



VII Jornada de Socialización de Resultados de Investigación



*Comprometidos con la generación de
conocimiento para la sociedad*

MSW energy conversion technologies and MSW gasification

Suani Teixeira Coelho

Research Group on Bioenergy - GBIO

Bogota, 18 de septiembre de 2015



Universidad de
La Sabana



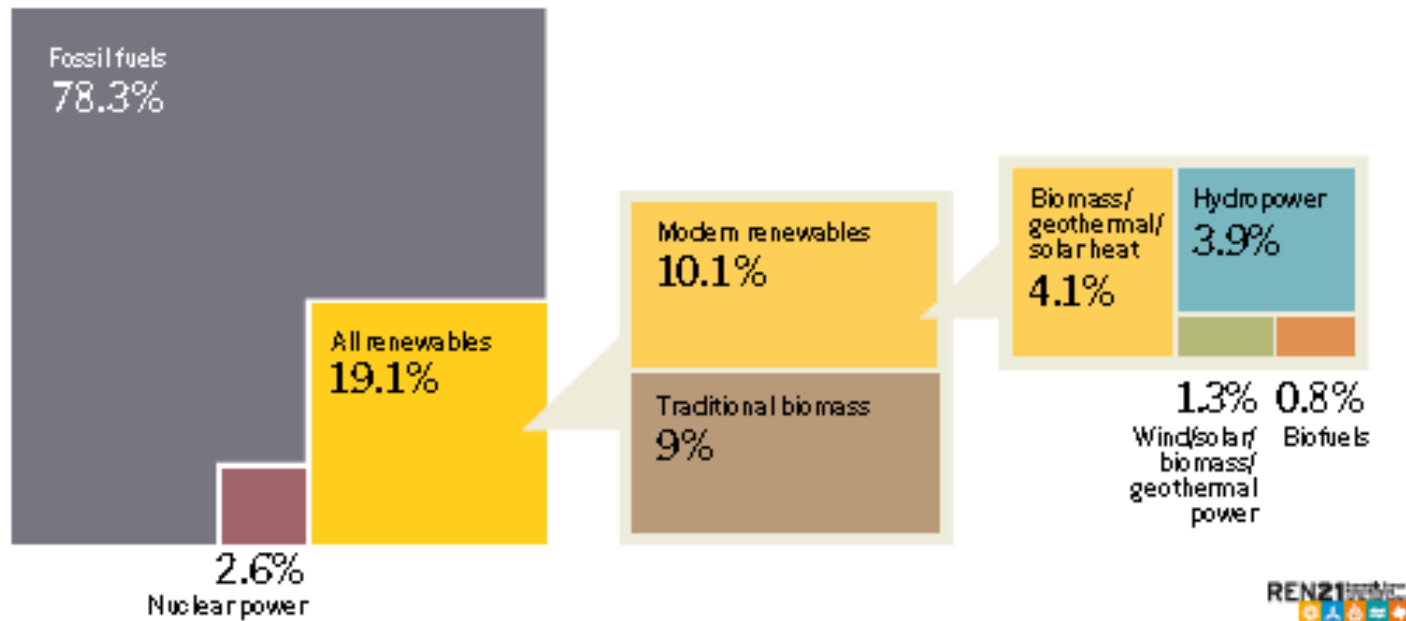
GRUPO DE PESQUISA EM
BIOENERGIA

Universidade de São Paulo | Instituto de Energia e Ambiente

Summary

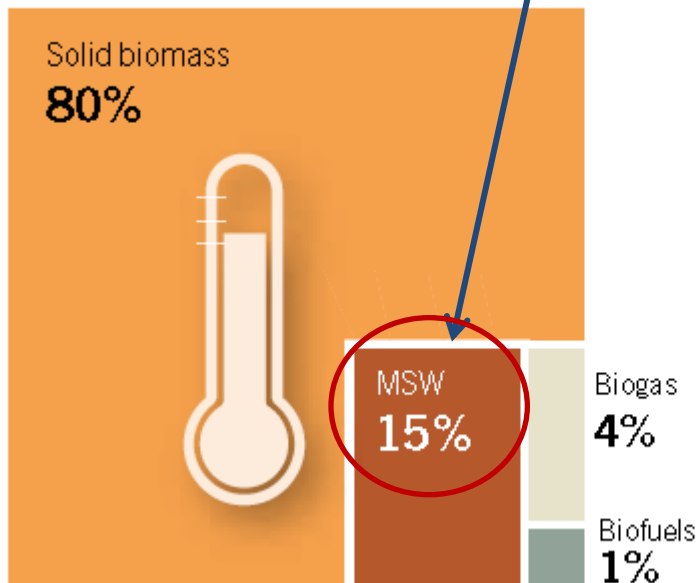
- World energy matrix and MSW
- MSW in Brazil – current situation
- Sinergies MSW energy conversion x basic sanitation
- Existing technologies for MSW energy conversion
- Small and medium municipalities and MSW gasification
- Barriers and proposals

Figure 1. Estimated Renewable Energy Share of Global Final Energy Consumption, 2013



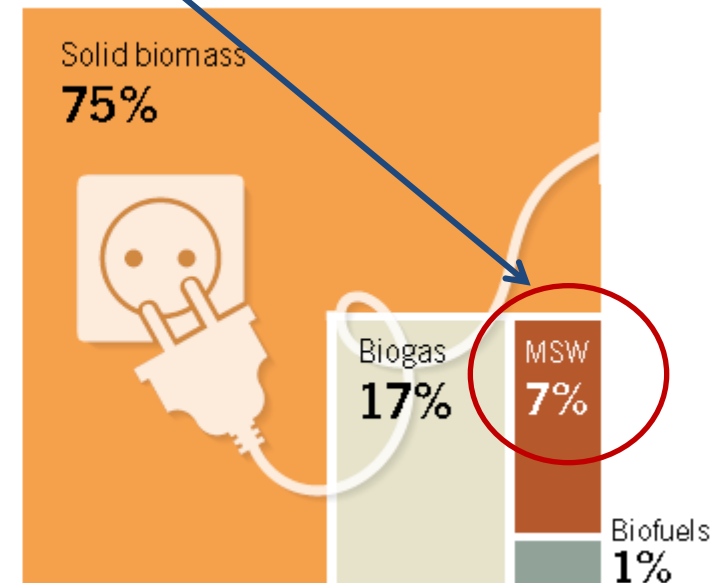
- i - An estimated 1.2 billion people worldwide lack access to electricity, and 2.8 billion people rely on traditional biomass for cooking and heating. See United Nations Sustainable Energy for All (SE4ALL), "United Nations Decade of Sustainable Energy for All 2014-2024," <http://www.se4all.org/decade/> viewed 10 April 2015.
- ii - SE4ALL has three interlinked objectives: ensuring universal access to modern energy services, doubling the global rate of improvement in energy efficiency, and doubling the share of renewable energy in the global energy mix. See SE4ALL, "Our Objectives," <http://www.se4all.org/our-vision/our-objectives/> viewed 10 April 2015.

Biomass Sources in **H**eat Generation

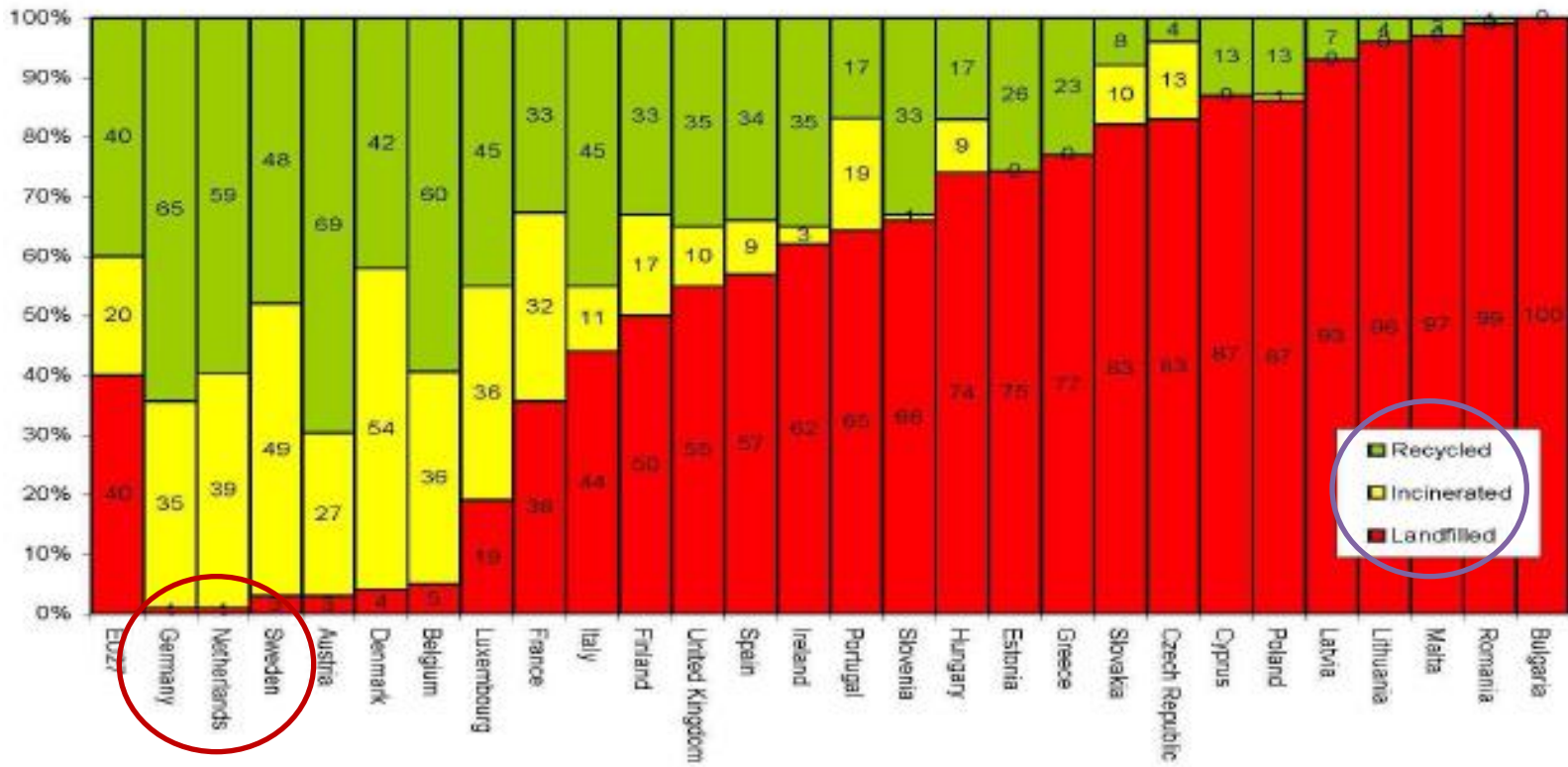


Solid biomass shares include both traditional and modern bioenergy from fuelwood, bagasse, black liquor, animal waste, and others.

