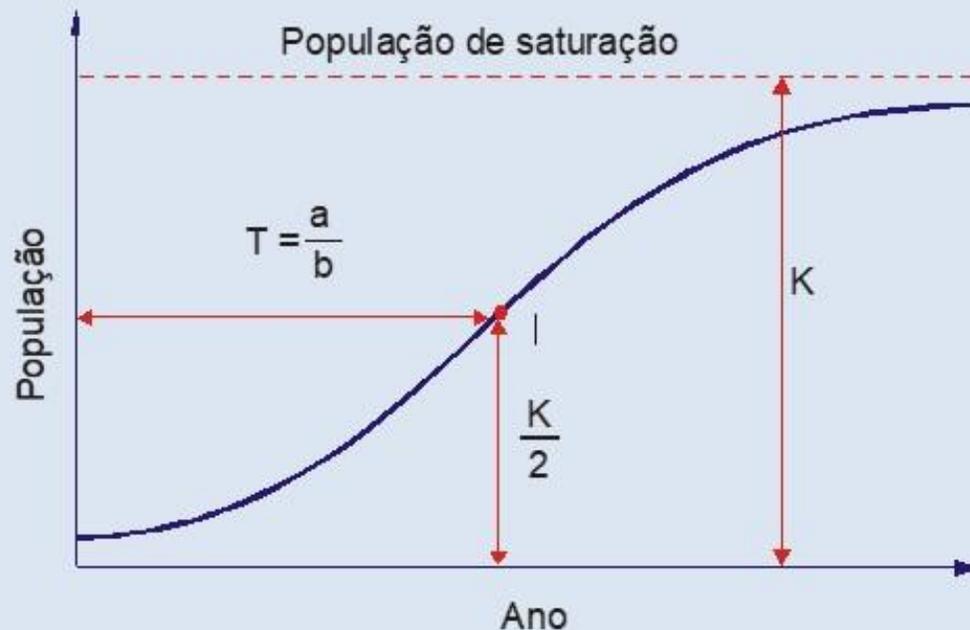
$$\frac{dP}{dt} = k_g \cdot P \Rightarrow P = P_2 e^{k_g(t-t_2)} \Rightarrow k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

- Considera crescimento exponencial da população.

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Método da Curva Logística:



$$P = \frac{k}{1 + e^{a-b \cdot (t-t_0)}}$$

$$K = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - (P_1)^2 (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - (P_1)^2}$$

$$b = -\frac{1}{d} \ln \frac{P_0 (K - P_1)}{P_1 (K - P_0)} \quad a = \ln \frac{K - P_0}{P_0}$$

- Considera crescimento com tendência de estagnação futura da população em torno de uma população de **saturação**.

- Os parâmetros (k; b; a) também podem ser obtidos por regressão não linear da eq., não necessitando satisfazer as condições ao lado.

## Condições:

$$P_0 \cdot P_2 < (P_1)^2$$

$$d = t_2 - t_1 = t_1 - t_0$$

# Geração de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- População Flutuante:
  - **Municípios da Baixada Santista:**
    - Domicílios permanentes: 3 hab/domicílio
    - Domicílios de uso ocasional: 6,5 hab/domicílio
  - **Municípios do Litoral Norte do Estado de São Paulo:**
    - Domicílios permanentes: 4 hab/domicílio
    - Domicílios de uso ocasional: 7 hab/domicílio
- Dados Censitários:
  - Normalmente os municípios possuem os dados censitários de interesse, mas alguns dados também podem ser obtidos *online*.  
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popsp.def>

# Projetos de Engenharia

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera



# Projetos de Engenharia

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Níveis de Projeto:
  - Estudo de Concepção;
  - Projeto Básico;
  - Projeto Executivo.
- Estrutura de um Projeto:
  - Capa com identificações do local do projeto, contratante e número do contrato; Sumário; Escopo; Introdução; Objetivos; Caracterização do empreendimento (sua área e seu entorno); Levantamento de informações relevantes; Dimensionamentos e considerações; Memórias de cálculo; Memorial descritivo; Peças gráficas; Apêndices; Anexos, etc..

