

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Mário Augusto Tavares Russo



INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Apresentação da disciplina

Bibliografia

Integrated Solid Waste Management
George Tchobanoglous, et al.
McGraw-Hill

Contactos:

mariorusso@ipvc.pt

967641935



Programa resumido

- **Antecedentes e Perspectivas**
- **Fontes, Composição e Propriedades dos Resíduos Sólidos**
- **Enquadramento Legal do Sector dos Resíduos**
- **Recolha de Resíduos Sólidos**
- **Aterros Sanitários**
- **Compostagem**
- **Reciclagem de Resíduos Sólidos**
- **Tratamentos Térmicos dos Resíduos Sólidos**
- **Transferência e Transporte de Resíduos Sólidos**
- **Encerramento de Aterros**
- **Encerramento de lixeiras**

Os desafios da gestão de resíduos no mundo de hoje



1. Evolução da Gestão dos Resíduos Sólidos

□ Resíduos Sólidos ao longo do tempo

▪ PASSADO

- Os Homens começam a viver de forma gregária, em tribos, aldeias, vilas e cidades;
- Produz-se poucos resíduos e de origem orgânica;
- Hábito de jogar restos de alimentos nas vielas e ruas;
- Proliferação de ratos;

▪ Consequências:

- Aparecimento de pestes: bubônica, peste negra no sec. XIV
- Século XIX aparecem primeiras medidas sanitárias

Depois da produção vem a comercialização



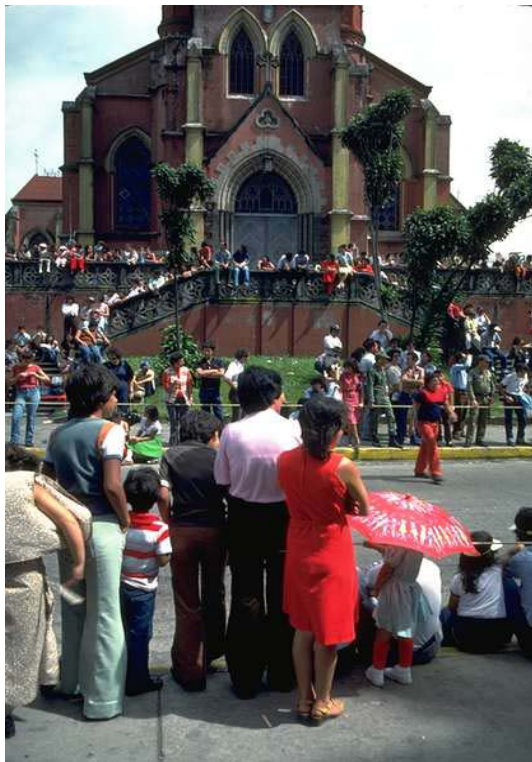
resíduos sólidos orgânicos biodegradáveis



Fim de festa ... Começo de problemas



Em todas as actividades se produzem resíduos



Resíduos não têm pátria nem religião



Solução final até 2000 (lixreira LEGALIZADA) para parte dos RSU



Mais uma panorâmica de gestão dos resíduos muito conhecida em todo mundo



Prática nada sustentável



1. Evolução da Gestão dos Resíduos Sólidos

□ Resíduos Sólidos ao longo do tempo

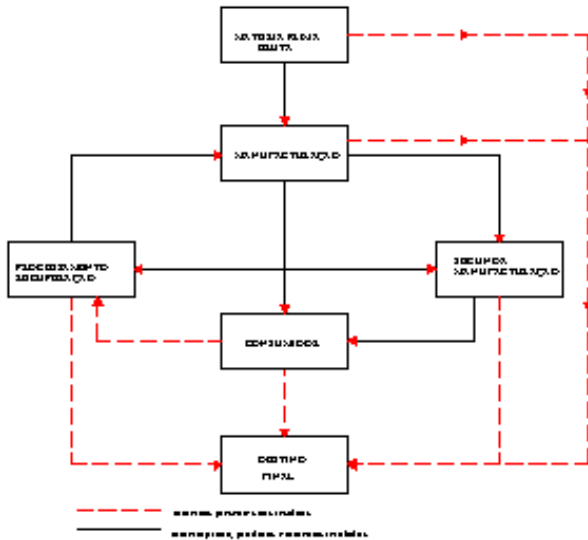
▪ PRESENTE

- Elevada capitação;
- Grande heterogeneidade e complexidade dos resíduos;
- Falta de espaço para deposição;
- Má gestão dos resíduos;
- Evolução do conceito de resíduo e de gestão de resíduos;
- Sensibilidade da população para as questões ambientais;
- Sector de grande dinâmica económica.

▪ Consequências

- Poluição diversa por má gestão dos resíduos;
- Sofisticação de soluções.

Fluxo da geração de resíduos sólidos



Fluxo dos materiais e resíduos na sociedade tecnológica

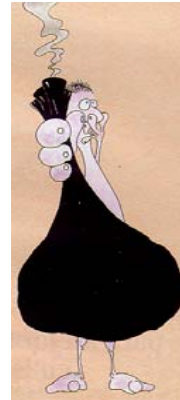
Influência do modo de vida

Novos materiais

Rápida mudança da sociedade

PROBLEMAS FREQUENTEMENTE ASSOCIADOS AOS RSU

- **PRODUÇÃO CRESCENTE**
- **FRAÇÃO ORGÂNICA IMPORTANTE**
- **EMISSÕES POLUENTES**
 - **Lixiviados**
 - **Biogás**
 - **Custos de tratamento**



IMPACTO PRIMÁRIO DOS RESÍDUOS



- **Procedimento indesejável de reintegração económica dos resíduos.**
- **A engenharia sanitária tem compromissos ambientais e sociais.**