Biomass Sources in **E**lectricity Generation



MSW in Europe - 2008

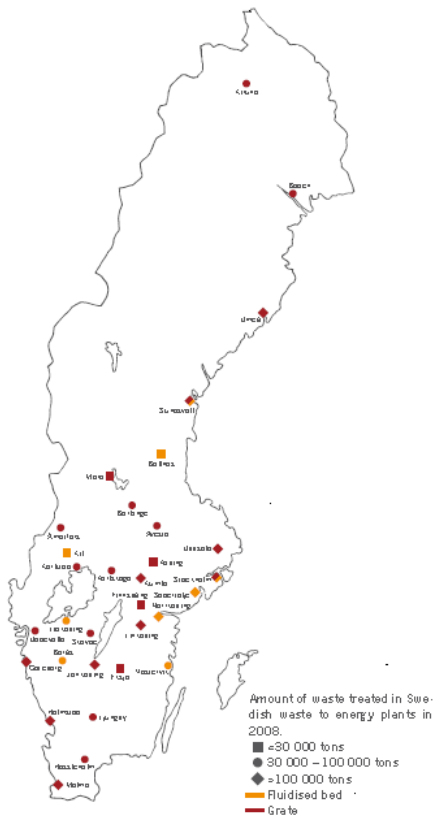


Most developed

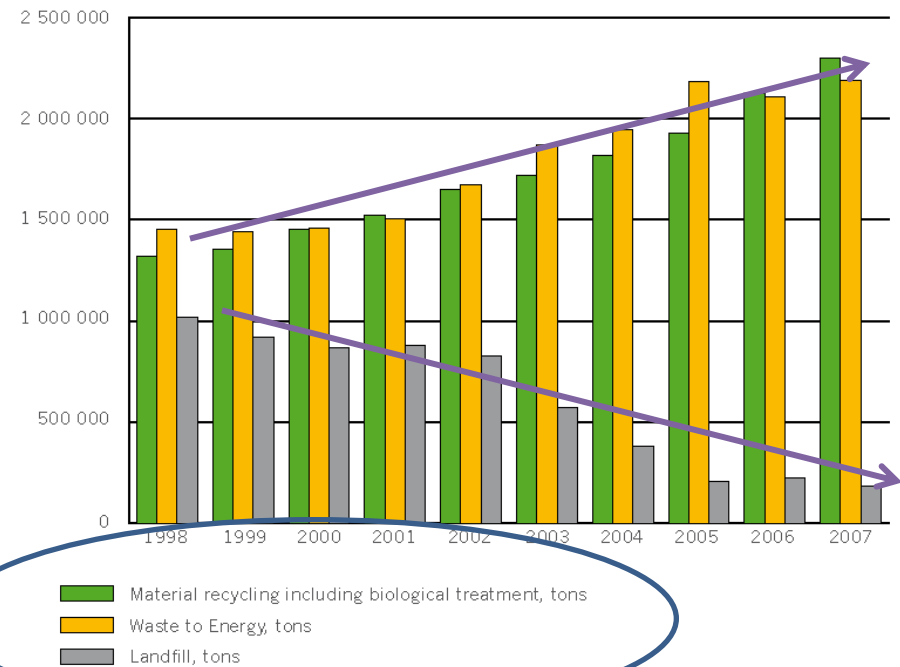


Less developed

MSW in Sweden



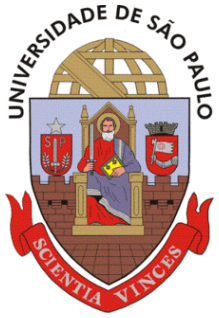
TREATMENT METHODS FOR HOUSEHOLD WASTE 1998-2007



MSW – Portugal



Fotos: visita 2014 (Lisboa, Portugal)



VALORSUL Bobadella, Lisboa - Portugal

- 3 incineration chambers
- 37 MW steam turbine
- LHV (MSW) = 7400-7800 kJ/kg
- 2000 t/d MSW (Lisboa + 5 municipalities)
- Investment: € 174 million (2011)
- € 94 million (54% from EU)
- Tariffs
 - Municipalities € 20 /t
 - Inhabitants € 40 /t
- Electricity sales
 - € 84 euros/MWh ("green tariff")



Summary

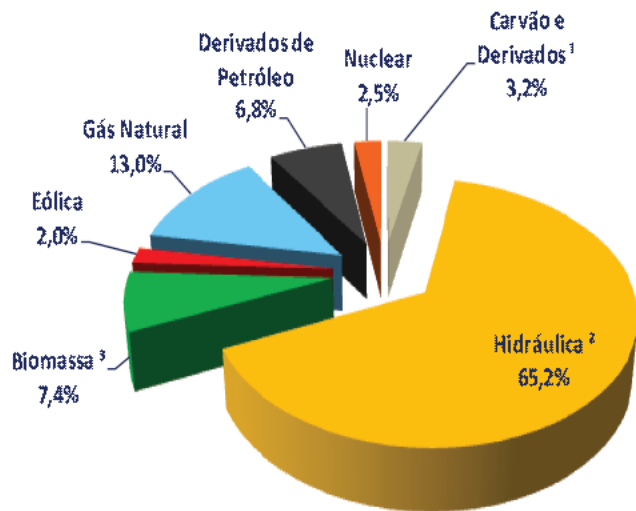
- World energy matrix and MSW
- **MSW in Brazil – current situation**
- **Sinergies MSW energy conversion x basic sanitation**
- Existing technologies for MSW energy conversion
- Small and medium municipalities and MSW gasification
- Barriers and proposals

Brazilian Electricity Matrix

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2015 | Relatório Síntese | ano base 2014

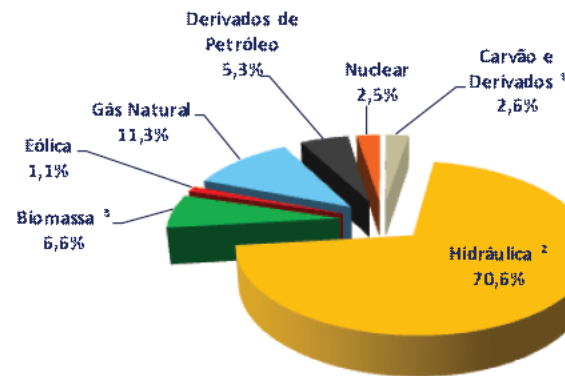
Matriz Elétrica Brasileira

Brasil (2014)



geração hidráulica² em 2014: 407,2 TWh
geração total² em 2014: 624,3 TWh

Brasil (2013)



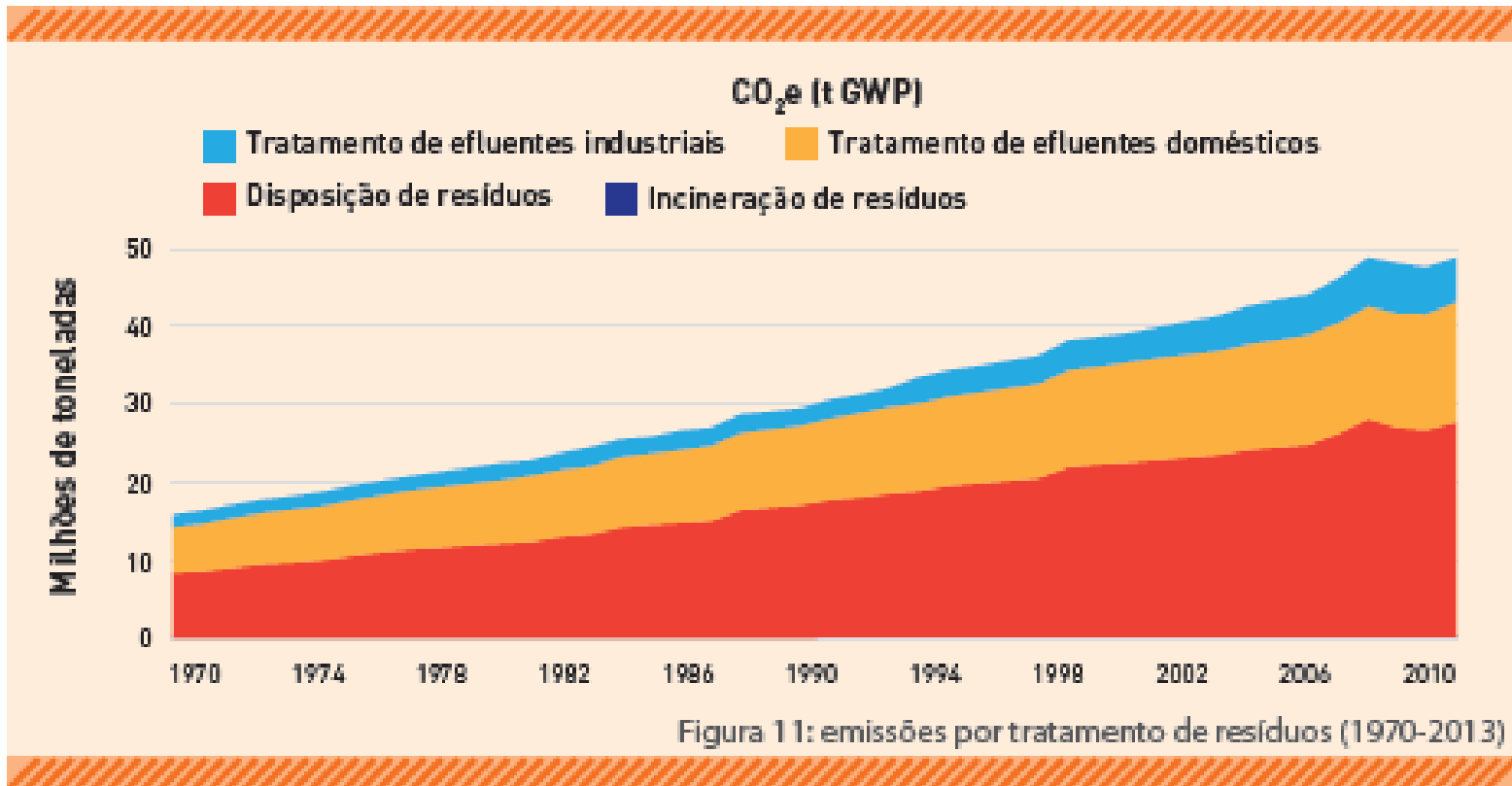
geração hidráulica² em 2013: 431,3 TWh
geração total² em 2013: 611,2 TWh

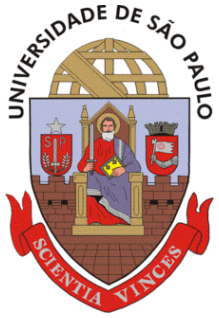
¹ Inclui gás de coque

² Inclui importação

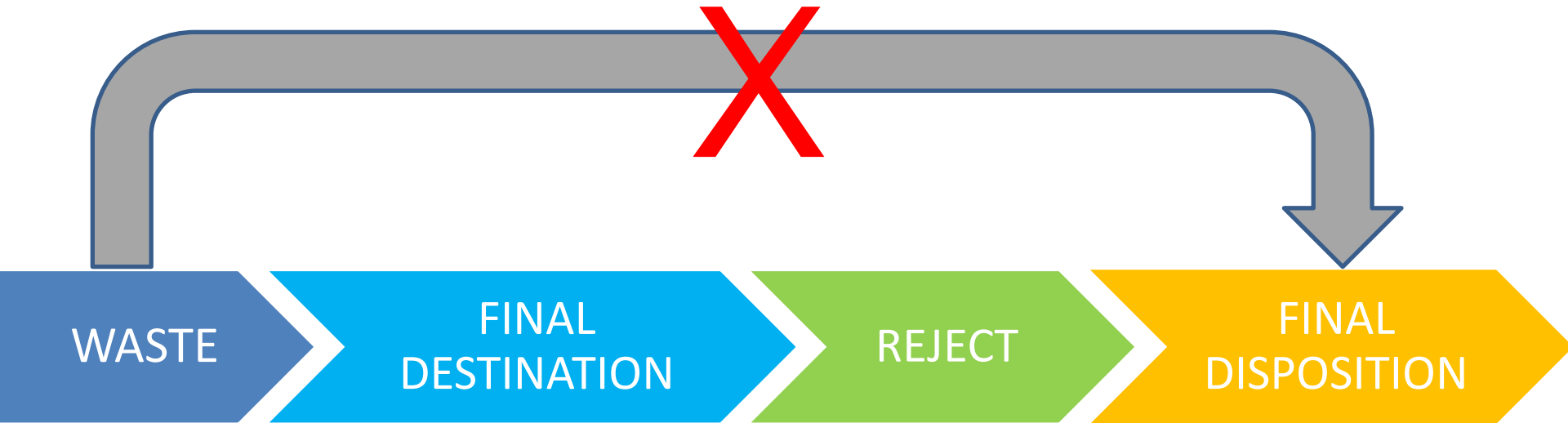
³ Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Carbon emission in Brazil Increase on carbon emissions in “Energy” and “Residues” Sectors





