

Avanço da visão ambiental no mundo produtivo e gestão de resíduos

Claudia Echevengúá Teixeira

Palestra on-line proferida na FEI - Departamento de Engenharia Química, 2021..

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

*Avanço da visão ambiental no mundo
produtivo e gestão de resíduos*

Dra. Cláudia Echevengúá Teixeira

27/04/21

Pauta da Conversa

- . Relato breve da minha trajetória profissional*
- . O que é o IPT?*
- . Foco da fala na área ambiental: avanço da visão ambiental no mundo produtivo e gestão de resíduos.*



Professora Cláudia Echevengúá Teixeira

Diretora de Inovação e Negócio do IPT e
Pesquisadora no Laboratório de Resíduos e Áreas Contaminadas (CTGeo-LRAC).
Foi Diretora do Centro de Tecnologias Geoambientais , totalizando 12 anos de atuação no IPT

Doutora em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade de Sherbrooke (2001), Canada.
Mestre em Engenharia Civil, área de concentração em recursos hídricos e saneamento pela UNICAMP (1993). Bióloga pela Universidade de Caxias do Sul (1989). Pós-doutorado pela Universidade do Estado do Arizona (2008).

Tem experiência em gestão ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão de resíduos sólidos, processos biológicos de tratamento de resíduos, avaliação ambiental de processos e produtos (abordagens produção mais limpa e avaliação do ciclo de vida) e remediação de áreas contaminadas.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) foi fundado em 1899. Possui mais de 110 anos de atuação nas áreas de pesquisa, educação e tecnologia e é uma das maiores instituições de pesquisa científica e de desenvolvimento tecnológico do país.



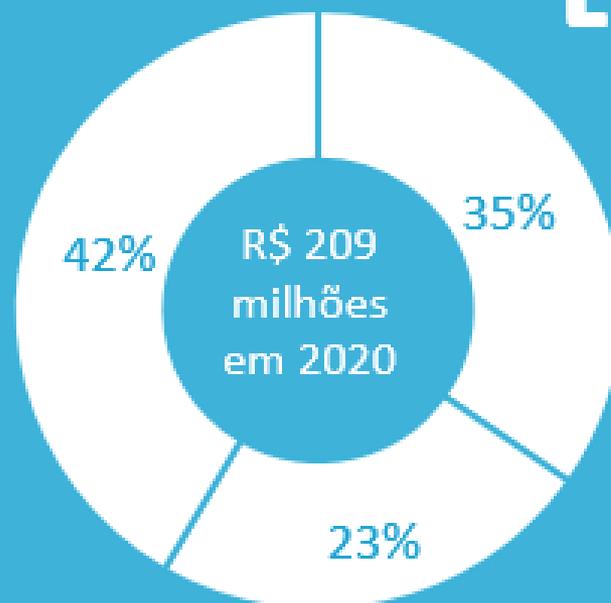
LINK

<https://feiprof.webex.com/feiprof/e.php?MTID=m9fbfb-bb1d0459d9fd196b7f2cae3a80b>

[O que é o IPT?

somos uma empresa estatal de pesquisa

35% vem da venda de
serviços e projetos para o
setor público e privado



42% da nossa receita
vem do Governo do
Estado de São Paulo

23% vem de projetos com a FIPT
Fundação de Apoio ao Instituto
de Pesquisas Tecnológicas

o que fazemos

Calibração
e ajustes

Materiais de
referência

Inspeção e
monitoramento

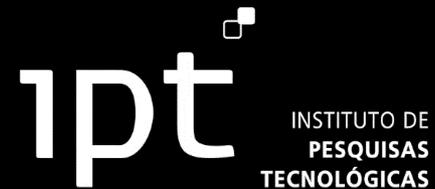
PD&I

Testes e
análises

Ensino
tecnológico



Áreas de atuação do IPT



unidades de negócios



Bionanomanufatura



**Materiais
Avançados**



Energia



**Habitação e
Edificações**



**Cidades,
Infraestrutura e
Meio Ambiente**



**Tecnologias
Digitais**



**Tecnologias
Regulatórias e
Metroológicas**



**Ensino
Tecnológico**

Siga o IPT nas redes sociais!

www.ipt.br

 in

[/school/iptsp](https://www.linkedin.com/school/iptsp)



[/ipt_oficial](https://www.instagram.com/ipt_oficial)



[/iptsp](https://www.facebook.com/iptsp)



[/iptsp](https://twitter.com/iptsp)

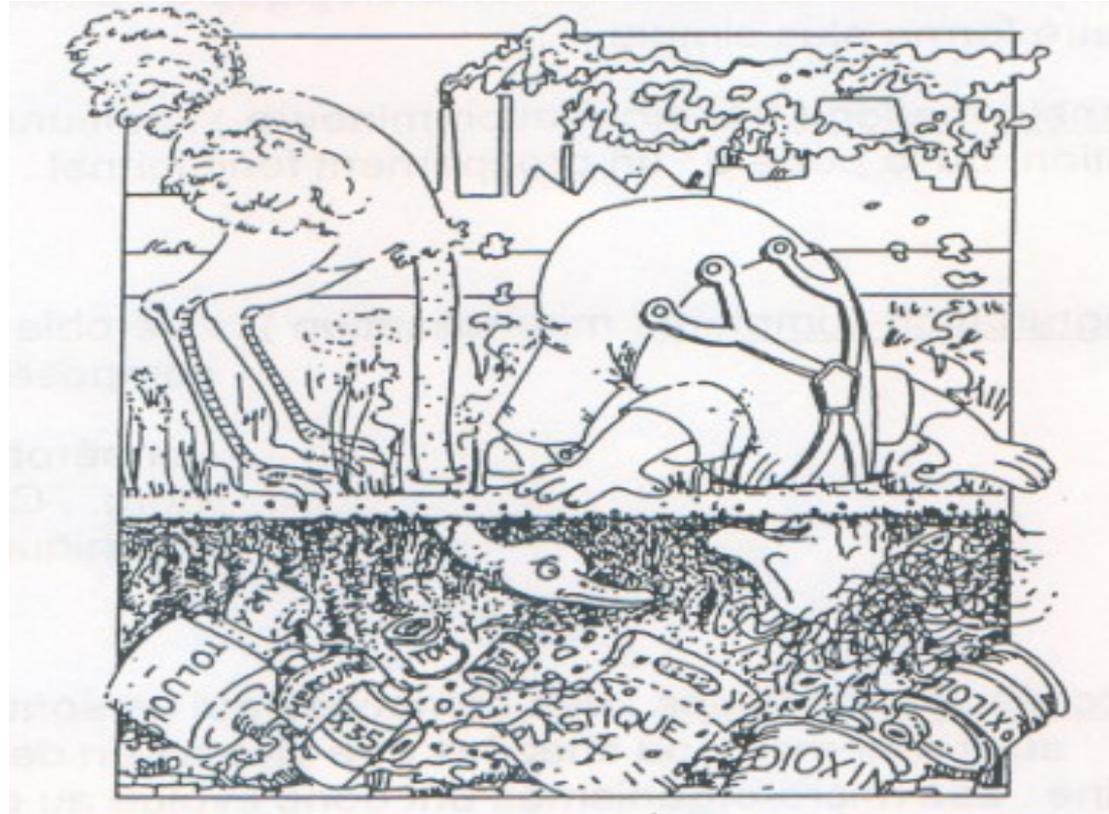


[/IPTbr](https://www.youtube.com/IPTbr)



*Avanço da visão ambiental no mundo
produtivo e gestão de resíduos*

A sociedade pode conviver com isto?