PRINCIPAIS PROBLEMAS da má gestão dos resíduos

- **Poluição do solo**
- **Poluição das águas superficiais e subterrâneas**
- **Poluição do ar**
- **Drenagem de Recursos Financeiros**

EFEITOS DAS DESCARGAS DE RESÍDUOS NO SOLO

- **Chegam ao solo a maior parte dos poluentes das águas e do ar**
- **Milhões de toneladas de óxidos de enxofre e de azoto por ano**
- **EXEMPLO FRANCÊS:**
 - Agricultura por hectare cultivado**
 - 500 Kg/ano de N, P, K
 - 3 Kg de pesticidas
 - Resíduos industriais**
 - 150 milhões de toneladas por ano
 - cerca de 21 milhões são resíduos especiais
- **A NÍVEL GLOBAL**

A DESERTIFICAÇÃO PÕE EM RISCO CERCA DE 60% DA SUPERFÍCIE DO PLANETA

1. Evolução da Gestão dos Resíduos Sólidos

Desenvolvimento da Gestão dos Resíduos Sólidos

- **Gestão de resíduos sólidos**: pode ser definida como a disciplina associada ao controle da geração, armazenagem, recolha, transferência e transporte, processamento e deposição de resíduos sólidos de um modo compatível com os melhores princípios da preservação ambiental e do desenvolvimento sustentável, utilizando as melhores tecnologias disponíveis em engenharia e economia.

1. Evolução da Gestão dos Resíduos Sólidos

Gestão Integrada de resíduos sólidos:

Seleção e aplicação de técnicas ambientalmente adequadas à gestão de resíduos de forma holística, utilizando tecnologias e modelos de gerenciamento por forma a alcançar os objectivos:

- Redução na fonte**
- Recuperação/reutilização**
- Reciclagem**
- Transformação de resíduos (combustão, compostagem,...)**
- Aterros sanitários**

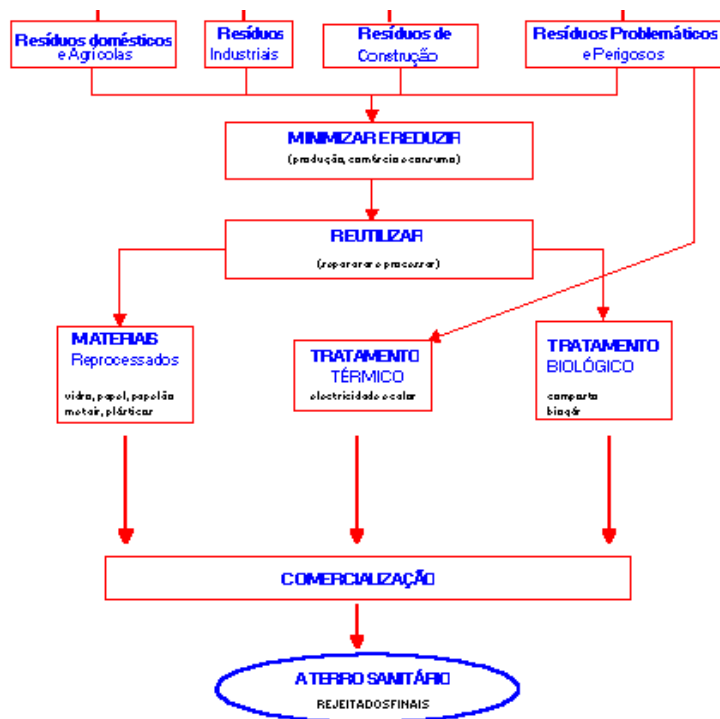
TRATAMENTO DE RESÍDUOS

HIERARQUIA DAS OPÇÕES DE GESTÃO AMBIENTAL

Nas políticas de resíduos deve dar-se atenção à **PREVENÇÃO**.

- **PREVENÇÃO**: eliminação completa de resíduos
- **REDUÇÃO NA FONTE**: redução mediante alterações no processo industrial
- **RECUPERAÇÃO/REUTILIZAÇÃO**: valorizar produtos usados
- **RECICLAGEM**: resíduos como matéria prima; produção energética; valorização.
- **TRATAMENTO**: destruição, desintoxicação, neutralização - tornar os resíduos menos perigosos
- **ATERROS SANITÁRIOS**: controlo de emissões. Redução do volume de resíduos e controlo dos lixiviados.

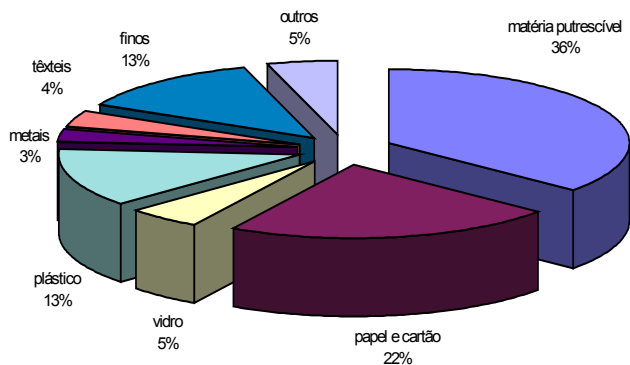
Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos



GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS

Características dos RSU em Portugal

Composição média dos RSU



- ❑ Fracção Orgânica maioritária
- ❑ Papel/cartão e plásticos seguem a tendência europeia no padrão de consumo

Evolução da Composição dos RSU em Portugal

Constituintes	1950/60 (%)	1998
Papel e papelão	11	26.4
Plásticos	0 - 1	11
Vidros	3	7.4
Metais	2	2.75
Matéria Putrescível, inclui verdes	66	29.65
Finos		14.25
Outros	18	7.95
q (Kg/hab/dia)	0.400	1.170