Federal Law 12.305/10
PNRS – Programa Nacional de Resíduos Sólidos

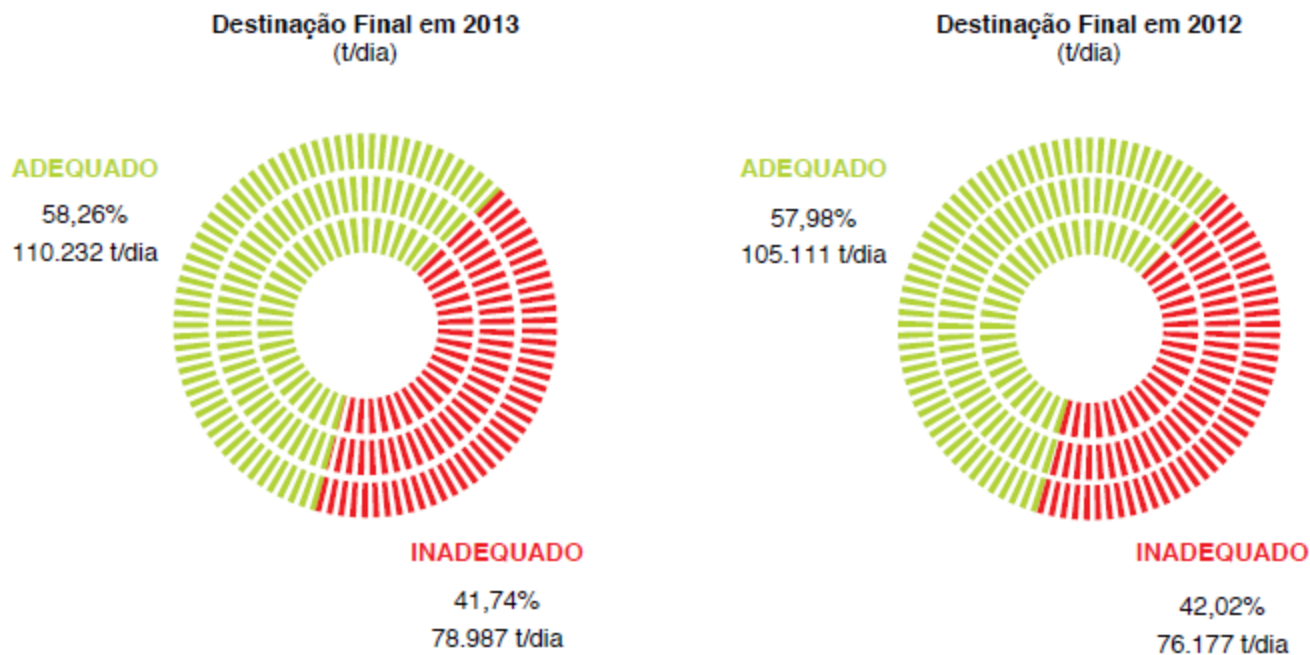


- reutilization
- recycling
- composing
- recuperation
- energy conversion

From 2017

From 2014
~~Forbidden
dumpsites/inadequate
landfills~~

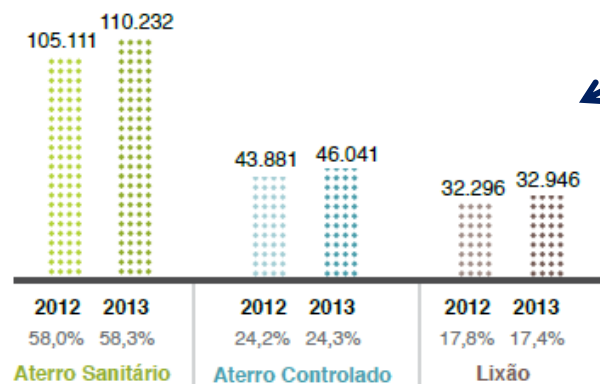
Figura 3.1.1.6 – Destinação final dos RSU Coletados no Brasil



Fonte: Pesquisa ABRELPE

4.1.4 Destinação Final de RSU

Figura 4.1.4.1 – Destinação final de RSU (t/dia)



Synergies
MSW energy
conversion x basic
sanitation

Fonte: Pesquisa ABRELPE

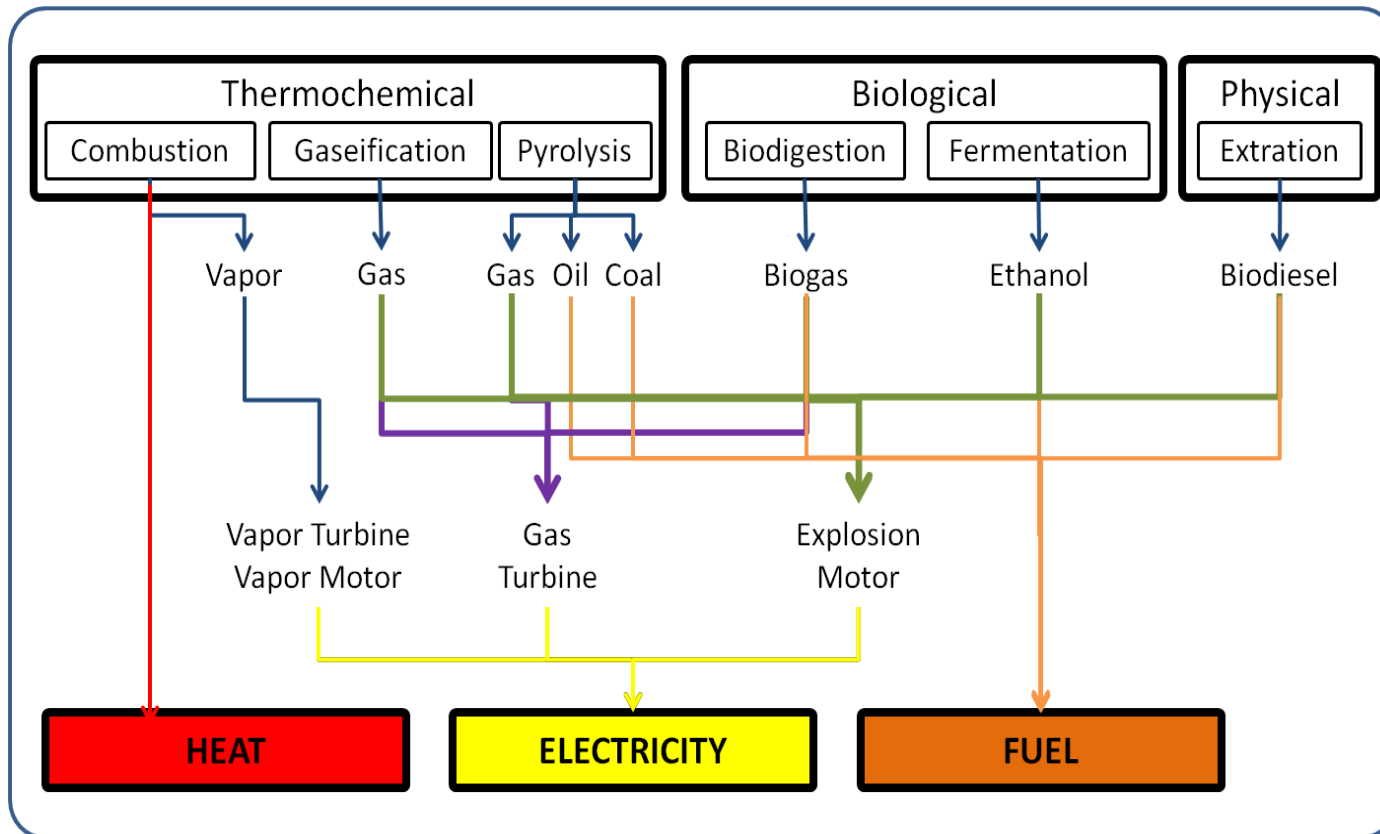
Tabela 4.1.4.2 – Quantidade de Municípios por Tipo de Destinação Adotada – 2013

Destinação Final	2013 – Regiões e Brasil					
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	BRASIL
Aterro Sanitário	92	453	161	817	703	2.226
Aterro Controlado	111	504	148	645	367	1.775
Lixão	247	837	158	206	121	1.569
BRASIL	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

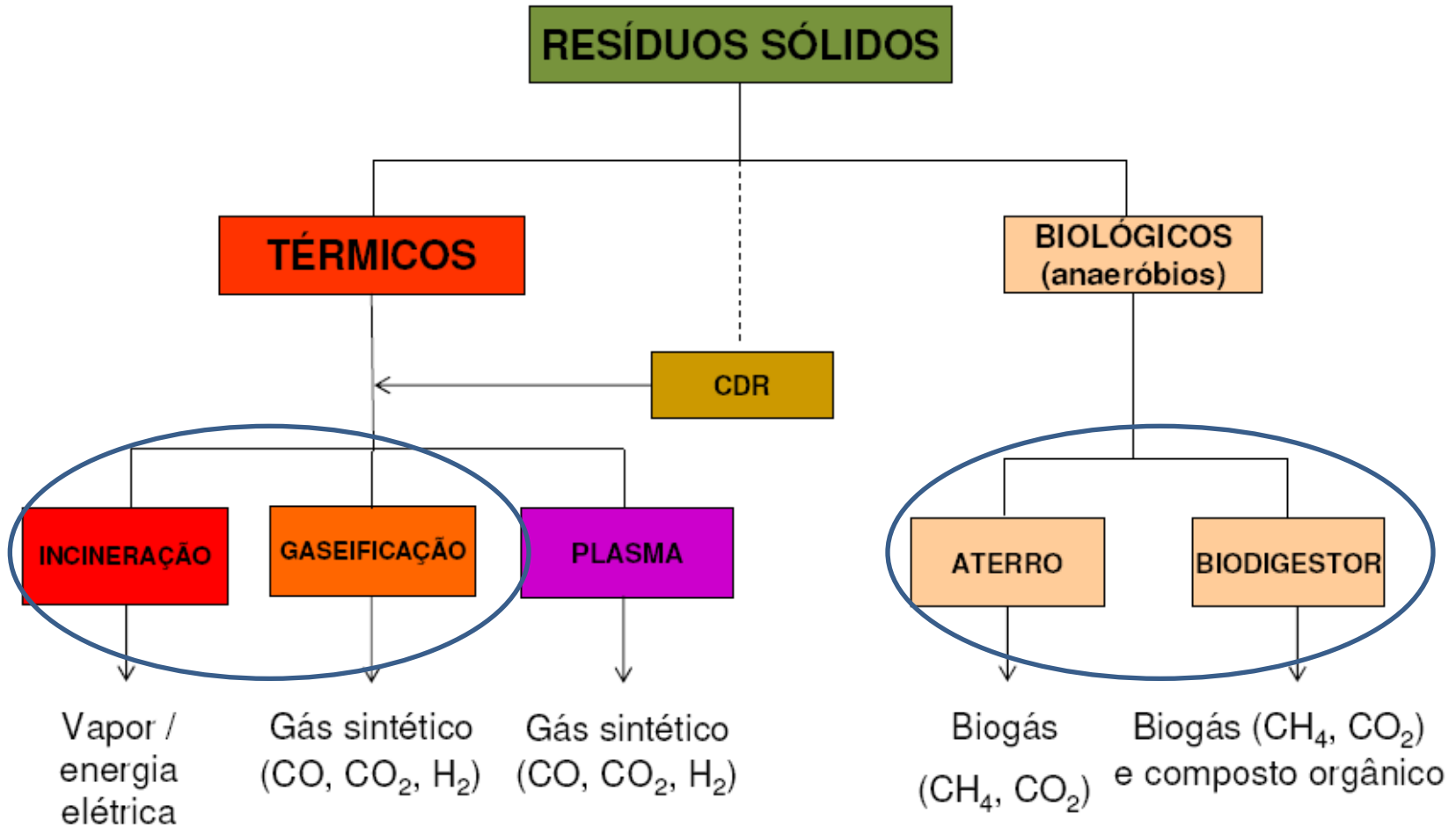
Summary

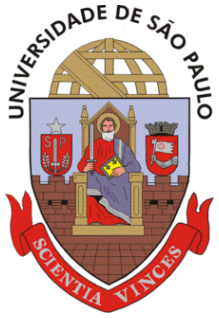
- World energy matrix and MSW
- MSW in Brazil – current situation
- Synergies MSW energy conversion x basic sanitation
- **Existing technologies for MSW energy conversion**
- Small and medium municipalities and MSW gasification
- Barriers and proposals

Main technology routes for biomass to energy conversion



Main technology routes for MSW to energy conversion





MSW plasma gasification – Morcenx, France – 12 MW

SUCCESSFUL TESTS AT STRUGGLING PLASMA GASIFICATION WASTE TO ENERGY PROJECT IN FRANCE

25 June 2014
By Ben Messenger
Managing Editor

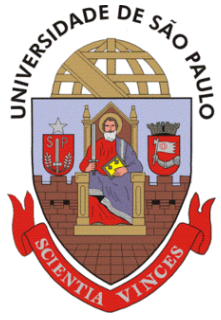


Construction work on the facility was completed back in 2012, but commissioning has been delayed due to difficulties in achieving satisfactory performance testing.