O cálculo da sujeira

Uma cidade americana de 1 milhão de habitantes consome diariamente



568 000
toneladas
de água



8 600
toneladas
de combustível



1 800
toneladas
de alimento



E despeja no ambiente



454 000
toneladas
de esgoto



864
toneladas de
poluição atmosférica



8 600
toneladas
de lixo

Fonte: Environmental Science — Working with the Earth

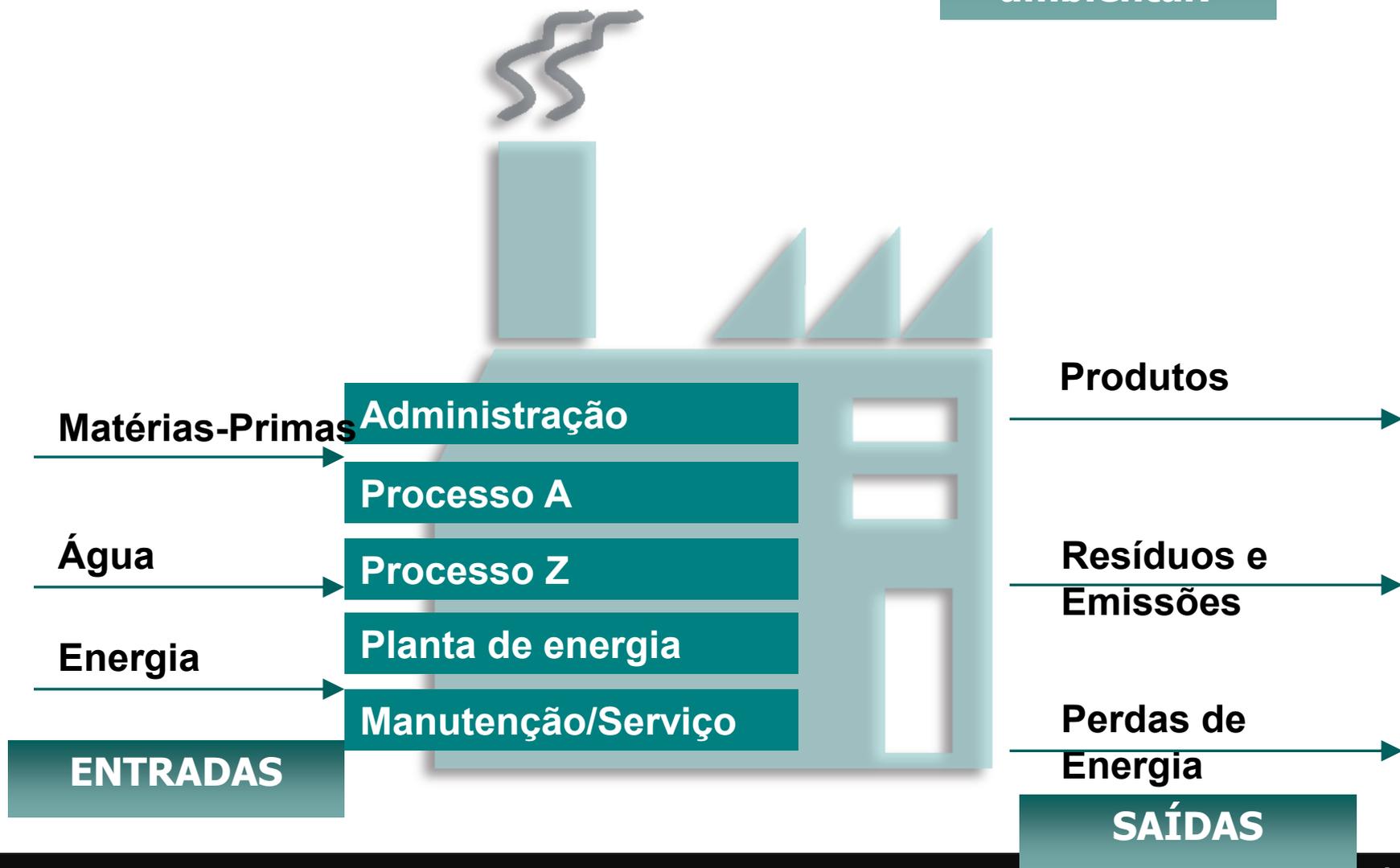
Conceitos Básicos

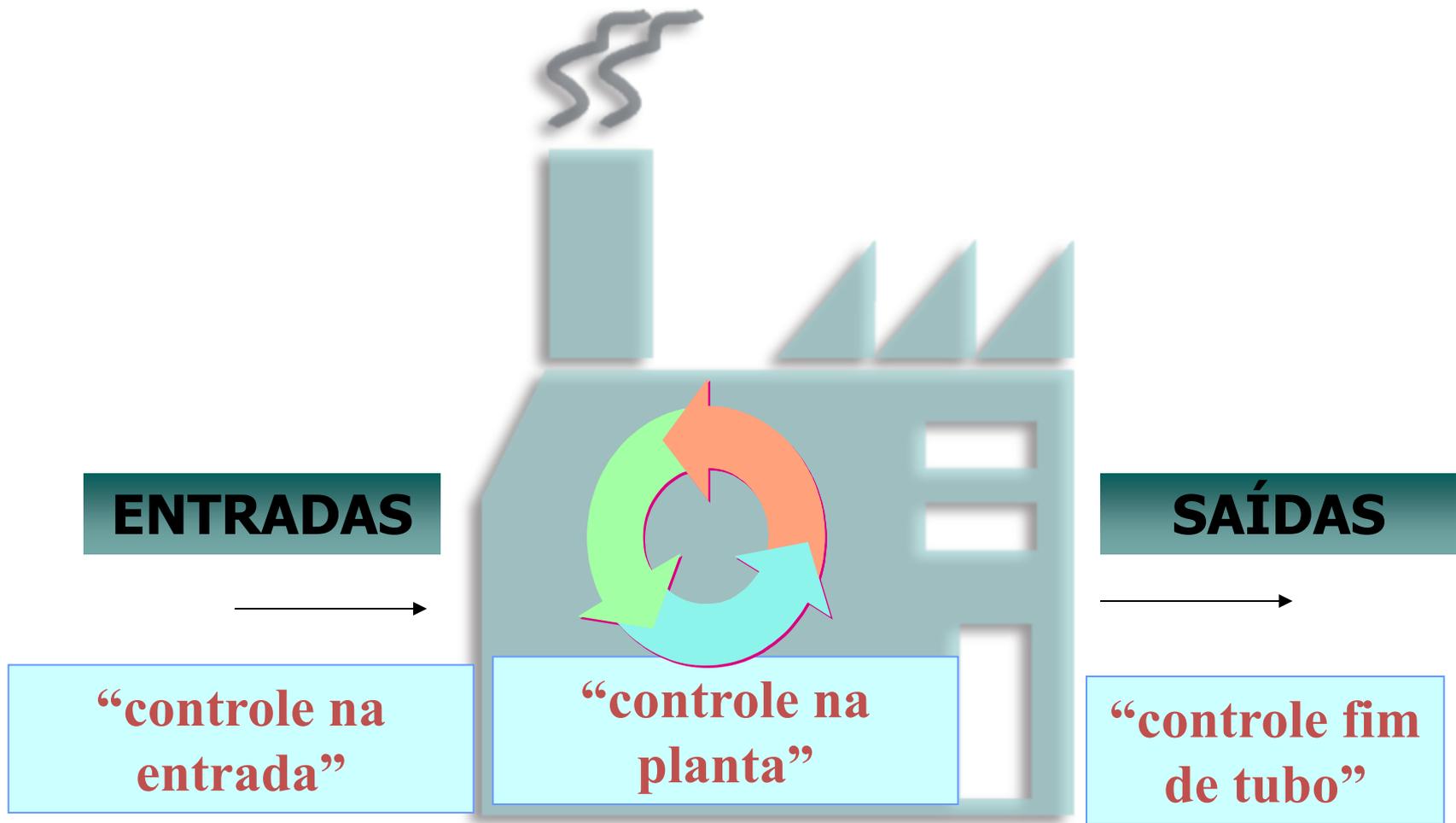
- **Aspecto ambiental:** elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente (NBR ISO 14001).
- **Impacto ambiental:** qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização (NBR ISO 14001).