Propriedades físicas dos resíduos

- **Peso Específico**
- **Teor de Humidade**
- **Tamanho das partículas**
- **Taxa de compactação**
- **Field capacity**

Propriedades físicas dos resíduos – Teor de Humidade

Teor de Humidade

$$H = [(W-d)/W]100 (\%)$$

W – massa da amostra

D – massa desidratada (105°C)

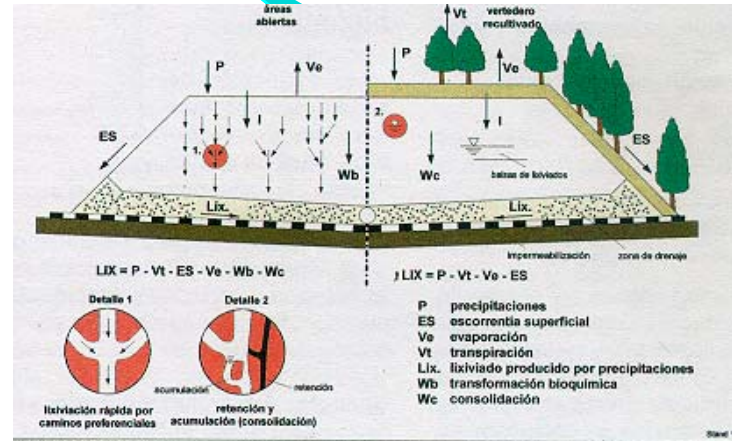
- **Matéria Orgânica – 70%**
- **Papel – 6%**
- **Plásticos – 2%**
- **Restos /podas/Jardins – 60%**
- **Têxteis – 10%**
- **Madeiras – 12 a 20%**
- **Vidro – 2%**

Peso específico de resíduos sólidos

Tipo de resíduo	Peso específico (Kg/m³)	Valor típico
Restos de comida	130-480	290
Papel	42-130	90
Plásticos	42-130	65
Têxteis	42-100	65
Resíduos jardim	60-225	100
Madeira	130-285	237
Alumínio	65-240	160

Field Capacity (capacidade de campo)

- Capacidade total que os Resíduos Sólidos têm em reter água na sua massa, até ao limite a partir do qual começa a drenar por gravidade para a base onde estão depositados os resíduos (fundo dos alvéolos nos aterros).



Permeabilidade dos resíduos compactados

- A condutividade hidráulica dos resíduos compactados é um parâmetro físico importante, pois é a lei que governa o movimento de fluidos no aterro (permeabilidade dos líquidos e gases na massa de resíduos no aterro). Matematicamente o coeficiente de permeabilidade é expresso pela seguinte equação: $K=Cd^2(\gamma/\mu)$
- onde:
- K = coeficiente de permeabilidade
- C = factor de forma, adimensional
- d = dimensão média dos poros
- γ = massa específica da água
- μ = viscosidade dinâmica da água

Propriedades Químicas dos RSU

É importante conhecer as propriedades químicas dos resíduos para avaliar adequadas alternativas de processamento e opções de recuperação.

De modo geral os resíduos podem ser entendidos como combustíveis semi-húmidos e não combustíveis

- Análise imediata (próxima):
 - Humidade (perda de água a 105°C)
 - Matéria combustível volátil (perda adicional de peso a 950°C)
 - Carbono fixo (combustível residual após remoção da matéria volátil)
 - Cinza (massa do resíduo depois da combustão)
- Ponto de fusão da cinza : temperatura de formação de clinker (1100°C)
- Análise Completa: C, H, O, N, S (determinação de C/N)
- Conteúdo energético dos componentes dos RS:

Propriedades Biológicas dos RSU

Com exceção de plásticos, borracha e couro, a fracção ORGÂNICA dos RSU pode ser classificada do seguinte modo:

- Constituintes solúveis em água: (açúcares, amino-ácidos, amido..
- Hemicelulose
- Celulose
- Gorduras, óleos, graxas
- Lignite
- Lignite-celulose
- Proteínas

Importante característica biológica da fracção orgânica: quase todos os componentes podem ser convertidos biologicamente em gases, inertes orgânicos e inorgânicos sólidos.

Biodegradabilidade da Fração Orgânica dos RSU

A biodegradabilidade da fracção **ORGÂNICA** dos RSU é usualmente medida pelo teor de SV (550°C). É uma simplificação, pois “jornais” e outros resíduos orgânicos estáveis são altamente voláteis e ... De difícil biodegradabilidade.

Alternativa:

A Fração Biodegradável (FB) é função do conteúdo em lignite (LC) do seguinte modo:

$$\underline{FB=0.83-0.028LC}$$

Ex:

Alimentos, restos – SV= 7-15 % dos ST LC=0.4 FB= 0.82

Papel de jornal – SV = 94 %dos ST LC= 21.9 FB=0.22

Restos de Jardim – SV = 50-90% ST LC=4.1 FB=0.72

Manuseamento e Armazenagem de Resíduos I

O conhecimento as propriedades e características dos Resíduos para efeito de operações de manuseamento e de armazenamento de modo que não causem problemas aos trabalhadores, vizinhos, património e ambiente.

Os RSU têm uma fracção **ORGÂNICA** considerável, logo, podem causar **MAUS ODORES** se forem mal armazenados (contentorização)

A Causa dos odores mal cheirosos, com características da putrefacção, é a degradação **ANAERÓBIA** a que estão sujeitos os resíduos facilmente biodegradáveis dos RSU.