Start-up 2014

<http://www.waste-management-world.com/articles/2014/06/successful-tests-at-struggling-plasma-gasification-waste-to-energy-project-in-france.html>

http://www.dovetailinc.org/workshop_materials/plasma_gasification_presentation.pdf



Landfills Biogas

Open air dumpsites



Controlled landfills



INADEQUATE DISPOSAL



São Joao Landfill

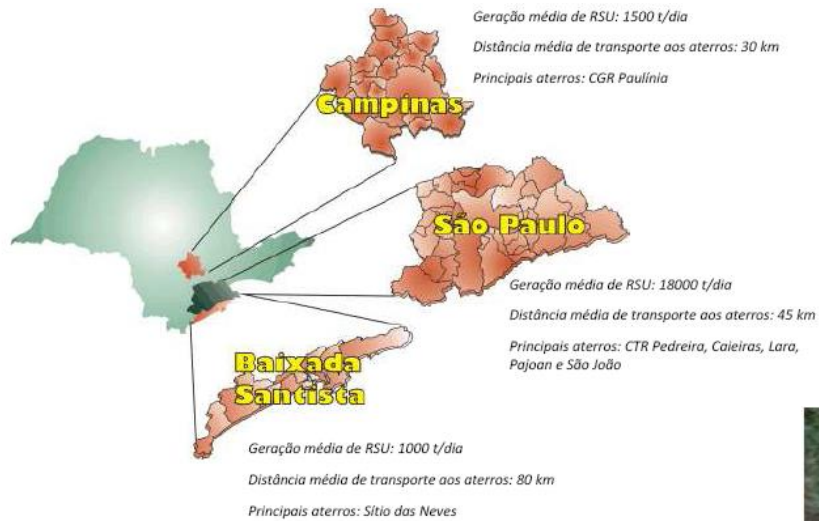


Bandeirantes Landfill

ADEQUATE DISPOSAL



São Paulo State



Sanitary Landfill

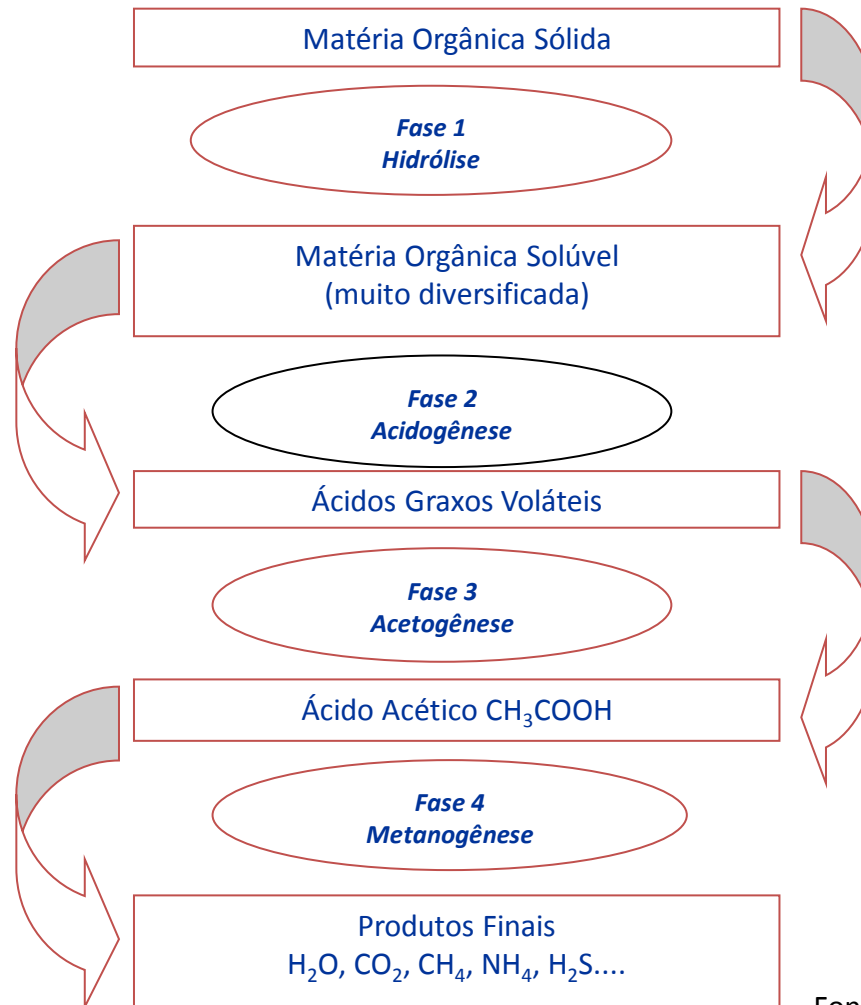
Biogas burning - flare



Biogas capture and transportation



Anareobic digestion (decomposition)

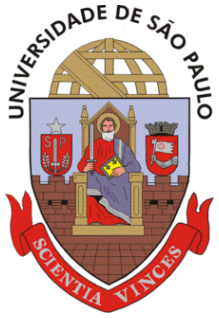


Fonte: Borges de Castilhos, 2000.

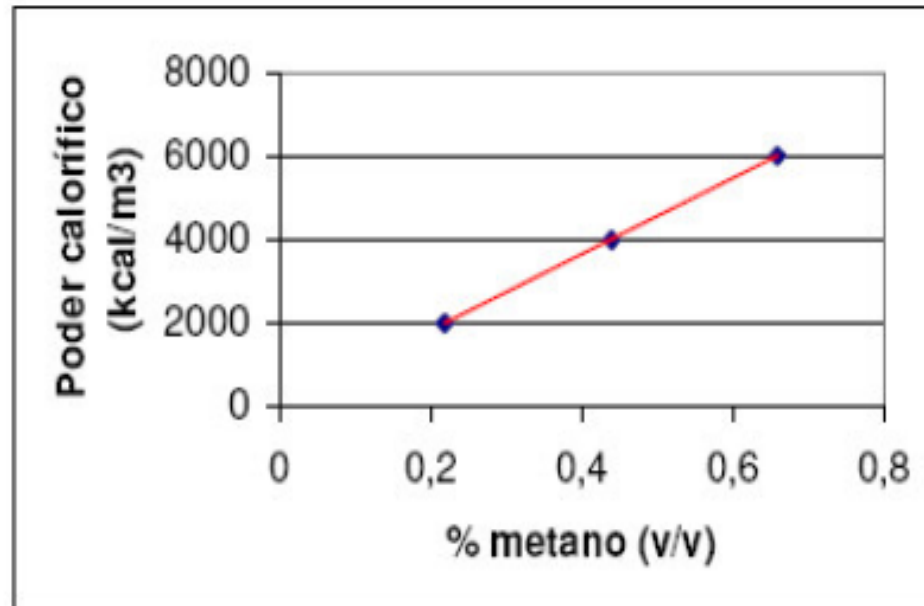


Average composition - biogas

Compound	Share
Methane – CH ₄	50-60%
Carbon dioxide – CO ₂	35-45%
Hydrogen, Nitrogen, Oxygen, Ammonia, H ₂ S, CO and others	5%



% Methane X LHV

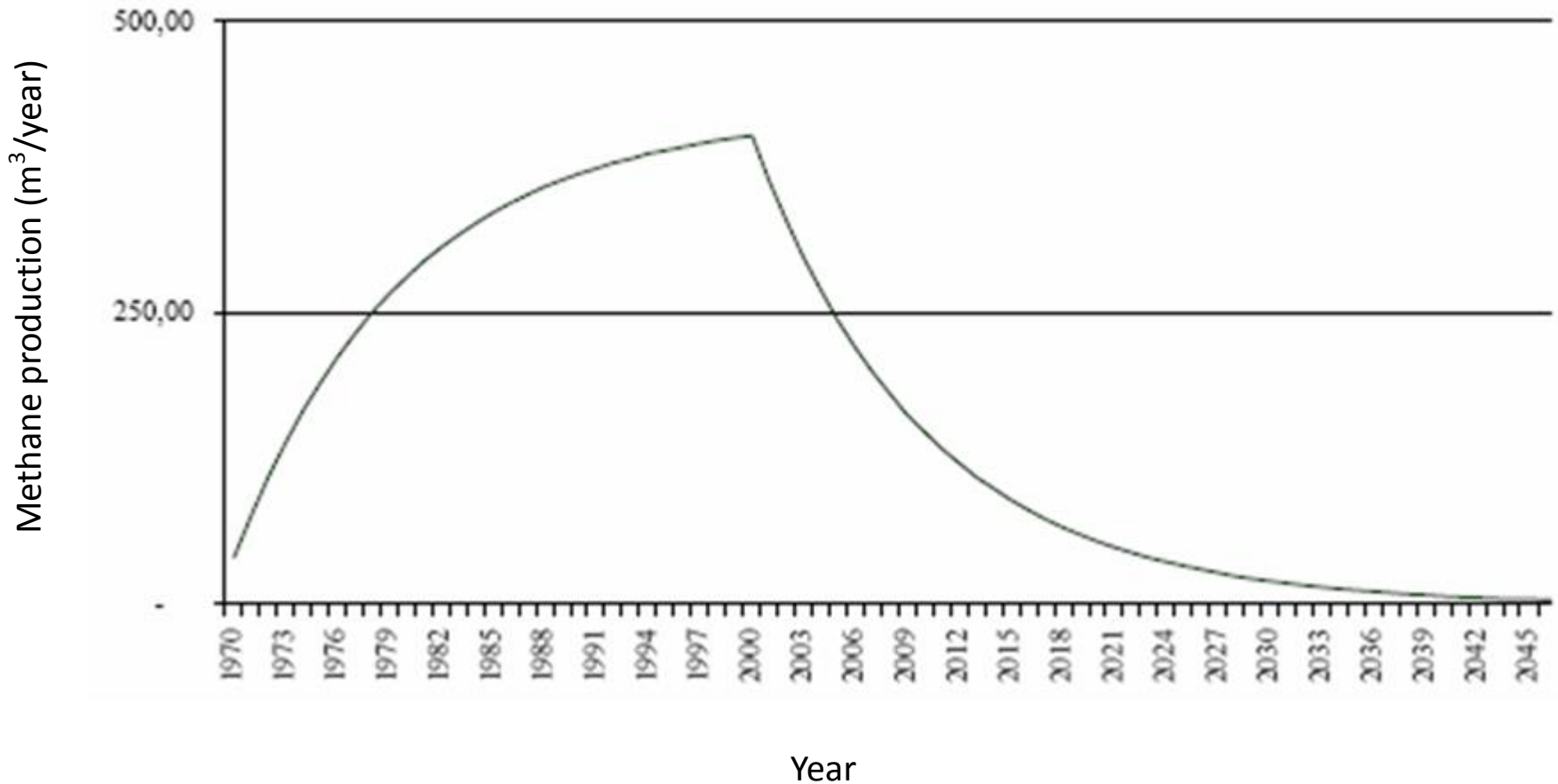


Fonte: Alves (2000)

LHV (Low heating value: $\sim 5,500 \text{ kcal/Nm}^3$ (medium LHV))