Aquecimento global

Chuva ácida

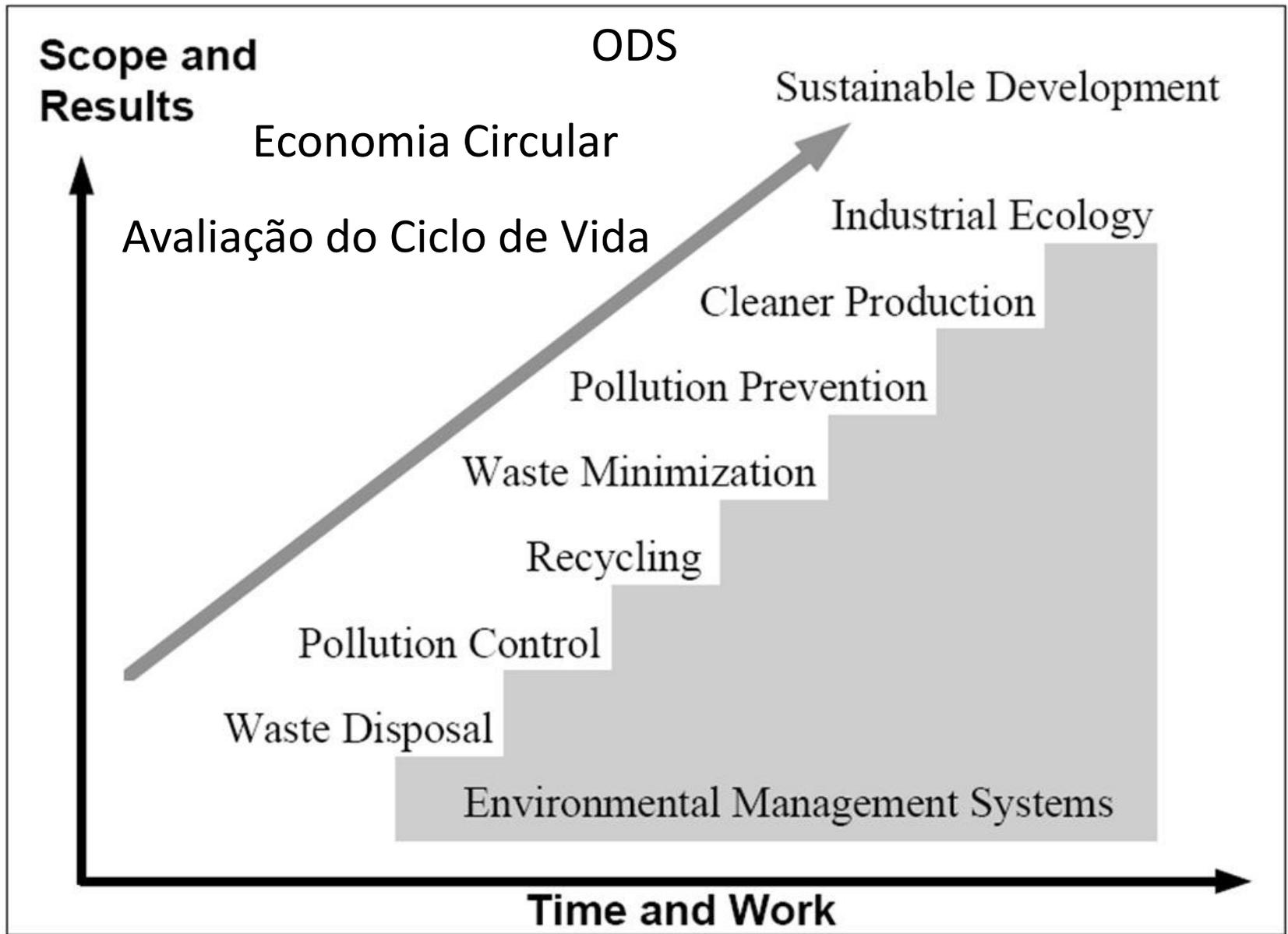
Outro exemplo de impacto ambiental?





Ecoeficiência

Definido pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 1992), "Eco-eficiência é alcançada pela entrega de mercadorias a preços competitivos e serviços que satisfaçam as necessidades humanas e trazem qualidade de vida, enquanto progressivamente reduz os impactos ecológicos e a intensidade de recursos ao longo do ciclo de vida a um nível pelo menos em linha com a capacidade estimada da Terra."



Evolução do pensamento em gestão ambiental

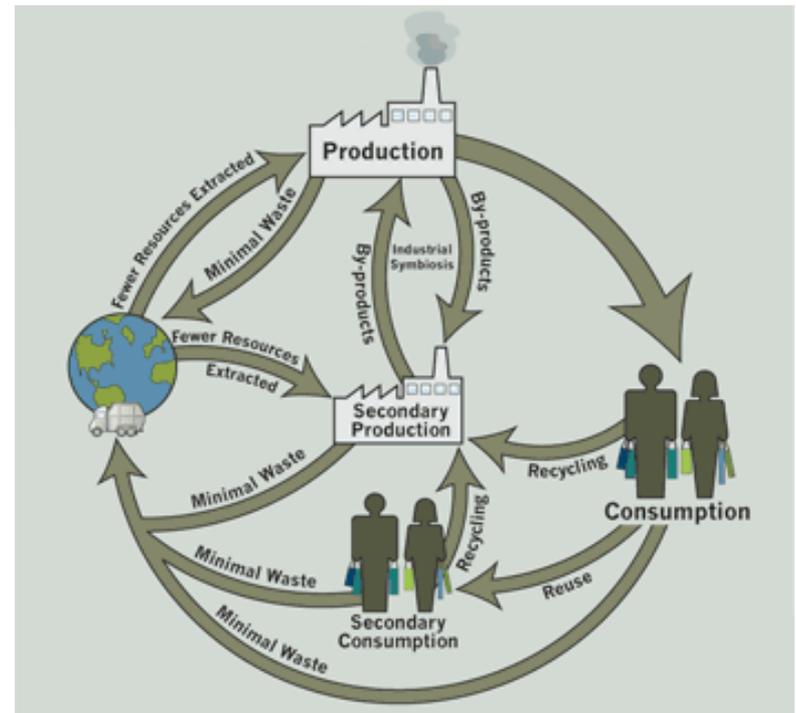
▶ A partir de 2000

- ▶ Gestão do ciclo de vida.
- ▶ Ciclo de vida X gestão compartilhada

Ciclo de Vida

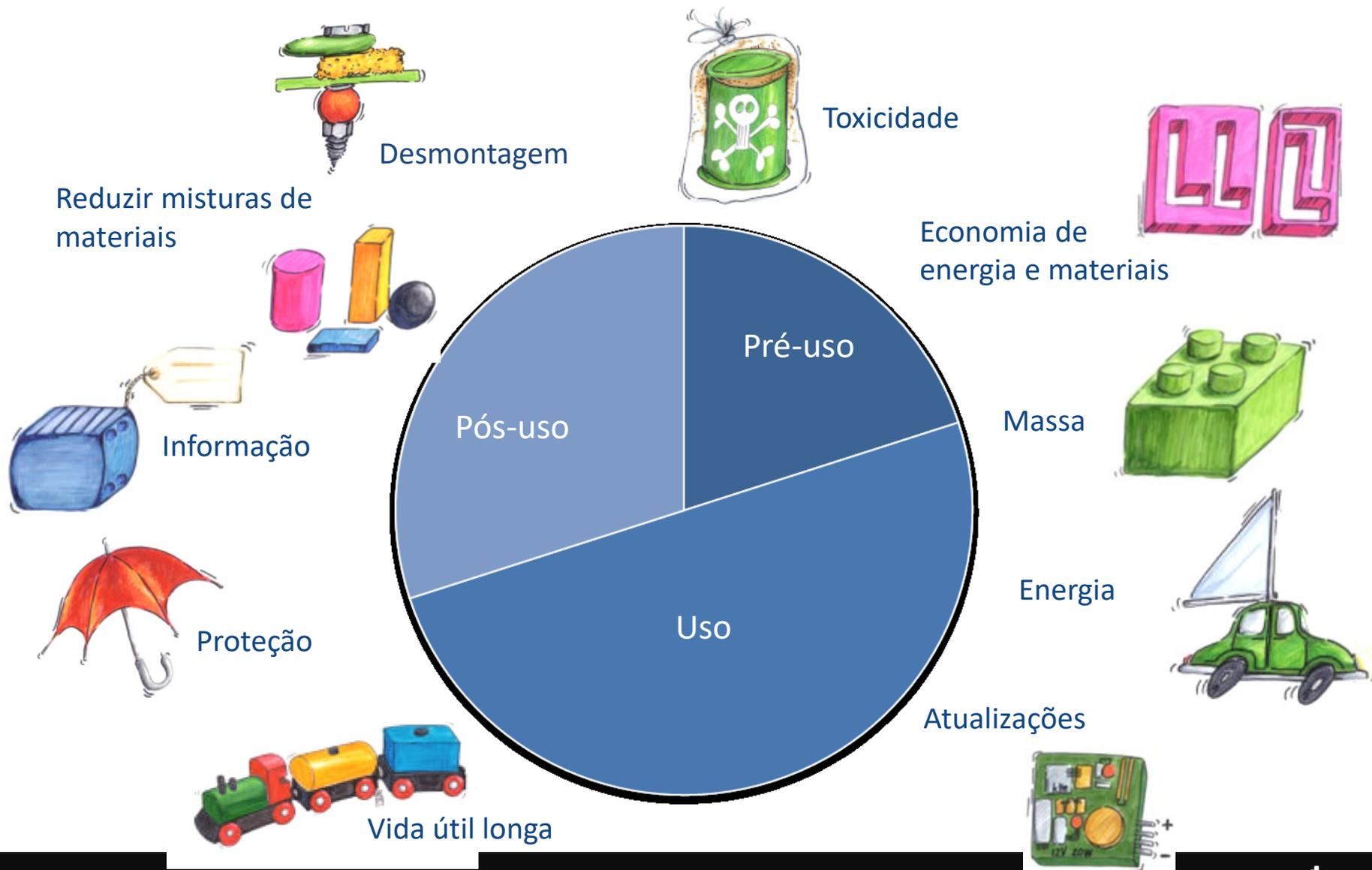
Série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final .