Sulfatos (SO_4) em condições anaeróbias são reduzidos em sulfuretos (S^{2-})

Que se combinam com o H_2 formando o Sulfureto de hidrogénio (ácido sulfídrico).

Na presença de sais metálicos (Fe) o ião sulfureto pode combinar-se para formar o Sulfureto de ferro, que causa a mancha escura (negra) nos RSU em decomposição anaeróbia (aterros)

Manuseamento e Armazenagem de Resíduos II

Maus cheiros

A REDUÇÃO bioquímica de componentes orgânicos com o radical S pode levar à formação de compostos muito mal cheirosos como o METIL MERCAPTANO e ÁCIDO AMINOBUTÍRICO

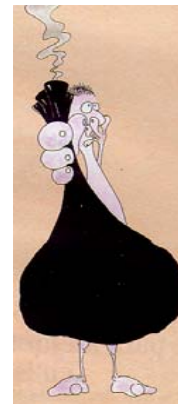
Proliferação de Moscas

Um potencial vector de transporte de patógenos são as moscas, que encontram nos RSU um ambiente propício à sua proliferação (lixeiros, contentores, estações de transferência, aterros).

No Verão agrava-se o problema.

Em cerca de 10 a 11 dias o ovo passa a mosca adulta.

Evitar os estágios (4) da formação da mosca com deposição adequada, desinfecções e lavagens dos contentores e instalações sanitárias. Calibrar os circuitos de recolha para evitar a permanência dos contentores mais dias do que os de desenvolvimento larvar das moscas.

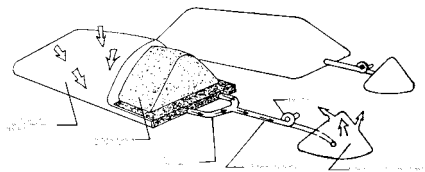


Transformações dos Resíduos Sólidos

- As transformações a que estão sujeitas os RSU podem ser determinadas pela intervenção humana ou por fenómenos naturais.



Transformações Físicas
Transformações Químicas
Transformações Biológicas



Transformações Físicas, Químicas e Biológicas dos Resíduos Sólidos

As transformações a que estão sujeitas os RSU podem ser determinadas pela intervenção humana ou por fenómenos naturais.

Transformações Físicas:

- Separação por componentes
- Redução mecânica do volume (densificação/ compactação)
- Redução mecânica do tamanho

Separação dos componentes: meios manuais ou mecânicos com vista à reciclagem

Redução de volume: meios mecânicos de prensagem – contentos, camião de recolha, aterro, ...

Redução do tamanho: trituração, moagem, ...

Transformações Físicas, Químicas e Biológicas dos Resíduos Sólidos

Transformações Químicas:

Implicam troca de fase dos resíduos (sólido/líquido; sólido/gás) com o objectivo de redução de volume, recuperação energética, recuperação de produtos da conversão.

- Combustão
- Pirólise
- Gaseificação

Combustão: oxidação química da matéria orgânica na presença do Oxigénio, produzindo compostos oxidados, emissão de luz e calor

Pirólise: combustão na ausência de oxigénio, recomendável para componentes orgânicos dos RSU instáveis termicamente. Resulta em gases (H₂, CH₄, CO..), líquidos ou sólidos.

Gaseificação: combustão parcial de fuel carbonáceo gerando gás rico em CO, H, metano. O ar é normalmente o oxidante. É pobre energeticamente.

Transformações Físicas, Químicas e Biológicas dos Resíduos Sólidos

Transformações BIOLÓGICAS:

Promovidas por uma população diversificada de microrganismos, na presença ou ausência de oxigénio com o objectivo (nosso) de redução de volume e massa, transformando em novo produto que pode ser reintroduzido no ambiente (composto) ou recuperação energética (biogás).

- ❑ Compostagem
- ❑ Digestão Anaeróbia

DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

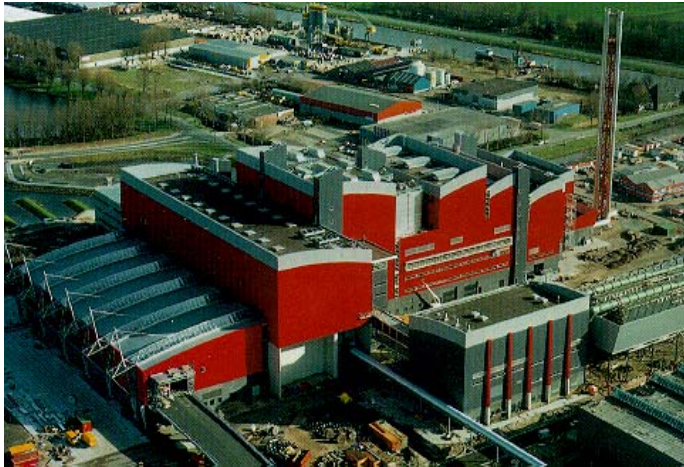
DECOMPOSIÇÃO AERÓBIA

- ❑ oxidação de C, H, S, N, P
- ❑ formação de CO₂, H₂O, sulfatos, nitratos e substâncias simples utilizadas por plantas na fotossíntese
- ❑ processo bioquímico eficiente e “limpo”

DECOMPOSIÇÃO ANAERÓBIA

- ❑ processo bioquímico insuficiente
- ❑ produtos finais: CH₄, NH₄, H₂S, ácidos gordos voláteis
- ❑ produtos instáveis
- ❑ maus odores: bactéria anaeróbia *Desulfovibrio*

Incineração



Algumas Características

1 - Implantação devido à falta de terrenos apropriados para outras soluções (caso da Holanda em que mais de 45% do solo foi conquistado ao mar).