# Projetos de Engenharia

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Estudo de Concepção:**
  - Caracterização da área e população a ser atendida;
  - Estabelecimento do início de plano e alcance do projeto.
  - Análise dos sistemas existentes (descrição e diagnóstico).
  - Levantamento de estudos, planos e projetos existentes;
  - Estudos demográficos e de uso e ocupação do solo;
  - Estimativa da geração de resíduos ao longo do alcance do projeto;
  - Definição de parâmetros de projeto;
  - Estudo de alternativas com pré-dimensionamentos e estimativas de custos.
  - Definição da alternativa concebida baseada em critérios técnicos, econômicos, ambientais e sociais;
  - Proposição de áreas (pelo menos 3) com potencial para receber o empreendimento.

# Projetos de Engenharia

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Projeto Básico:**
  - Visitas e levantamentos de campo preliminares;
  - Reavaliações da alternativa (tecnologia) selecionada com informações mais detalhadas sobre topografia, solo, cadastros, etc.;
  - Detalhamento da alternativa selecionada;
  - Seleção da área para implantação do empreendimento;
  - Definição do fluxograma **detalhado** de processos e operações;
  - Dimensionamento das unidades de processos e operações;
  - Definição do *layout* do sistema;
  - Elaboração de desenhos de implantação;
  - Orçamentos e estimativas de custos preliminares.

# Projetos de Engenharia

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Projeto Executivo:**

- Verificação do projeto básico e atualização se necessário;
- Levantamentos de campo (topografia, sondagens, etc.);
- Dimensionamento e seleção de equipamentos;
- Dimensionamento de obras civis e unidades secundárias;
- Definição das peças gráficas (plantas, cortes e detalhes);
- Confeção das peças gráficas com **todo** detalhamento necessário para execução da obra em campo;
- Quantificação de todos os materiais, serviços e tributos.  
Apresentar quantitativos nos desenhos e listas de quantitativos por unidades projetadas e total;
- Especificações técnicas de todos materiais e serviços;
- Orçamento completo e composições de preços (com uma data de referência para possíveis atualizações).

# Projetos de Engenharia

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Projeto Executivo:**
  - Subprojetos:
    - Topográfico;
    - Arquitetônico, paisagístico e cercamento;
    - Mapa de risco (segurança do trabalho);
    - Vias de circulação, pavimentos e sinalização;
    - Estrutural, geotécnico e fundações;
    - Drenagem e tratamento preliminar de águas pluviais;
    - Drenagem, acúmulo e tratamento de líquidos (chorume);
    - Elétrica, iluminação, telefonia e descargas atmosféricas;
    - Hidráulico e sanitário;
    - Prevenção e combate a incêndios;
    - Manual de operação.

# Projetos de Engenharia

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Podem Fazer Parte do Projeto Executivo Ainda:**
  - Documentação para obtenção de:
    - Licenças Municipais;
    - Outorgas;
    - Licenças Ambientais;
    - Etc..

# Seleção de Áreas para Empreendimentos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Requisitos:**

- Cada empreendimento apresenta requisitos específicos para sua implantação.
- De forma geral estes requisitos compreendem:
  - Área superficial suficiente para atendimento até fim de plano;
  - Distâncias mínimas e máximas (vizinhança; custos de transp.);
  - Não ser susceptível a inundações e/ou deslizamentos;
  - Minimização dos impactos ambientais;
  - Acessibilidade durante todas as épocas do ano;
  - Minimização de impactos no trânsito;
  - Aceitação da população local ou distância suficiente para não trazer desconforto para população do entorno;
  - Estar de acordo com planos diretores e de zoneamento;
  - Etc.