Fonte: Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010.



Fonte: ISIE, 2011

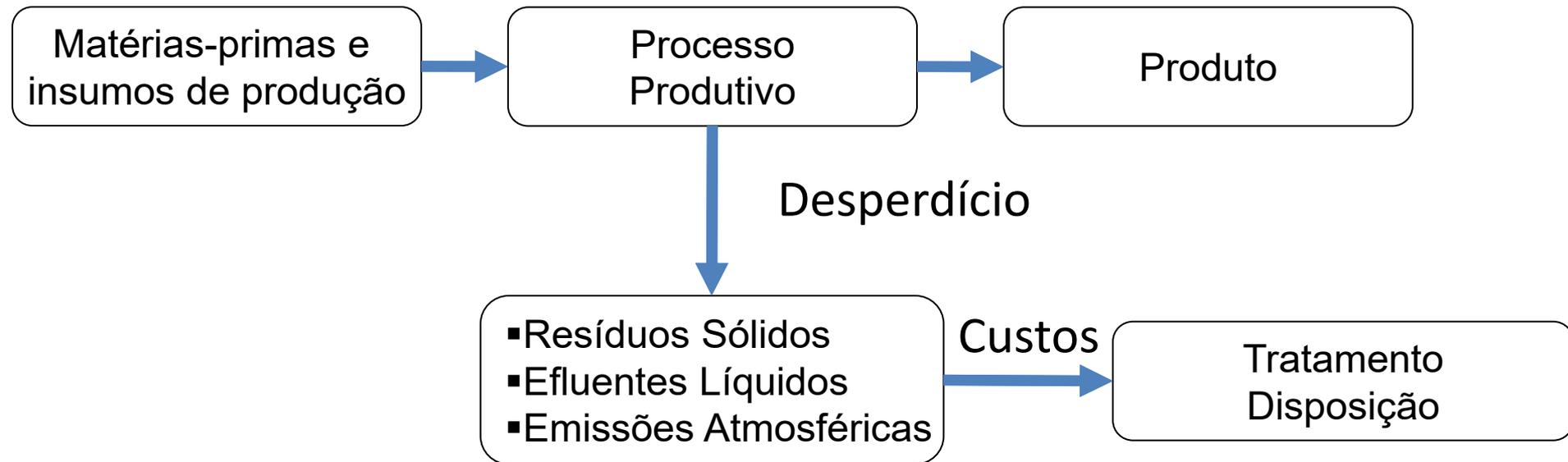
10 Regras de ouro do Ecodesing



"Transformando o nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável"



Duplo desperdício associado a geração de resíduos



Evitar Gerar...

Minimização de resíduos

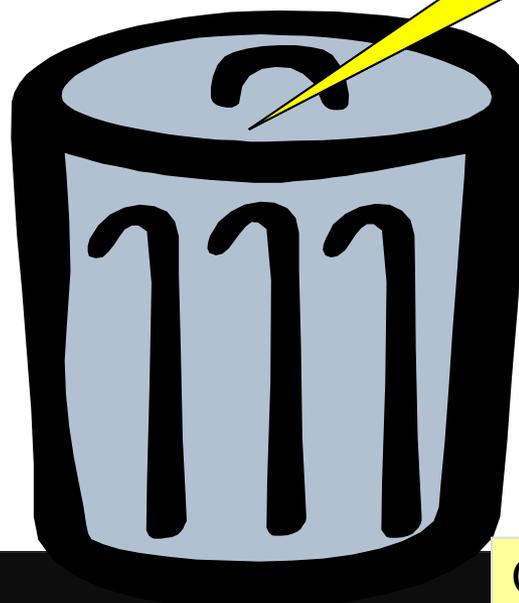
Reuso

Reciclagem e tratamento biológico

Tratamento térmico com recuperação de energia

Aterro

**Todos os
resíduos que pagamos
para tratar ou dispor já
foram anteriormente
adquiridos!**



Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)



<https://www.youtube.com/watch?v=SkHE2clxv0U>

Classificação de resíduos

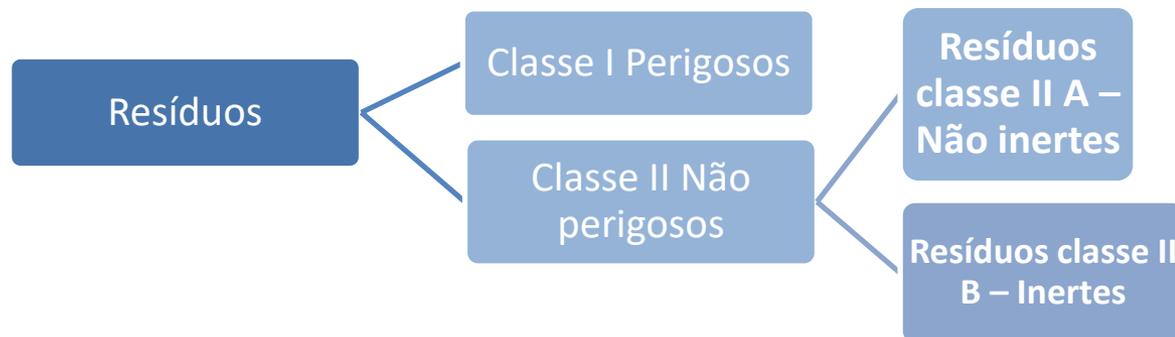
- ◎ I – Quanto à origem
- ◎ II – Quanto à periculosidade

Classificação o quanto a origem



Classificação quanto a periculosidade

ABNT NBR 10004,
10005, 10006 e
10007



QUANTO À PERICULOSIDADE (PNRS, 2010)

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea “d” do inciso I do **caput**, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Resíduos Classe I - Perigosos

São aqueles que apresentam periculosidade e que, por suas características, podem apresentar risco à saúde pública e / ou efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos inadequadamente.