2 - Para o tratamento dos resíduos hospitalares perigosos para a saúde e certos resíduos industriais perigosos (registam-se experiências com autoclavagem e micro-ondas muito interessantes que poderão vir a alterar o panorama dos tratamentos deste tipo de resíduos hospitalares).

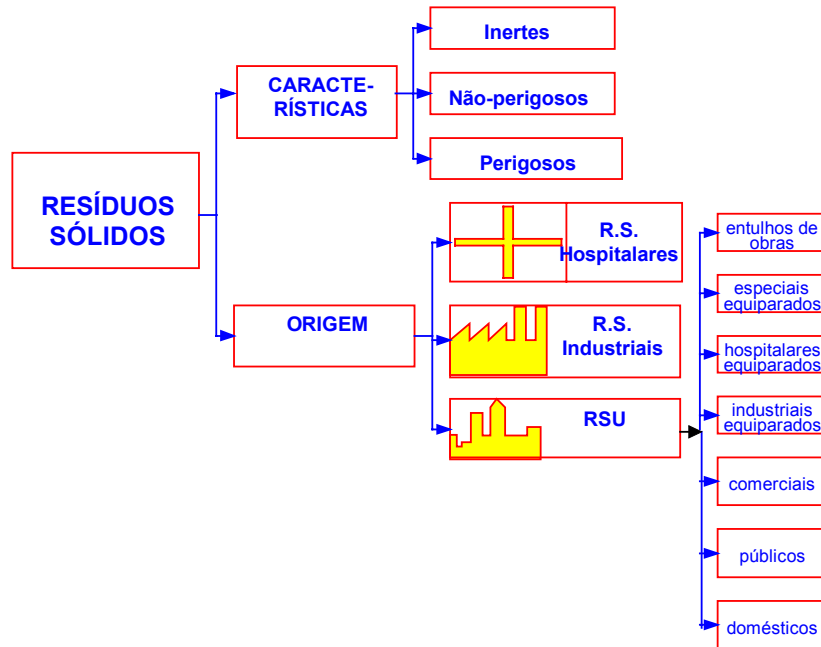
3 - vantagem na redução dos volumes a depositar em aterros, que pode chegar a 90 %

4 - eliminação de resíduos patogénicos e tóxicos

5 - produção de energia sob a forma de electricidade ou de vapor de água.

Classificação dos Resíduos Sólidos

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS



Propriedades e classificação dos Resíduos

- ❑ Perigosos
- ❑ Não perigosos
- ❑ Inertes

Propriedades e classificação dos Resíduos Perigosos

- **Propriedades relacionadas com a segurança:**
 - corrosividade
 - Explosividade
 - Inflamabilidade
 - Reactividade
 - Ingnitabilidade
- **Propriedades relacionadas com a saúde:**
 - Cacerígenos
 - Irritantes
 - Matagénicos
 - Tóxicos
 - Teratogénicos
 - Infecciosos
 - radioactivos

Fontes produtoras de RSU

- ❑ Residencial
- ❑ Comercial
- ❑ Institucional
- ❑ Construção
- ❑ Serviços municipais
- ❑ ETAR/ETA
- ❑ Industrias
- ❑ Agricultura
- ❑ Hospitais

Compostagem



Processo biológico aeróbio, controlado, de tratamento de resíduos orgânicos, com grande flexibilidade, em que uma população microbiana diversa (*bactérias, fungos...*) degrada numa 1ª fase os materiais orgânicos (degradação activa) e numa segunda fase humífica (*fungos e actinomecetos*) transformando em composto orgânico higienizado.

BACTÉRIAS

Degradam a matéria orgânica.

São constituídas por 90% de água e 20 % de matéria sólida.

Desta, cerca de 90% é orgânica e 10% inorgânica.

Composição elementar média:

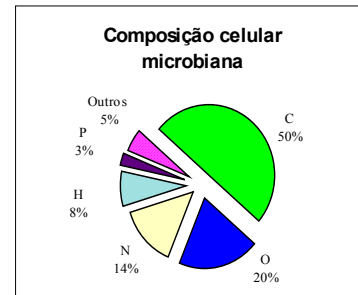
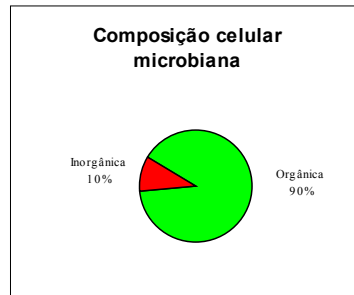
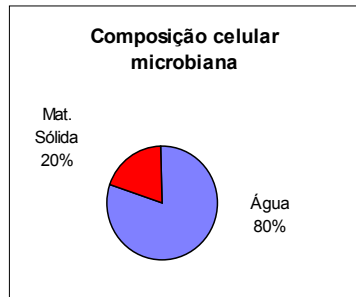
45 a 55% de C

16 a 22% de O

12 a 16 % de N

7 a 10% de H

2 a 5 % de P e percentagens abaixo de 0.5% de micronutrientes como o Na, Ca, Mn, Cl, e Fe, além de elementos vestigiais de Mb, Co, Mg e Zn.



Compostagem

Utilizam-se diversas tecnologias para fazer a compostagem, desde a céu aberto ou em pavilhões cobertos. Com pilhas estáticas ou através de revolvimentos diversificados. Com ou sem filtragem de gases. Em túnel ou silos.

Matéria Orgânica + Oxigênio + microrganismos \longrightarrow **Novas células +**
Mat. Orgânica resistente + CO₂ + H₂O + outros

Outros = NH³ + calor...

A matéria orgânica resistente é o COMPOSTO, estabilizado e higienizado
As bactérias desempenham um papel fundamental no processo.