Biogas production in landfills





Otto engines



Microturbinas – biogas

Painel de controle

Entrada de ar

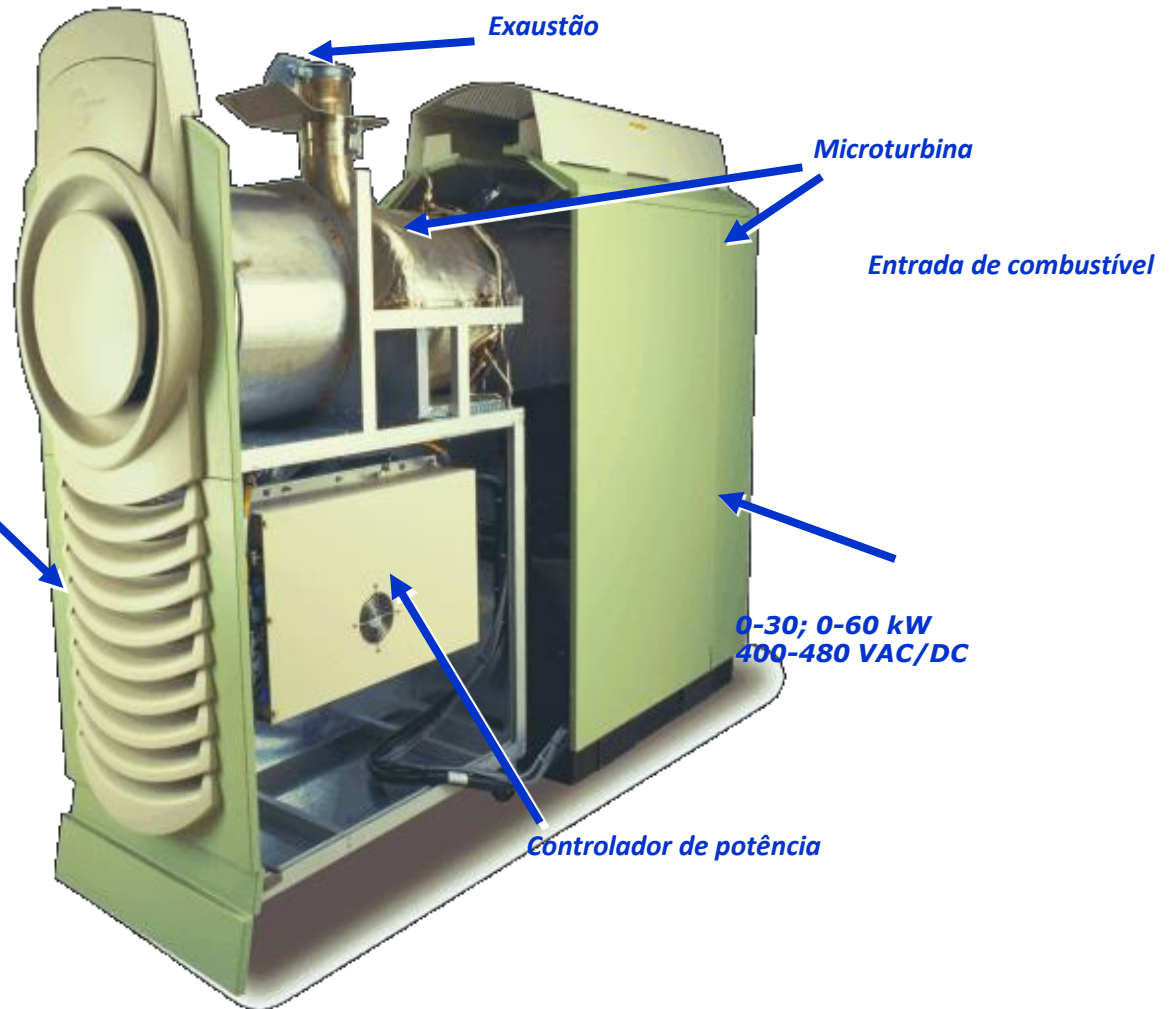
Exaustão

Microturbina

Entrada de combustível

0-30; 0-60 kW
400-480 VAC/DC

Controlador de potência

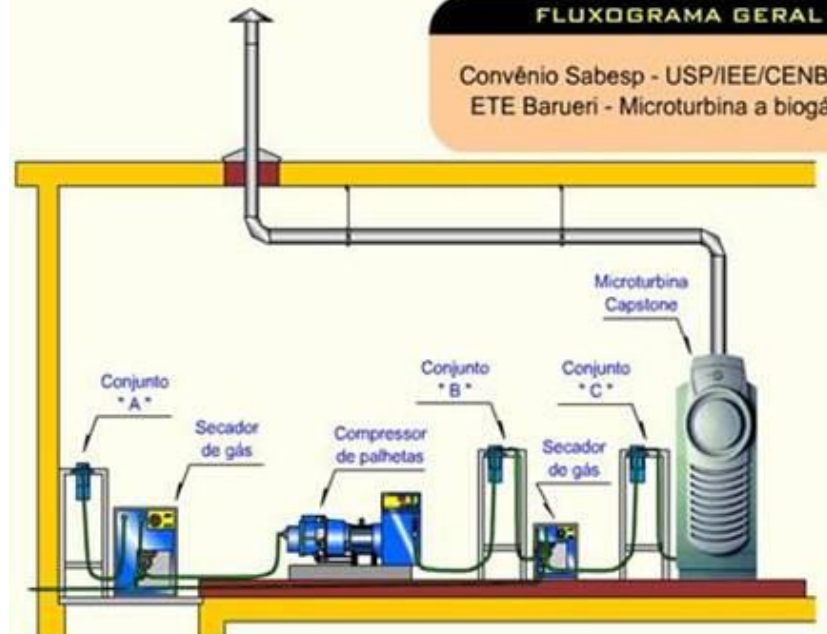


Convênio Sabesp - USP/IEE/CENBIO ETE Barueri - Microturbina



FLUXOGRAMA GERAL

Convênio Sabesp - USP/IEE/CENBIO
ETE Barueri - Microturbina a biogás



Microturbines – biogás



Biogas for use in vehicles

Biogas cleaning system: Umidity, H_2S , CO_2
(biomethane production)

CO_2 removal: CH_4 percentage similar to NG
(regulation from ANP – National Agency for Oil,
Gas and Biofuels)

Minimum percentage of CH_4 86% (maximum CO_2
5%)

Chemical processing: water absorption (CO_2)

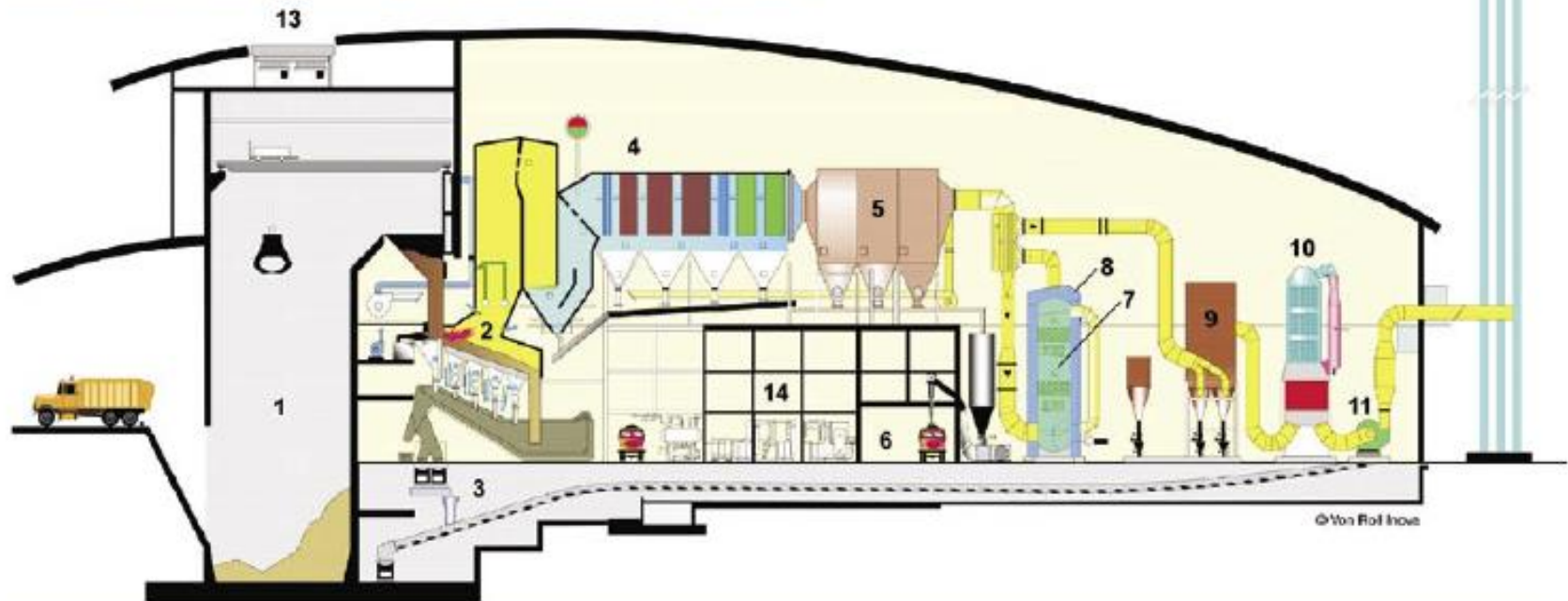
Biomethane produced: ~ 95% de methane; 1-3%
 CO_2



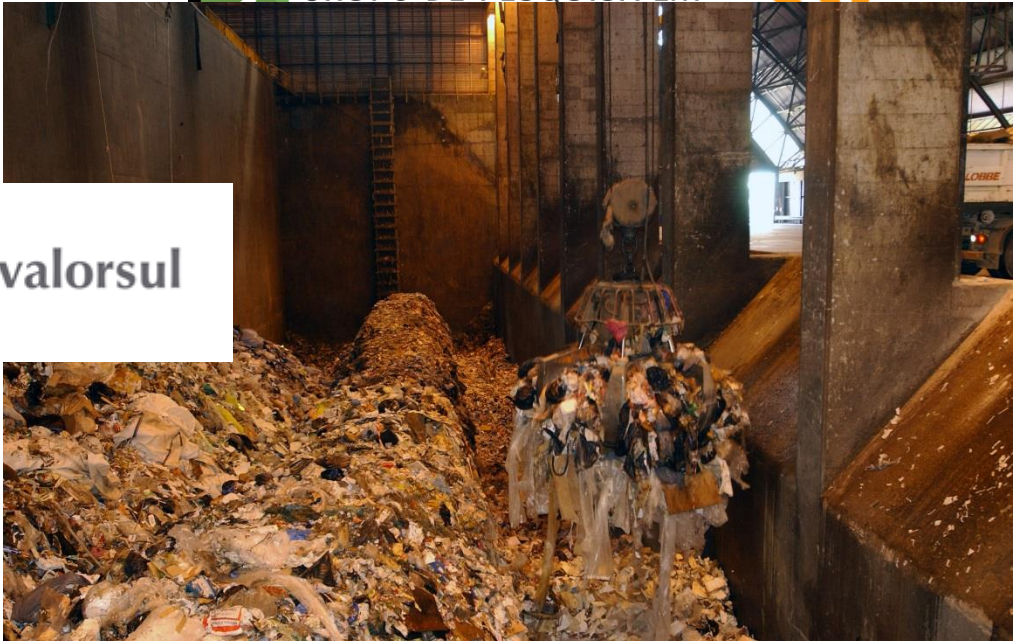


Waste – to – energy Incineration

Perfil de unidade de geração de energia a partir de resíduos sólidos em Nuremberg /
Profile of waste-fueled power station in Nuremberg