# Exercício

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Geração de Resíduos dentro de um Horizonte de Projeto:

Estimar a geração futura de RSU da área urbana de um município “X” com população censitária e geração de resíduos conforme a tabela abaixo, para um horizonte de projeto de 20 anos com início de plano previsto para 2020. **Ainda não existe coleta seletiva no município.**

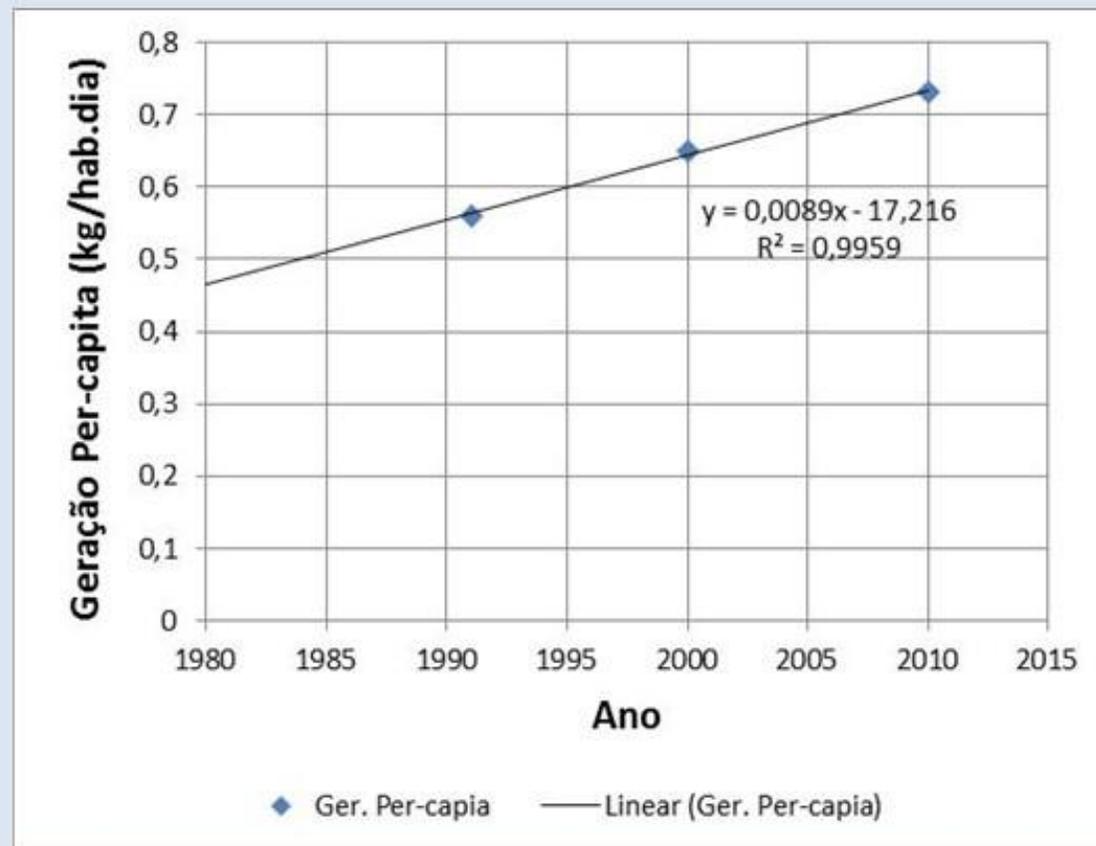
Ano	População Rural	População Urbana	População Total	RSU (ton/ano)	RSU (ton/hab.ano)	RSU (kg/hab.dia)
1980*	10.334	66.174	76.508	-	-	-
1991	5.118	92.865	97.983	18.982	0,204	0,56
1996	-	-	105.989	22.765	-	-
2000	2.364	109.232	111.596	25.915	0,237	0,65
2010	1.359	117.102	118.461	31.202	0,266	0,73

\* Somente em 1990 iniciou-se a pesagem dos resíduos gerados no município.

# Exercício

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Geração de Resíduos dentro de um Horizonte de Projeto:
  - Definir um modelo para variação da geração per-capita de resíduos ao longo do alcance do projeto.



- Neste caso, um modelo de crescimento linear parece ser bem adequado, mas mesmo assim **checar os valores de fim de plano** para verificar se são coerentes ou adequados.