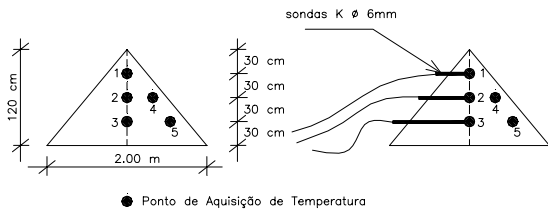
Compostagem

FACTORES QUE AFECTAM A COMPOSTAGEM

- temperatura
- arejamento
- teor de humidade
- relação C/N
- granulometria do material
- pH



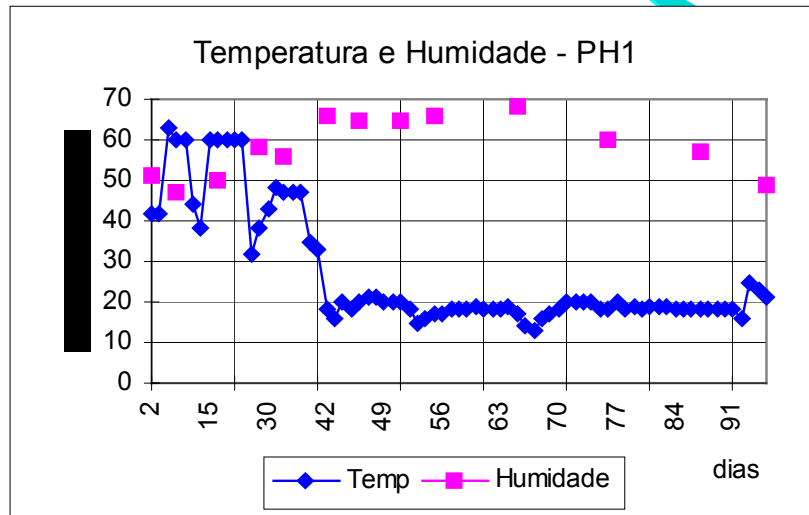
Compostagem: monitorização



PARÂMETROS DE MONITORIZAÇÃO

- temperatura
- teor de humidade
- sólidos voláteis
- densidade
- porosidade
- pH
- COT
- CQO
- celulose bruta
- ácidos húmicos
- azoto
- relação C/N
- metais pesados
- microrganismos

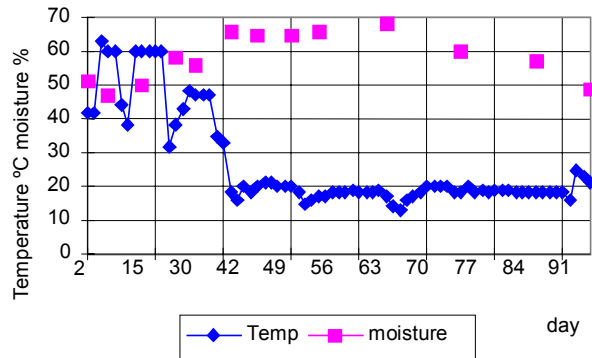
TEMPERATURA e HUMIDADE pilha no exterior (humidade>65%)