- ⦿ **Inflamabilidade** (ponto de fulgor inferior a 60 °C)
- ⦿ **Corrosividade** (ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5)
- ⦿ **Reatividade** (reagir com a água)
- ⦿ **Patogenicidade** (presença de microrganismos patogênicos)
- ⦿ **Toxicidade** (testes de lixiviação e solubilização)

NBR 10005 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos

- ⦿ Determinação do pH da amostra
- ⦿ 100 g de MASSA SECA
- ⦿ Solução de Extração (razão 20:1 - solução: amostra)
- ⦿ Agitação por 18 ± 2 h,
- ⦿ Filtração com aparelho de filtração guarnecido com membrana filtrante com 0,6 a 0,8 μm de porosidade.



Case RSU – Baixada Santista



Projeto RSU Energia – Reciclos
Cidade de Bertioga

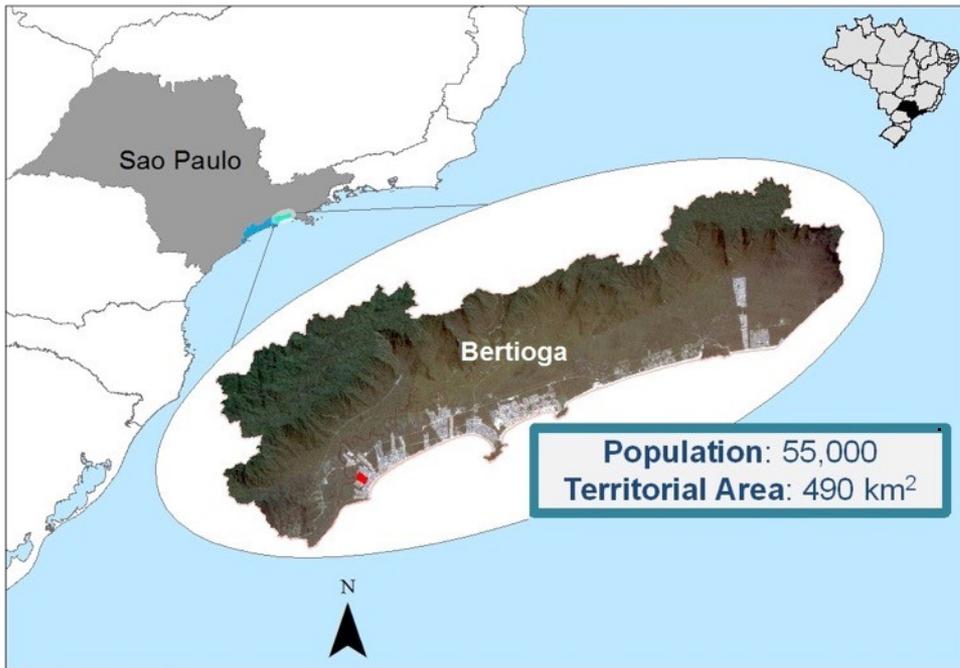
O que foi o projeto?

Projeto de pesquisa e desenvolvimento que visou montar um programa de apoio IPT aos municípios em questões relativas a resíduos sólidos urbanos.

Sendo a estratégia do programa o desenvolvimento e avaliação de alternativas de processamento de resíduos sólidos urbanos.

Tendo o Município de **Bertioga (SP)**, como **município piloto** do programa de apoio aos municípios que está sendo desenvolvido do projeto.

Porque Bertioga?



- 73% da cidade em área de preservação



- Opções limitadas de disposição final do RSU
- Aterro Sanitário será encerrado em breve
- Alta suscetibilidade ambiental

Objetivos do projeto

Avaliar o impacto dos processos de coleta seletiva, separação e pré-tratamento na eficiência das tecnologias – “tecnologia social de separação dos resíduos”

Desenvolver/adaptar novas tecnologias

Aplicar uma a duas tecnologias em escala de demonstração

Estabelecer as competências necessárias para que o IPT possa apoiar os municípios nas decisões relativas a RSU

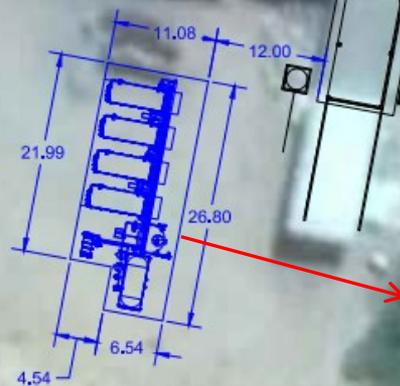


Inauguração da planta piloto (julho/2018)

2 mil
pessoas

2
toneladas
de resíduos/dia

Módulo I
Segregação na fonte
Recicláveis
Orgânicos
Rejeitos



Módulo II
Triagem mecanizada

Módulo III
Biodigestão anaeróbia

Módulo IV
Térmico



Localização



**Rodovia Manoel Hipólito do Rego, Km 227
Rodovia Rio – Santos, Bairro Sítio São João,
Bertioga/SP**

Módulo 1

Segregação
na fonte

Recicláveis
Orgânicos
Rejeitos
 ± 2 t/dia



Módulo 2

Triagem
mecanizada

Capacidade de
processamento:
0,5 t/h



Módulo 3

Digestão
anaeróbia

Redução estimada
da fração orgânica

2t/dia



Módulo 4

Tratamento
térmico

Capacidade de
processamento

5 kg/h



Módulo 2

Triagem
mecanizada

Capacidade de
processamento:

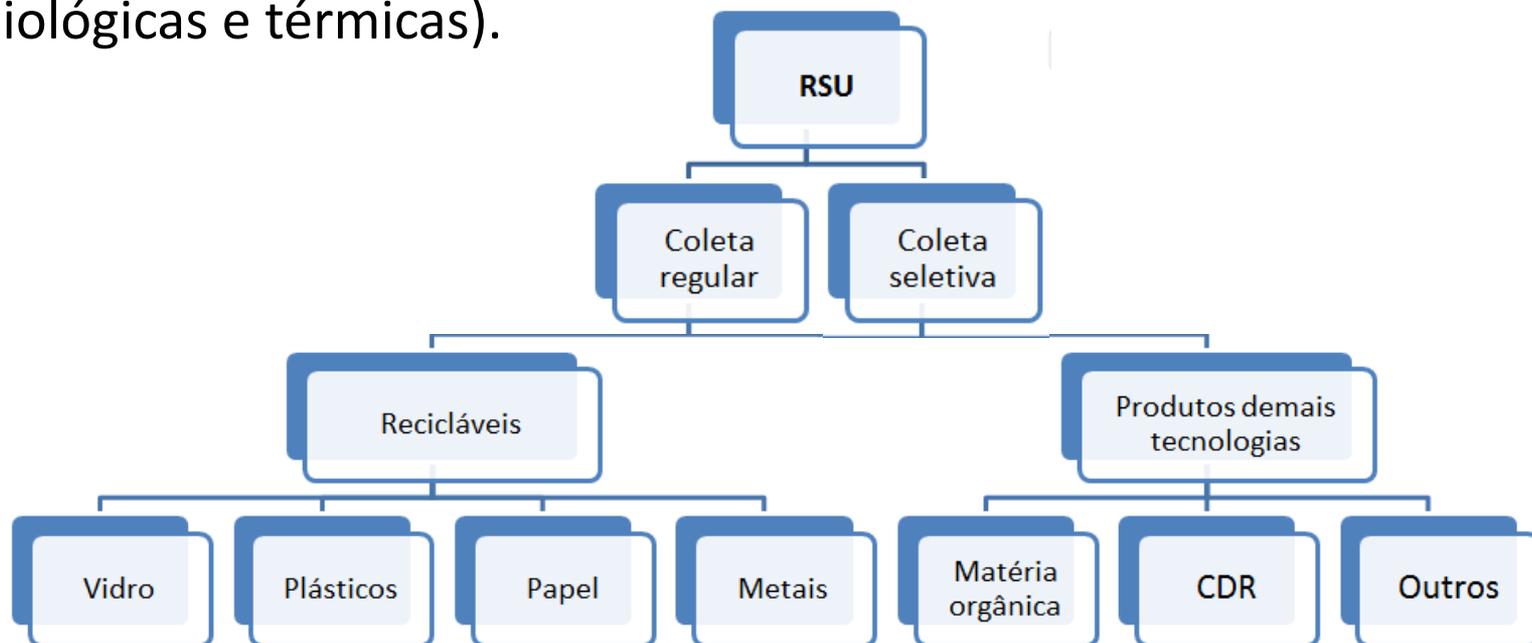
0,5 t/h



Módulo II – Triagem mecanizada

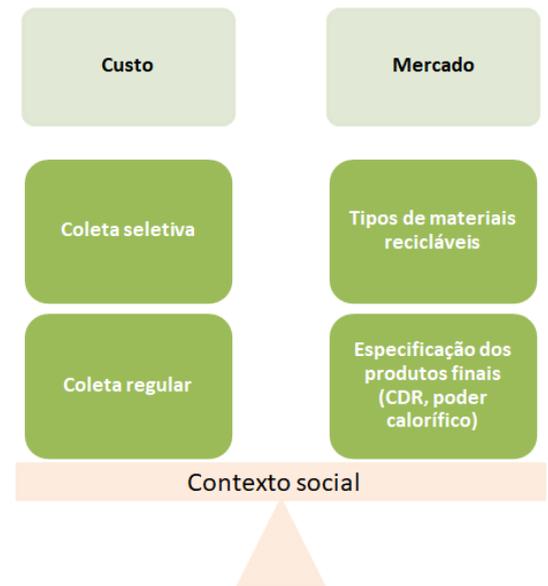
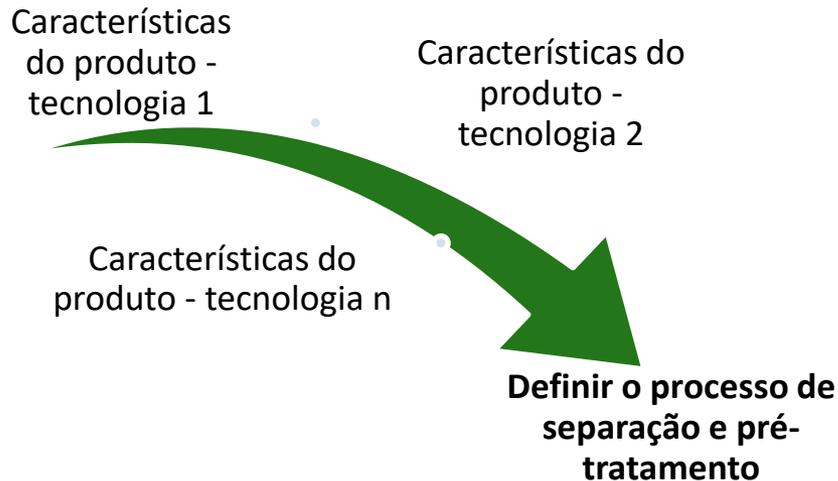
Conceito do módulo

Aplicar tecnologias de processamento mecânico de RSU visando à recuperação de valor dos resíduos, por meio da separação de recicláveis e da obtenção de produtos para as demais tecnologias (rotas biológicas e térmicas).



Módulo II – Triagem mecanizada

A definição de um processo de separação de resíduos deve levar em consideração as características do RSU na entrada do processo, especificações do produto a ser obtido (para venda ou outros processos de processamento), bem como as características locais da área em que o processo será implementado.



Módulo II – Planta de triagem mecanizada

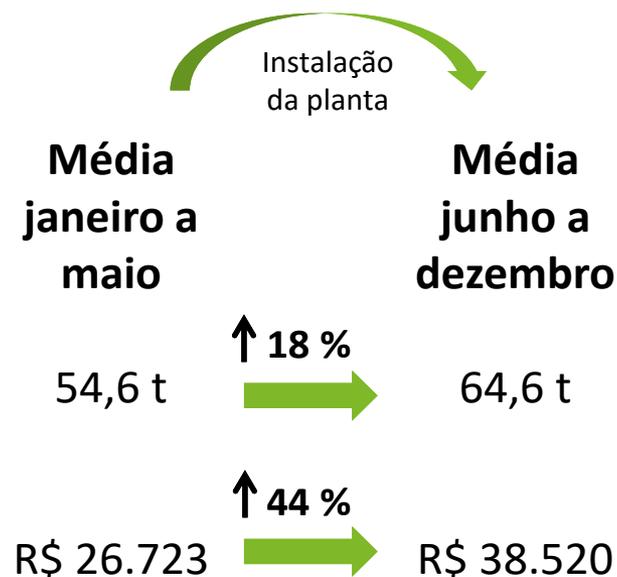
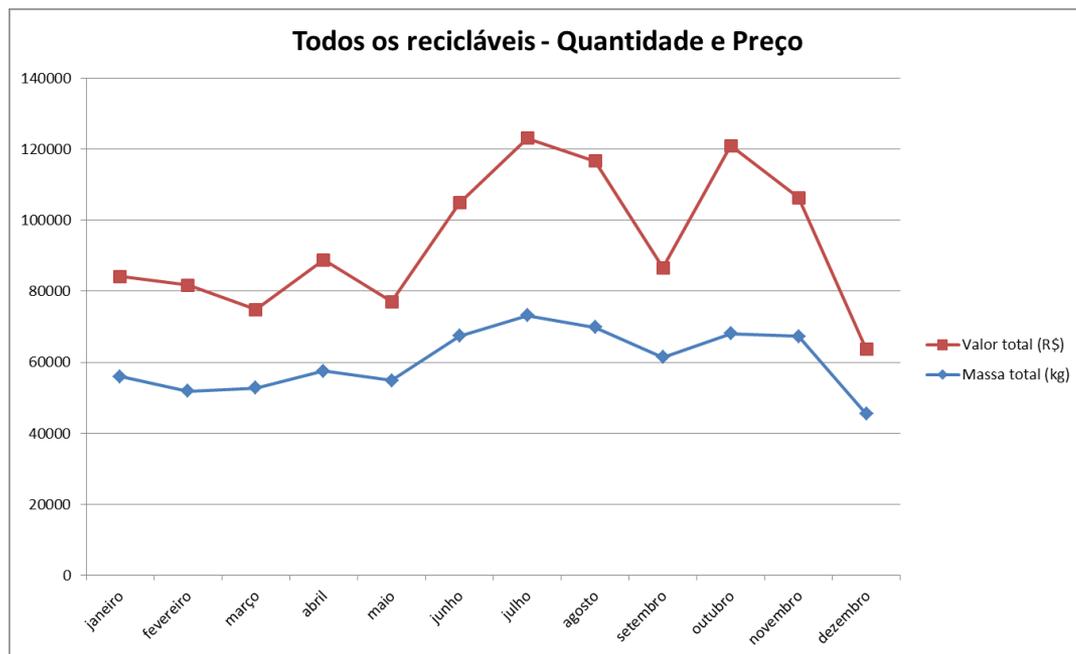


Coorb 2017



Coorb 2018

Módulo II – resultados da cooperativa



Como não há um fluxo logístico e o estoque é variável, é difícil mensurar **quanto do aumento de vendas efetivamente reflete o aumento da capacidade processada e/ou melhoria da qualidade do produto**, já que pode ter havido escoamento de estoque acumulado anteriormente à operação da planta.

Módulo 3

Digestão
anaeróbia

Capacidade de
processamento:

2 t/dia



Biodigestão anaeróbica

Substrato orgânico



$\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{Minerais} +$
Matéria orgânica estabilizada (composto)

Processo de **biodegradação** que ocorre na ausência de oxigênio.