- | | |
|--|---|
| 1. Fosso de recepção de resíduos / <i>Waste bunker</i> | 8. Lavador / <i>Neutral washer</i> |
| 2. Combustão (por fogo através da grelha) / <i>Scoria extraction</i> | 9. Filtro de tecido / <i>Fabric filter</i> |
| 3. Extração de escória / <i>Combustion (grate firing)</i> | 10. Catalisador / <i>Catalyst</i> |
| 4. Caldeira / <i>Boiler</i> | 11. Ventilador / <i>Induced draft fan</i> |
| 5. Filtro eletrostático / <i>Electrostatic filter</i> | 12. Chaminé / <i>Flue</i> |
| 6. Carga de cinza / <i>Flue ash loading</i> | 13. Trocador de calor / <i>Heat exchanger</i> |
| 7. Lavador ácido / <i>Acid washer</i> | 14. Sala de controle / <i>Control room</i> |

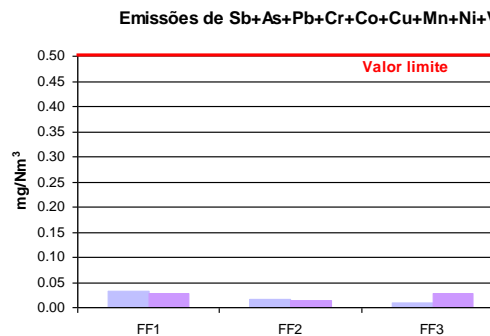
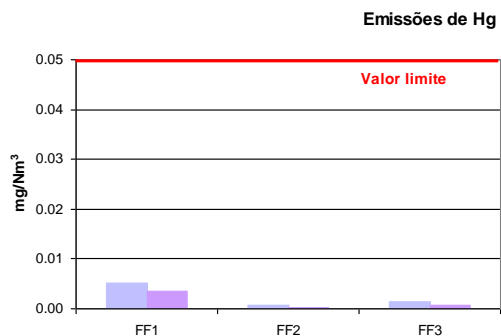
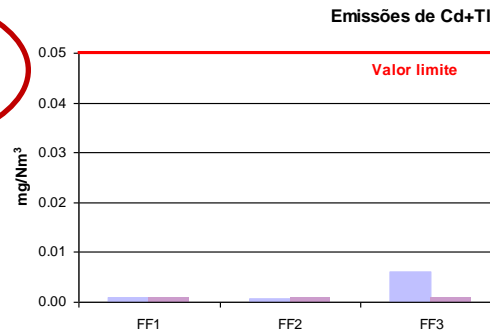
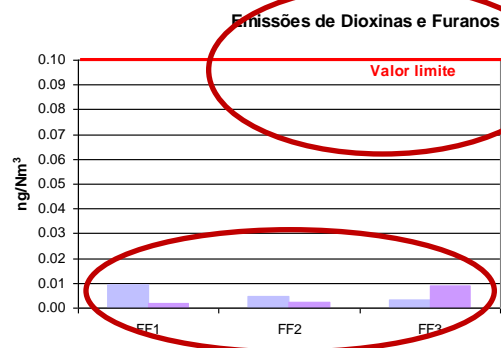


Fotos: visita 2014 (Lisboa, Portugal)

Atmospheric emissions - Valorsul (Portugal)

EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO EM DESCONTÍNUO 2011

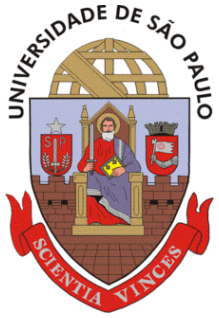


Legenda:

1ºsem 11 2ºsem 11



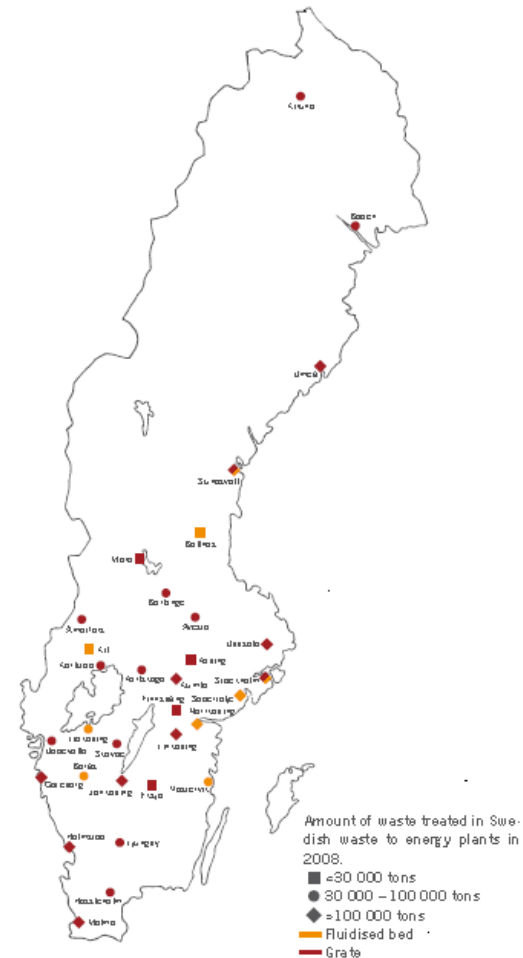
Visita CENBIO, Junho 2012



Sweden

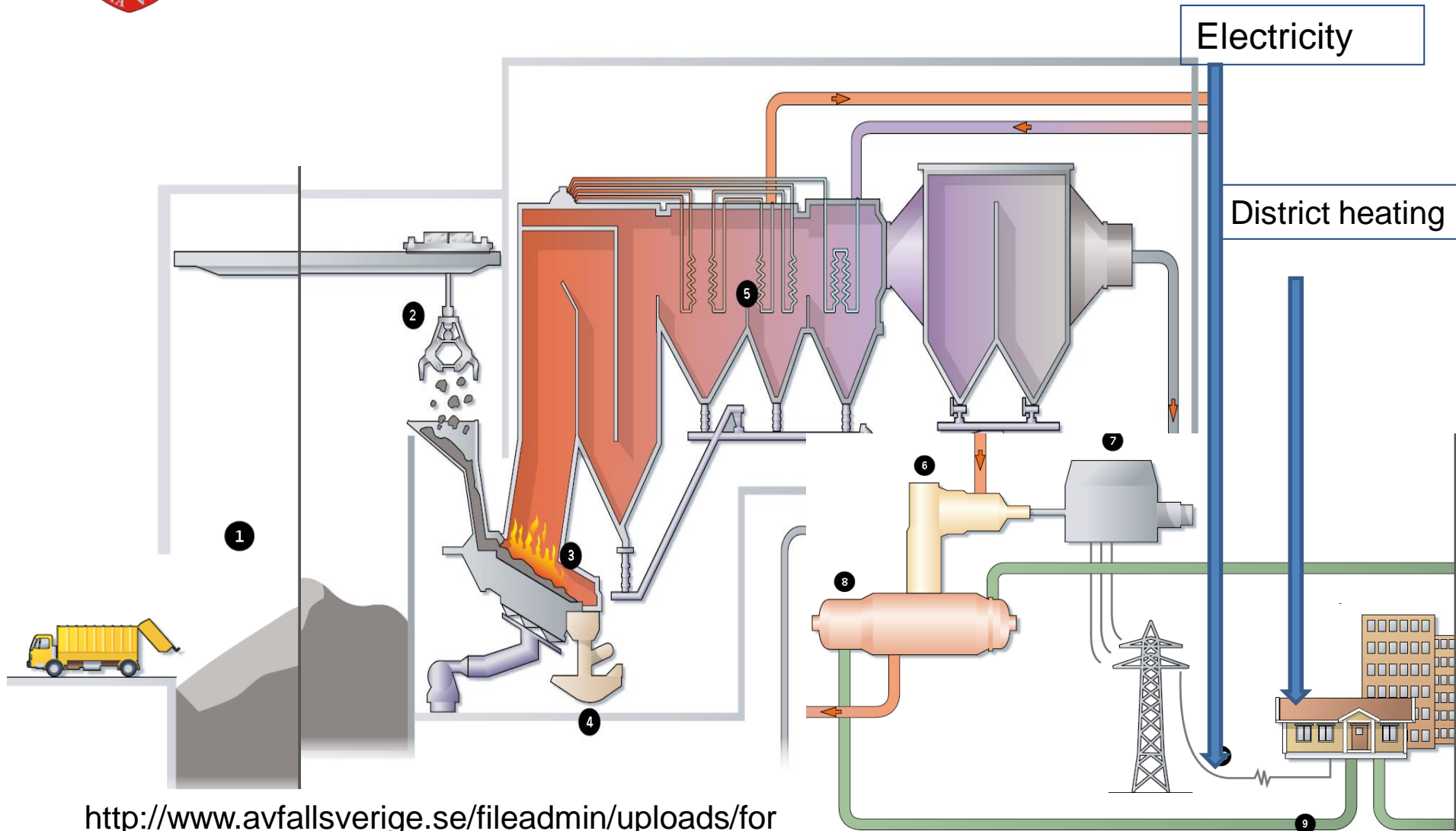


In 2006, the combined heat and power (CHP) plant for waste fuel at Korsstaverket in Sundsvall became operational.
Photo: Torbjörn Bergkvist



http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/forbranning_eng.pdf

MSW - Sweden



http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/forbranning_eng.pdf

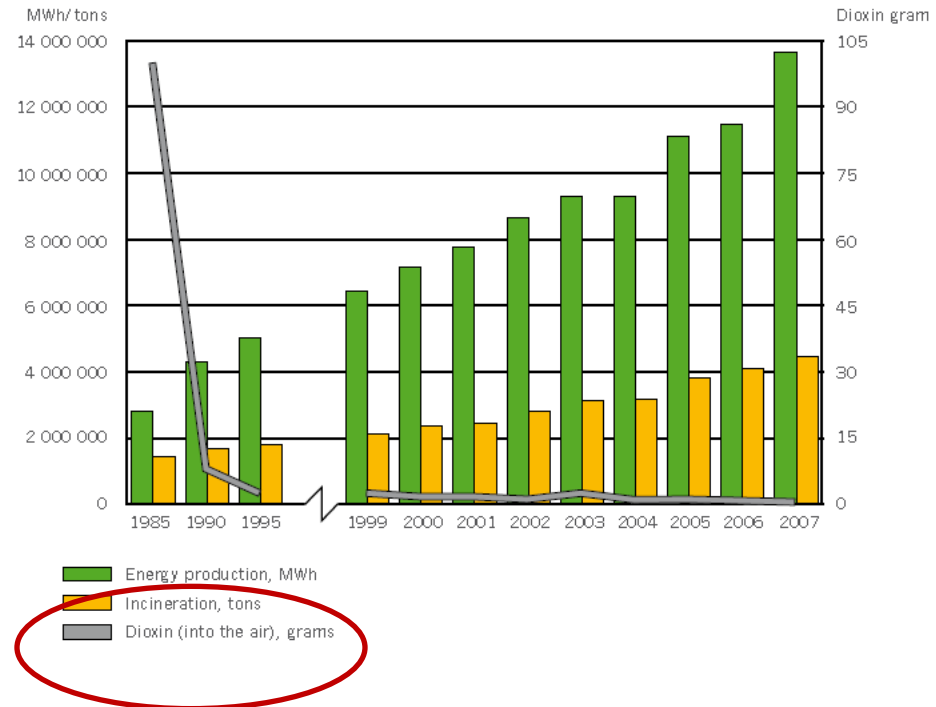
MSW incineration – Sweden

Dioxine emissions

FACTS: LESS EMISSIONS – MORE ENERGY

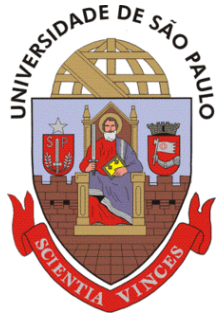
- The waste sector will reduce its emissions of greenhouse gases by 76 per cent during the years 1990-2020, according to the Climate Committee's forecast.
- Waste incineration in Sweden produced as much energy in 2007 as 1.1 million m³ of oil, which reduces CO₂ emissions by 2.2 million tons per year, as much as 680,000 petrol-powered cars emit in a year.
- Despite waste incineration increasing, emissions have fallen. For example, emissions of heavy metals from waste incineration into the air have fallen by almost 99 per cent since 1985. In addition, the total emissions of dioxins from all of the country's waste incineration plants have fallen from around 100 g to less than 1 gram during the same period.