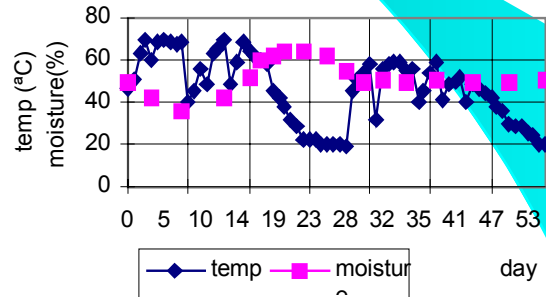
P1 - excesso de humidade sem correção

P3 - correção da humidade

Temperature and moisture - P1



Temperature and moisture P3

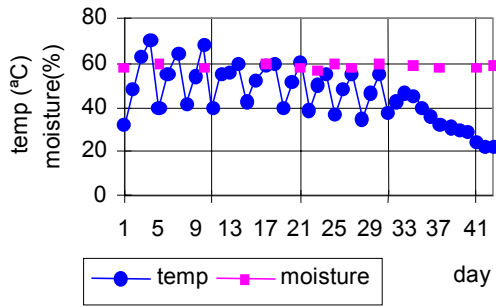


PILHAS PROTEGIDAS DA CHUVA

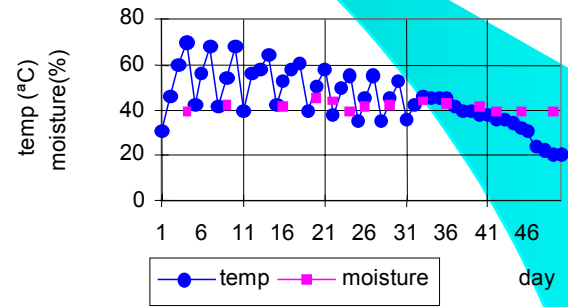


P5 e P6 - Pilhas controladas humidade - 60% e 40%

Temperature and moisture P5



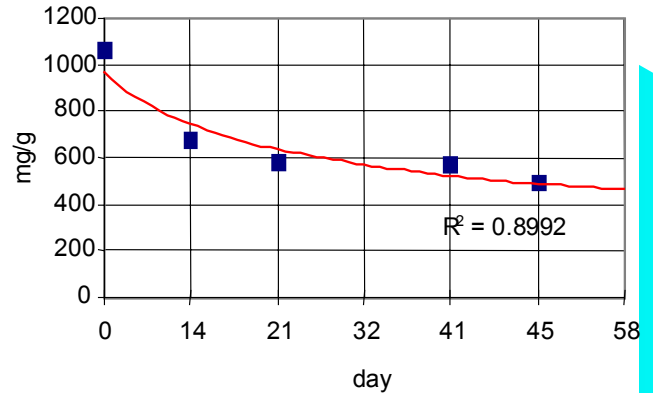
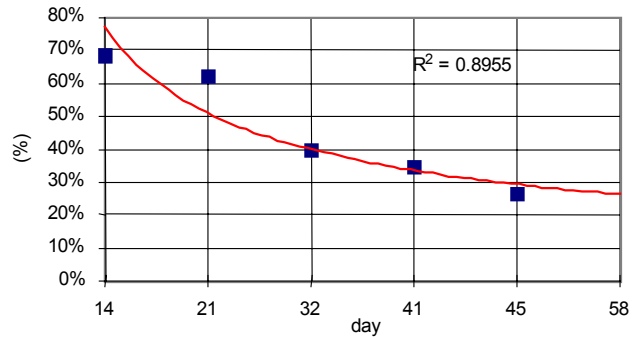
Temperature and moisture P6



P5 - SV e CQO

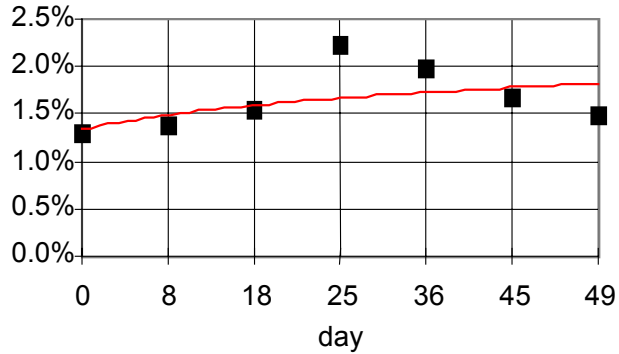
COD - P 5

Volatile Sólids - P5

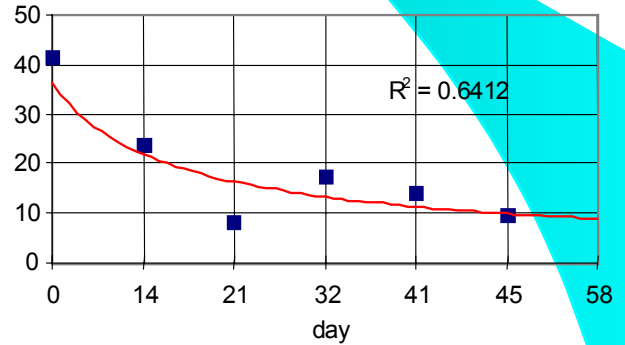


P5 - TKN e C/N

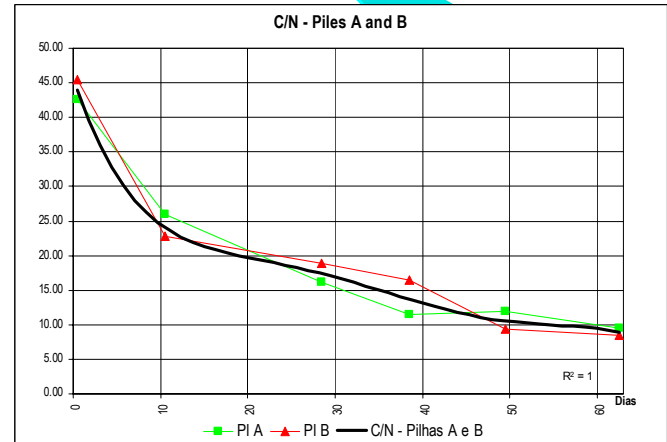
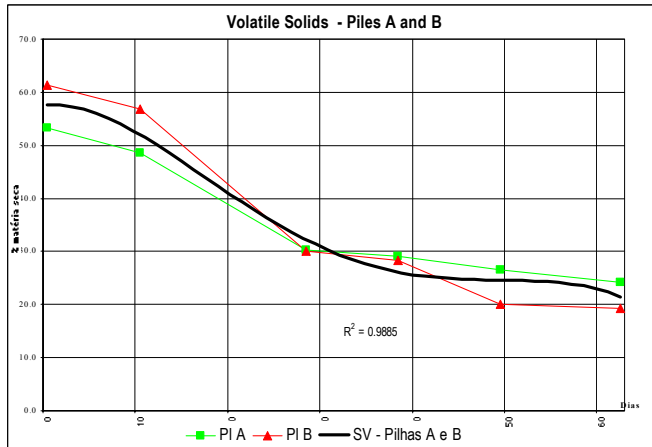
TKN - P5



C/N - P5



Pilhas A e B - SV e C/N



IMPORTÂNCIA DO COMPOSTO ORGÂNICO

- **condicionador do solo**
- **melhora as propriedades físicas, físico-químicas e biológicas dos solos**
- **recuperação de áreas degradadas**
- **combate à erosão**
- **capas de aterros sanitários**
- **florestação**
- **agricultura**
- **floricultura / horticultura**
- **reduz custos de aterramento**

Aspectos Epidemiológicos da compostagem I

A compostagem é um processo biológico em que a população microbiana está presente e é responsável pela degradação. Nesta população diversificada podem estar presentes microrganismos patogénicos, de origem humana, animal e vegetal.