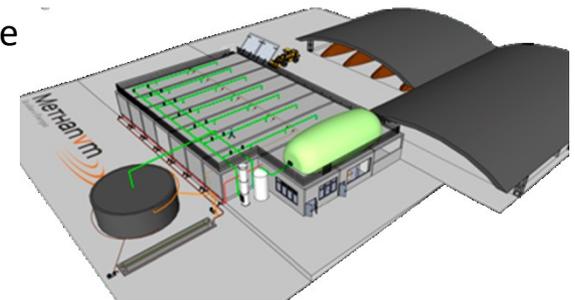
Processo de ocorrência natural



<http://saofranciscoconde.ba.gov.br/sema-esta-realizando-monitoramento-no-manguezal-do-municipio/>

Contorno das condições relevantes:

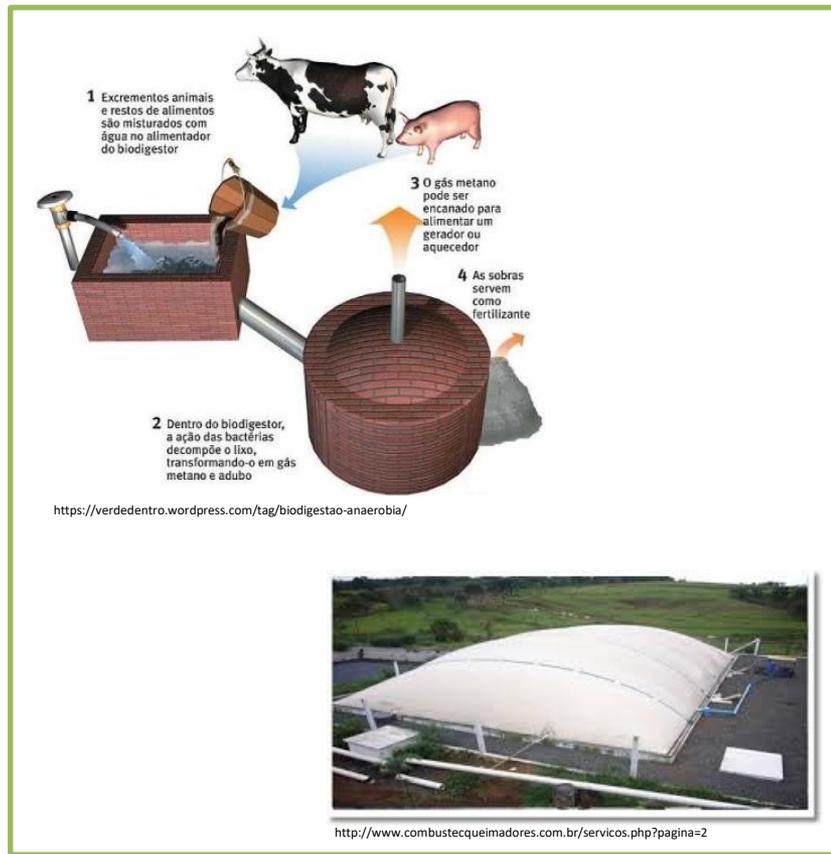
Eficiência
Recuperação de



Fonte: <http://methanum.com/pt/solucoes/tecnologiasmethanum/methar/methar-tmo.html>

Aplicação

Modelo consolidado na agroindústria e para efluentes



Desenvolvimento constante para RSU



<https://www.biocycle.net/2010/08/17/high-solids-anaerobic-digestion-of-source-separated-organics/>



BAERE, L.; MATTHEEUWS, B., 2010

Aplicação

Alternativa para tratamento antes da disposição final da **FORSU** (Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos)

Quando bem contornado:

- Redução da emissão de metano
- Aumento da vida útil de aterros
- Recuperação energética do **biogás**
- Aproveitamento do material estabilizado



Separado na origem



<http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/organicos/>
Composto orgânico

Fracionado do total

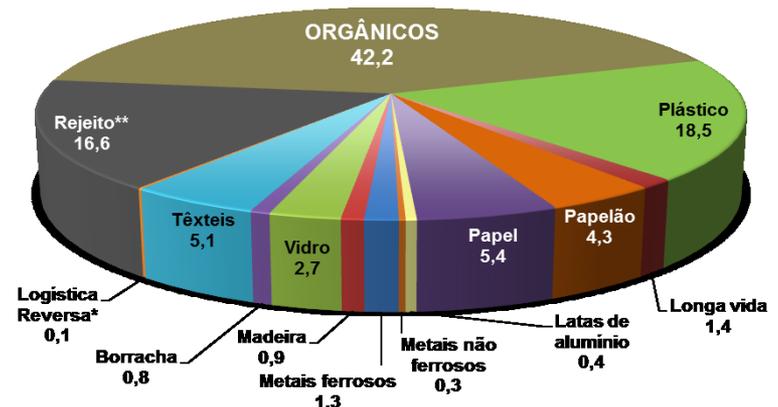


<http://belretrato.blogspot.com.br/2015/08/adamantina-uma-realidade-cotidiana-de.html>

Pós tratamento

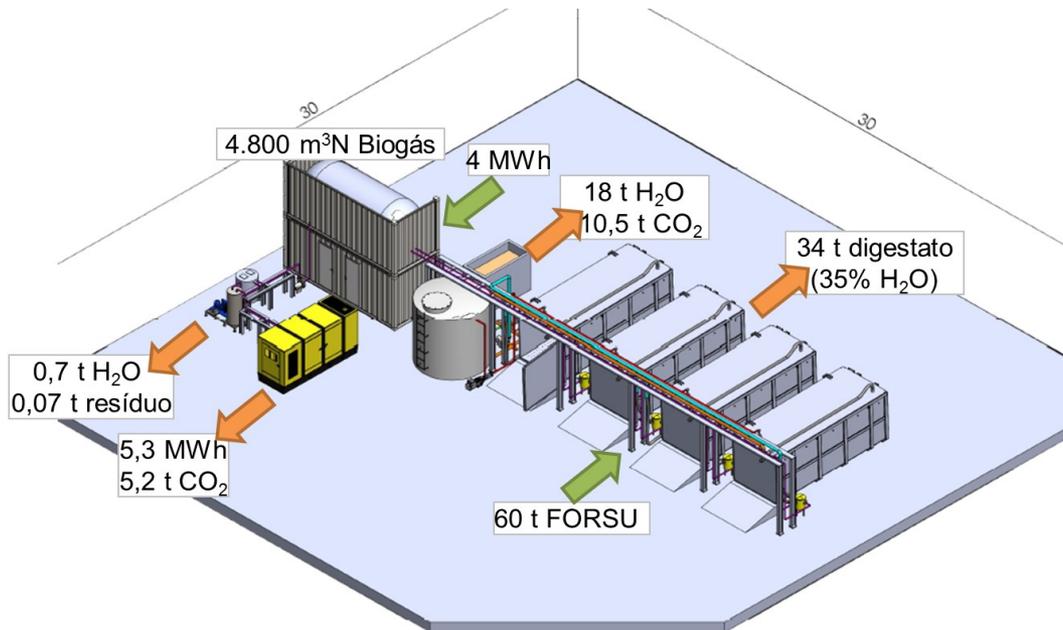
- Recuperação de encostas e canteiros
- Aterramento
- CDR

Caracterização da composição gravimétrica dos resíduos da Baixada Santista (%)



Concepção da Planta Piloto

Ciclo mensal aproximado



Eficiência do processo piloto - 720t/ano
(previsão por ton de FORSU)

Consumo de matéria orgânica	21%
Redução de massa do FORSU	43%
Digestato (sobra)	57%
Biogás (metano 57% v/v)	80 m ³ N
Geração de energia elétrica excedente (24%)	22 kW.h
Efluentes líquidos	< 0,1 t

Avaliação de cenários

- Eficiência aumenta com ampliação de escala

Túneis de metanização



- Comissionamento a frio – ajustes
- Comissionamento com resíduo – ajustes
- Vivência do processo

Túnel 2: SESC – 2210 kg

Túnel 4: SESC – 2050 kg

Túnel 1: SESC 2370 kg + orgânico amostral e residencial 1307 kg (3677 kg)

Túnel 3: orgânico área amostral – 3740 kg



Picos de geração de biogás
~ 250l/h

Módulo 4

Tratamento
térmico

Capacidade de
processamento

5 kg/h





“Lei 12.305/2010 Art. 9º: § 1o Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.”