INCINERATION, ENERGY PRODUCTION AND DIOXIN INTO THE AIR FROM WASTE INCINERATION 1985-2006



REDUCTION IN EMISSIONS

	1985	2007	Change
Dust (ton/year)	420	24	-94.3%
HCl (ton/year)	8,400	60	-99.3%
SOx (ton/year)	3,400	196	-94.2%
NOx (ton/year)	3,400	2,101	-38.2%
Hg (kg/year)	3,300	36	-98.9%
Cd (kg/year)	400	6	-98.5%
Pb (kg/year)	25,000	51	-99.8%
Energy production (MWh)	2,800,000	12,151,270	334.0%
Processed waste (ton)	1,432,100	4,470,690	212.2%



Waste to energy - MSW plants BAVARIA/SÃO PAULO JOINT PROJECT

Resolution SMA 079/Nov, 2009

Emissions standards for Sao Paulo

(based on European Community standards)

	COT	CO	HCl	HF	SO ₂	NO _x	MP	Dioxinas <i>Dioxins</i>
Limites Legais - Indústria <i>Legal limits - Industry</i>	50	-	30	3	350	350	20	0,1
Limites Legais - URE <i>Legal limits - WTE plant</i>	10	50	10	1	50	200	10	0,1
Emissões Usuais - URE <i>Usual limits - WTE plant</i>	1	10	1	0,1	1,5	150	1	0,005

Tabela 4 - Limites de Emissão e Emissões Usuais na Alemanha
Table 4 - Limits of emission and usual emissions in Germany



São Bernardo do Campo queima lixo para gerar energia

19 de Julho de 2013 • Atualizado às 14h46

Curtir 201 Compartilhar Tweetar 19 +1 0



A incineração será capaz de suprir a metade da demanda de energia de São Bernardo.

A cidade de São Bernardo do Campo receberá a primeira instalação de aproveitamento da incineração de lixo entre o final de 2015 e o início de 2016. O projeto conta com o orçamento de R\$ 600 milhões, e disponível para colocar a usina em prática.

O lixo é queimado e o vapor gerado é usado para movimentar as turbinas. Nesse processo, a usina será capaz de suprir a metade da demanda de energia de São Bernardo, cidade que possui cerca de 1 milhão de habitantes. A usina vai gerar até 22 megawatts/hora.

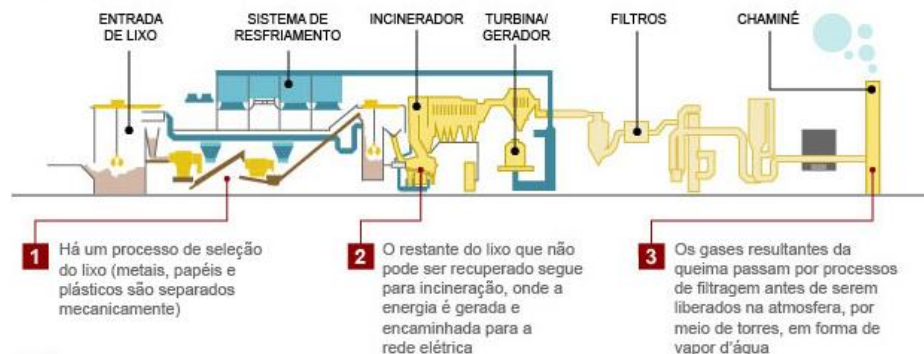
Estima-se que sejam produzidas 11 bilhões de toneladas de lixo diariamente no mundo, e, por conta disso, a incineração de lixo é uma das alternativas mais utilizadas para a destinação final do lixo urbano.



Incineration plant in São Bernardo do Campo municipality – São Paulo State Start-up 2016



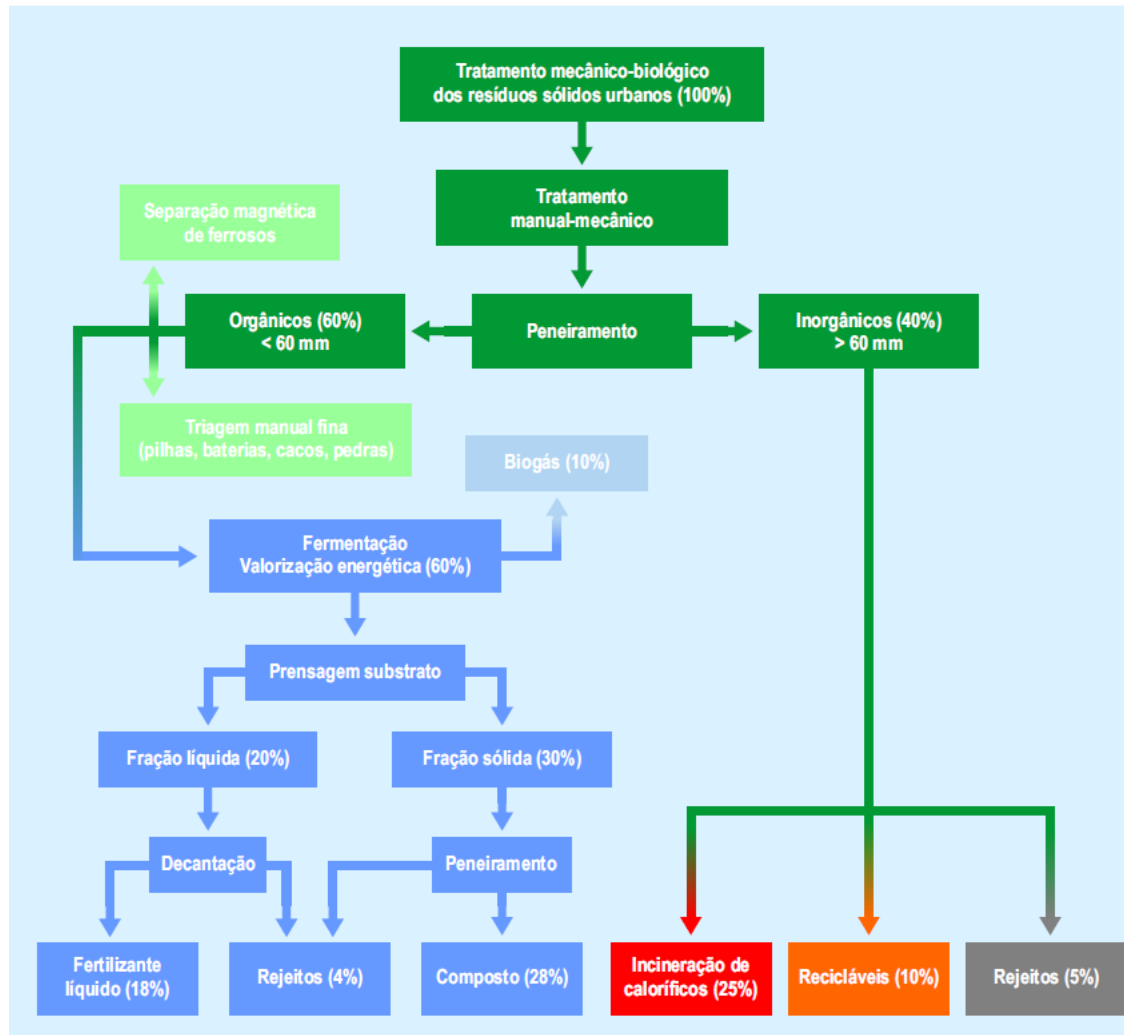
Usina de incineração





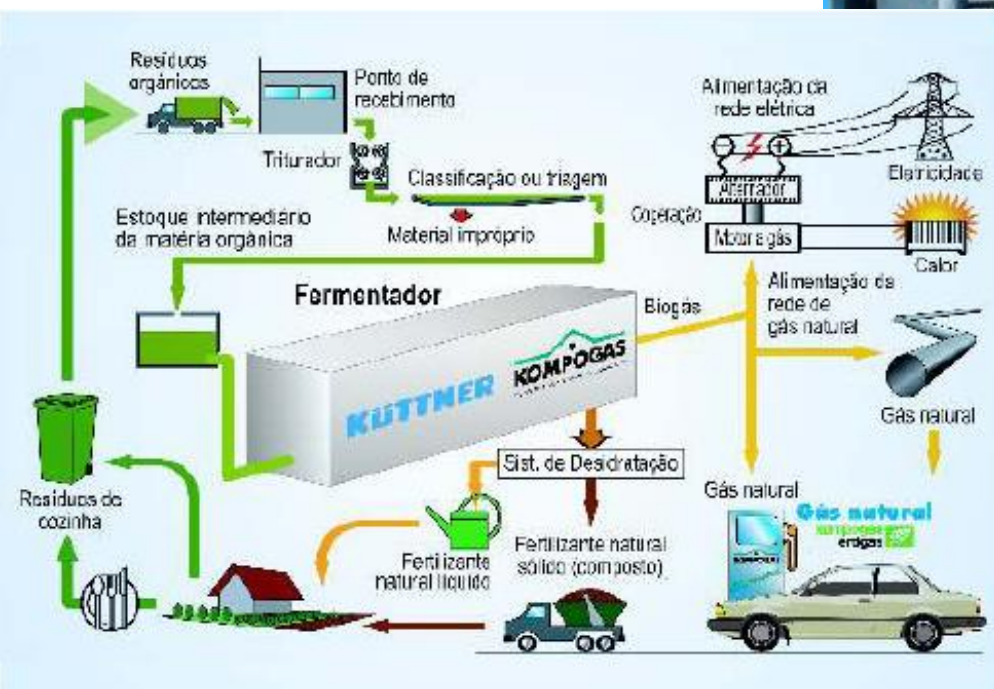
Mechanical Biologic Treatment

Mechanical Biological Treatment





Fermentador



Grupo de motogeradores



MBT plants installed in Europe

Características	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
Plantas inst.	15	44	52	73
Plantas / ano	3	8,8	10,4	14,6
Capacidade total inst. (t)	194.000	1.117.500	2.077.950	2.246.450
Cap. inst. / ano (t/ano)	38.800	223.500	415.590	449.290
Cap. média das plantas (t)	12.933	25.398	39.961	30.773



Energy from MSW

Comparison between Solid Waste Energy Recovery Technologies using Life Cycle Assessment



Objective: a comparative study through the Life Cycle Assessment (LCA), of power generation from municipal solid waste and sludge of sewage treatment plant, using three different treatment technologies

Mechanic – Biologic Treatment

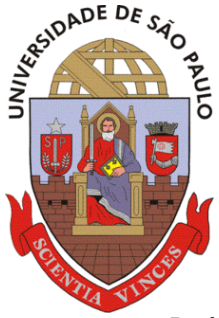
Landfill

Incineration →

The study considers Barbarian technology



MARTIN GmbH
für Umwelt- und Energietechnik



Baixada Santista Coastal Area

1200 t/d

90% USW - 10% sludge

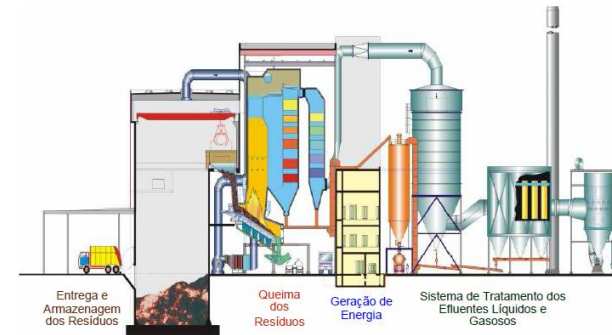
Scenario I – No recycling

Scenario II – Recycling (*catadores*)

GRUPO DE PESQUISA EM
BIOENERGIA
Universidade de São Paulo | Instituto de Energia e Ambiente



Incineration



Landfill



TMB

Coelho et al, 2014 - 22nd European Bioenergy Conference, Hamburg, June, 2014 - <http://www.etaflorence.it/proceedings/>