AGENTES ELIMINADORES:

- Temperatura
- Competição por nutrientes
- Factores antibióticos
- Tempo
- Competição inter-específica

Aspectos Epidemiológicos da compostagem II

Controle: através da realização de análises microbiológicas utilizando microrganismos indicadores.

coliformes fecais

estreptococos fecais

salmonela sp

POPULAÇÃO PRESENTE

- Vírus
- Bactérias
- Fungos
- Protozoários
- Helmintos
- Outros patogênicos (função da origem dos resíduos)

CARACTERÍSTICA DOS SOLOS PORTUGUESES

- solos pobres em matéria orgânica
- 68% de baixa qualidade
- desertificação de Sul para Norte
- Alentejo e Algarve com solos de baixa capacidade de retenção de água

Centrais de compostagem em PORTUGAL

Setúbal e Riba d'Ave



MERCADO DO COMPOSTO ORGÂNICO

- Estimativas da FAO para repor a fertilidade dos solos portugueses apontam para 200×10^6 toneladas de M.O.
- Produção nacional actual < 360 000 toneladas/ ano
- Necessários 570 anos ao ritmo actual de produção

PRINCIPAIS DIFICULDADES DA COMPOSTAGEM EM PORTUGAL

- Reacção pública negativa
- Má operação da maioria das instalações
- Interesses económicos noutras soluções
- Falta de informação geral
- Insuficiente articulação política

Problemas nas centrais de compostagem avaliadas em Portugal

- **as instalações de compostagem avaliadas apresentam deficiências de controlo de pátio (biológico)**
 - operam a maior parte do tempo em anaerobiose
 - **emanação de maus odores**
 - **emissão de lixiviados no Inverno**
 - **não têm capacidade de oxigenação das leiras ou ciclos de reviramento insuficientes**
 - **altas temperaturas e pH alcalino potencia a perda de N por volatilização da amónia**
 - **maus odores**

Conclusões sobre as centrais de compostagem em Portugal

- a **temperatura**, o **arejamento** e a **humidade** jogam um papel decisivo no controle operacional para que seja aeróbio.
- a **CQO**, **SV**, **relação C/N** e **pH** são parâmetros analíticos que revelam o grau de degradação da matéria orgânica.
- a **humidade** abaixo de 30% e acima de 60% tendem a inibir o processo, ou a retardá-lo.
- **Pátio coberto para controlo da humidade no Inverno**
- a **separação mecânica** introduz metais pesados na M.O.

Digestão Anaeróbia

Conversão biológica em ambiente sem oxigénio.

Matéria Orgânica + Oxigénio + microrganismos \Rightarrow **Novas células +**
Mat. Orgânica resistente+ biogás + outros

Outros = H_2S , NH^3 , calor...

Biogás (CO_2+CH_4) = 95 a 99%

A matéria orgânica resistente deve ser desidratada antes de deposição em aterros ou serem objecto de compostagem adicionando inculo rico em Carbono.

TIPOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS BIODEGRADÁVEIS

DE ORIGEM URBANA

- **Fracção orgânica de recolhas selectivas**
- **Lamas de ETAR**
- **Restos de poda de jardins**
- **Restos de floristas e comércio de flores e verduras**
- **Resíduos orgânicos de supermercados**
- **Restos orgânicos de mercados municipais e feiras**
- **Restos orgânicos de cozinhas de restaurantes e cozinhas industriais**

TIPOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS BIODEGRADÁVEIS DE ORIGEM AGROPECUÁRIA E FLORESTAL

- **Verdes da poda de árvores e outros restos**
- **Restos da limpeza florestal**
- **Forragens ou palha inutilizável**
- **Restos vegetais de colheitas**
- **Algas marinhas**

TIPOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS BIODEGRADÁVEIS DE ORIGEM INDUSTRIAL

- **Lamas de ETAR biológicas de indústrias agroalimentares**
- **Resíduos de extractos vegetais da indústria farmacêutica**
- **Aparas e serrim da indústria de madeiras**
- **Resíduos da fabricação de rações para o gado**
- **Resíduos de matadouros**

RECICLAGEM DE RESÍDUOS

- PAPEL E CARTÃO
- PLÁSTICOS
- VIDRO
- METAIS
- BORRACHA
- COURO
- TÊXTEIS

A SITUAÇÃO DOS RSU EM PORTUGAL (2002)

Destino Final dos RSU

- 22% - Incineração
- 56.5 % - Aterros Sanitários
- 19 % - Compostagem
- 2.5% - Reciclagem
- Encerramento de Lixeiras (PERSU)

Por equacionar

- Resíduos Orgânicos ? (Directiva Aterros)
 - RSU
 - Lamas de ETAR
 - Resíduos verdes

(25% COMPOSTAGEM ATÉ 2005)



SOLUÇÕES DE EQUACIONAMENTO (metas propostas PERSU para 2005)

- ❑ **Compostagem -25% (19%)**
- ❑ **Reciclagem /Reutilização - 25% (2.5%)**
- ❑ **Aterros Sanitários - 23% (56.5%)**
- ❑ **Incineração c/ produção energética - 22% (22%)**
- ❑ **Redução da produção - 5% (?)**



ATERROS SANITÁRIOS

VANTAGENS

- ❑ Grande flexibilidade para receber uma gama muito grande de resíduos;
- ❑ Fácil operacionalidade;
- ❑ Relativo baixo custo, comparativamente a outras soluções;
- ❑ Disponibilidade de conhecimento;
- ❑ Não conflitante com formas avançadas de valorização dos resíduos;
- ❑ Reutilização do espaço imobilizado durante a fase de exploração;
- ❑ Potencia a recuperação de áreas degradadas;

DESVANTAGENS

- ❑ ÁREA DE EXPLORAÇÃO
- ❑ EMISSÕES POLUENTES
- ❑ BAIXA REINTEGRAÇÃO ECONÓMICA E AMBIENTAL
- ❑ CUSTOS DE EXPLORAÇÃO
- ❑ MONITORIZAÇÃO E CONTROLO APÓS ENCERRAMENTO