Processos Térmicos

Características	Incineração	Gaseificação	Pirólise
Temperatura (°C)	≥ 900	700 a 900	200 a 500 / 700 a 900
Pré-tratamento	NÃO	SIM	SIM
Maturidade tecnologia	Comercial	Comercial/ Piloto	Piloto/laboratório
Tipo tratamento térmico	Combustão completa	Combustão incompleta	Ausência de oxigênio
Produtos	Geração Vapor e energia elétrica	Gás de síntese (combustível)	Gás (combustível), líquido (bio-óleo) e sólido (carvão)

Desenho representativo da Unidade de incineração de Barueri:
Operadora FOXX-HAZTEC; Projeto: Keppel Seghers no Brasil



Início: 2012

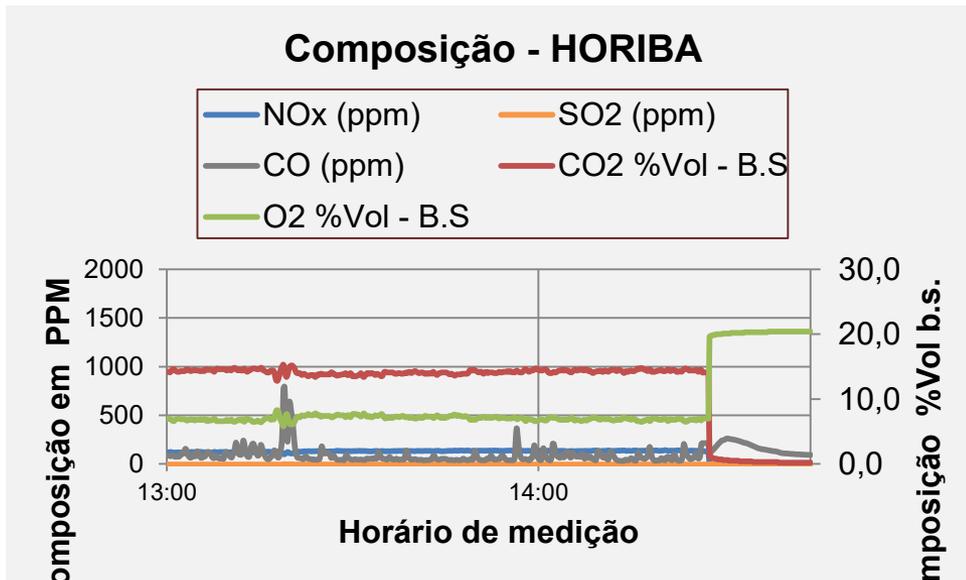
Início construção: ago/2019

Data conclusão: 2021

Unidades para testes de incineração, gaseificação e pirólise de resíduos do IPT



Incineração: TESTES OBRIGATÓRIOS LICENÇA PRÉVIA E DE INSTALAÇÃO – CETESB N° 25000303



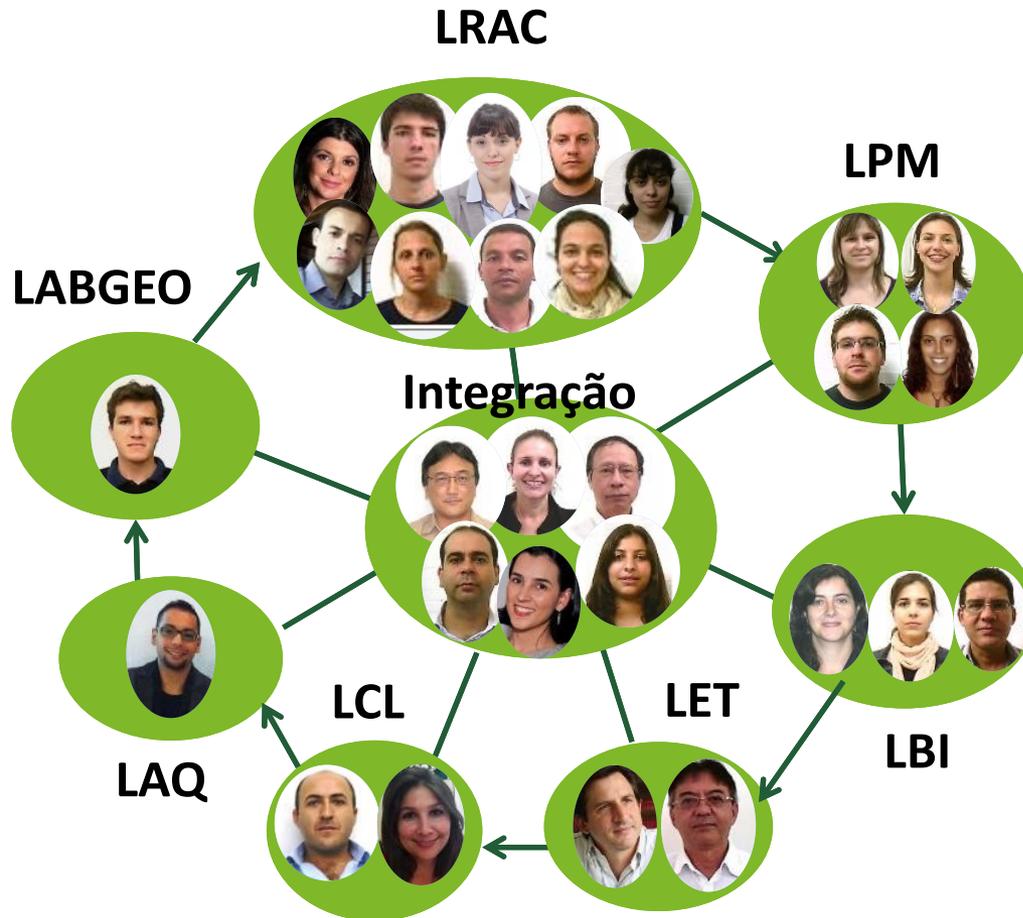
Caracterização química resíduos

Resultados (em base seca)

Amostra	C (% m)	H (% m)	N (% m)	Cinza (% m)	Voláteis (% m)	CF (% m)	S (% m)	O (% m)	PCS (% m)	PCI (% m)
RSU (fração orgânica) – 2016	46	6,7	1,8	17,6	71,2	11,2	0,12	27,8	18,8	16,8
RSU (fração orgânica) - 2018	45	6,2	1,0	18,8	70,9	10,3	0,10	28,8	19,7	18,4
Lixo orgânico - 2019	51	7,7	1,2	13,0	75,4	11,6	0,11	26,6	21,0	19,3
Rejeito Bertioga - 2019	45	7,2	1,1	18,3	66,3	15,3	0,13	28,8	18,9	17,4
Rejeito da separação mecânica - 2019	31	7,6	1,5	48,9	40,7	10,4	0,26	11,0	10,5	8,9

Equipe

CTGEO
CTMM
CQUIM
BIONANO
CTMNE
CIAM



O que o IPT tem a oferecer?



Avaliação e desenvolvimento

de tecnologias

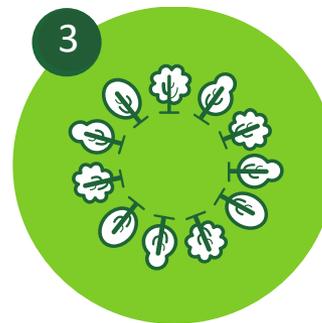
- Dimensionamento de plantas
- Elaboração de modelos conceituais
- Escalonamento de tecnologias
- Avaliação de eficiência de sistemas
- Monitoramento de emissões
- Estruturação de cadeias de valor



Estudos para gerenciamentos

de resíduos

- Planos de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, bem como para outros resíduos
- Planos de educação ambiental e de mobilização social
- Estudos de viabilidade técnico-econômica-ambiental de rotas tecnológicas
- Levantamento de áreas potenciais para instalação de sistemas de gerenciamento de resíduos



Recuperação de passivos

ambientais

- Estudos de encerramento de aterros e lixões
- Avaliação e monitoramento da qualidade do solo, águas subterrâneas e águas superficiais
- Avaliação e monitoramento de gases
- Planos de usos futuros para a área



Capacitação de recursos humanos

- Educação ambiental (população, servidores, funcionários)
- Capacitação tecnológica (catadores, unidades de triagem, técnicos e servidores públicos)
- Cursos *in company* (gestão e alternativas para resíduos)



...TEMOS
SOLUÇÃO!



Seu desafio é nosso.

Obrigada pela atenção!

cteixeira@ipt.br