Tabela 1. Composição Gravimétrica do Mix em Base Úmida– Cenário I

Componentes	Composição base úmida	Conversão para quantidade absoluta (t/dia)
Papéis	4,77%	57,24
Papelões	4,14%	49,68
PS (poliestireno)	0,36%	4,32
PP (polipropileno)	0,81%	9,72
PET (politereftalato de etileno)	1,44%	17,28
PEAD (polietileno de alta densidade)	3,78%	45,36
PEBD (polietileno de baixa densidade)	4,68%	56,16
PVC (cloreto de polivinila)	1,98%	23,76
Plástico "filme" e isopor	5,40%	64,8
Embalagens Longa Vida	1,17%	14,04
Borracha	0,27%	3,24
Madeiras e podas	3,69%	44,28
Metais ferrosos	1,17%	14,04
Metais não ferrosos	0,63%	7,56
Vidros	1,26%	15,12
Couro	0,27%	3,24
Trapos	3,15%	37,8
Areias e pedras	2,43%	29,16
Matérias Orgânicas	45,09%	541,08
Fraldas descartáveis	3,51%	42,12
Lodo	10,00%	120
TOTAIS	100	1.200

Fonte: PROEMA, 2011

Tabela 1. Composição Gravimétrica do Mix em Base Úmida – Cenário II

Componentes	Composição base úmida (%)	Conversão para quantidade absoluta (t/dia)
Papéis	5,76	57,24
Papelões	3,50	34,78
PS (poliestireno)	0,41	4,10
PP (polipropileno)	0,93	9,23
PET (politereftalato de etileno)	0,87	8,64
PEAD (polietileno de alta densidade)	4,11	40,82
PEBD (polietileno de baixa densidade)	5,09	50,54
PVC (cloreto de polivinila)	2,27	22,57
Plástico "filme" e isopor	6,52	64,8
Embalagens Longa Vida	1,34	13,34
Borracha	0,33	3,24
Madeiras e podas	3,35	33,21
Metais ferrosos	0,14	1,40
Metais não ferrosos	0,08	0,76
Vidros	1,06	10,58
Couro	0,33	3,24
Trapos	3,80	37,80
Areias e pedras	2,94	29,16
Matérias Orgânicas	40,85	405,81
Fraldas descartáveis	4,24	42,12
Lodo	12,08	120
TOTAL	100	993,38

Fonte: Elaboração própria

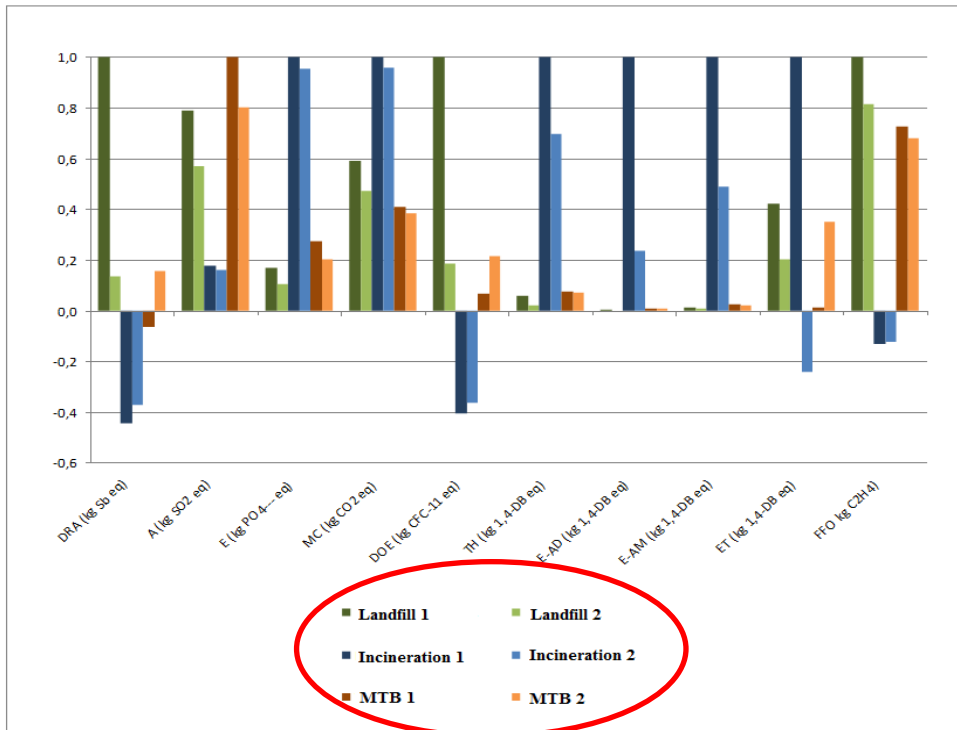


Energy from MSW

Comparison between Solid Waste Energy Recovery Technologies using Life Cycle Assess

	scenario 1 (MW) 438.000 t/year	scenario 2 (MW) 375.000 t/year
Landfill	3.9	3.1
Incineration	27.5	24.5
MBT (total*)	9.6	7.5

- Incluindo a geração no aterro após o TMB: C1- 3 MW ; C2- 2.8 MW
- cenário 1 – sem reciclagem; cenário 2 – reciclagem baseada nas perspectivas de mercado



Comparison of environmental impacts from LCA for the three technologies (landfill, incineration and MTB), including the (avoided) environmental impacts of the electricity produced by each one and released to the national interlinked grid

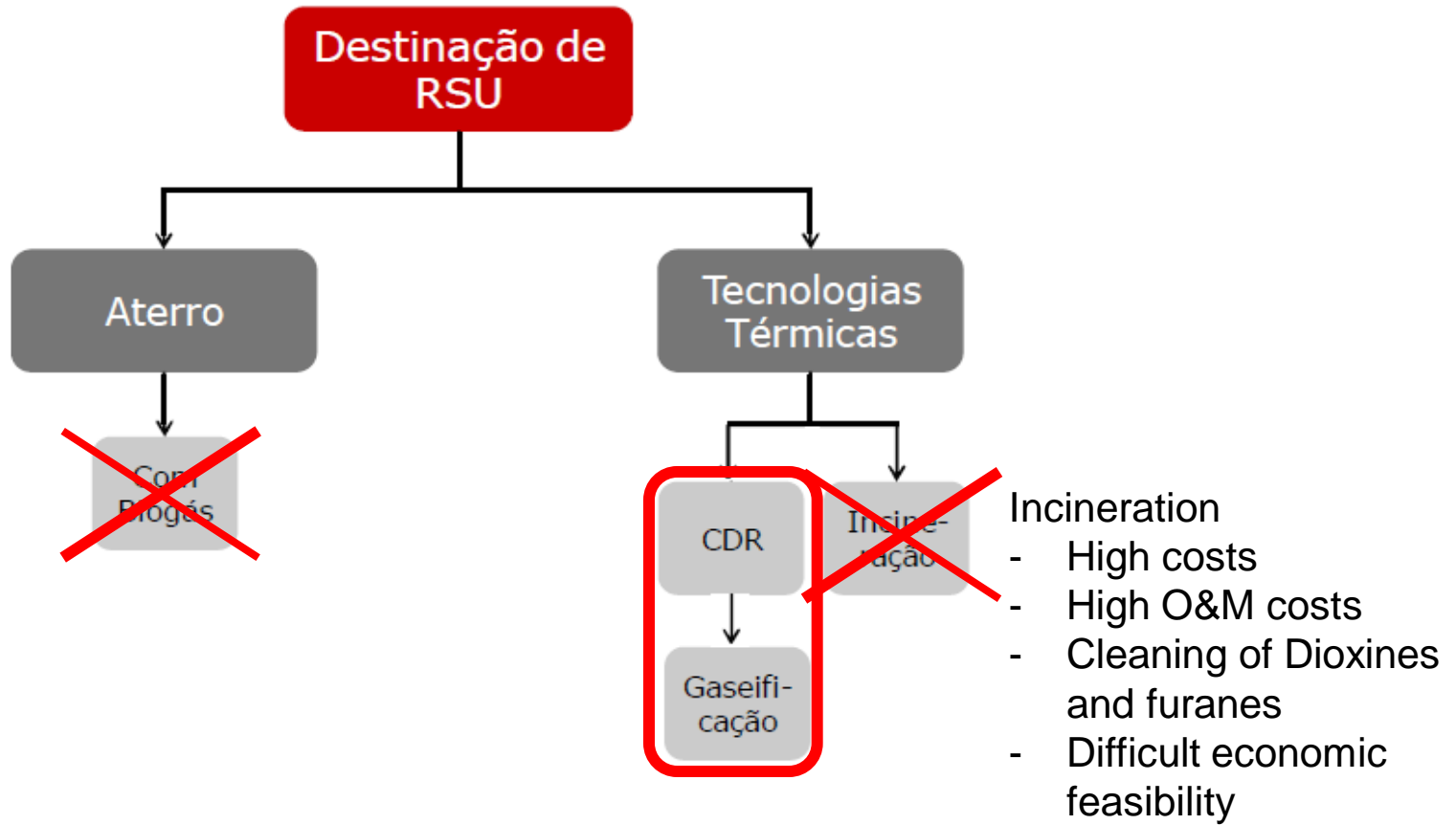
PECORA et al. COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS PARA A DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM APROVEITAMENTO ENERGÉTICO. III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços, Maringá, 2012

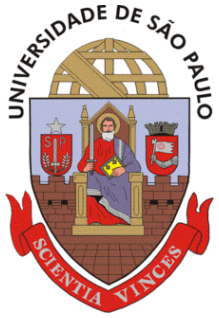
COELHO et al, COMPARISON OF MUNICIPAL SOLID WASTE TECHNOLOGIES THROUGH LCA METHODOLOGY AS A TOOL FOR ADEQUATE POLICIES
22nd European Bioenergy Conference, Hamburgo, June 2014.

Summary

- World energy matrix and MSW
- MSW in Brazil – current situation
- Sinergies MSW energy conversion x basic sanitation
- Existing technologies for MSW energy conversion
- **Small and medium municipalities and MSW gasification**
- Barriers and proposals

Energy conversion from MSW in small/medium municipalities





Electricity conversion technologies for MSW

AMOUNT OF USW	ELECTRICITY PRODUCTION POTENTIAL
1200 t/d (large municipalities)	20 MW (incineration)
60 t/d (60 000 people)	1 MW
5 t/d (5 000 people)	75 kW (gasification)

Incineration – > 10 MW

Gasification:

Fluidized bed > 200 kW

Fixed bed < 200 kW

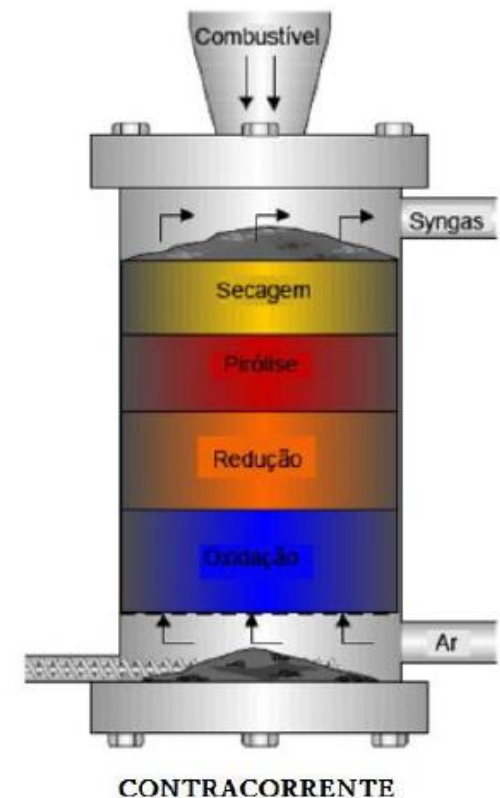
Tabela 21 - Classificação quanto ao porte do município em relação ao número da população residente - Brasil – 2000.

Classificação de acordo com o tamanho da população		Número de municípios	Relação ao Total
Pequeno Porte I	até 20 000	4.074	73,26%
Pequeno Porte II	De 20 001 até 50 000	963	17,32%
Médio Porte	De 50 001 até 100 000	299	5,38%
Grande Porte	Mais de 100 001	225	4,05%
Total		5.561	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE, 2000.

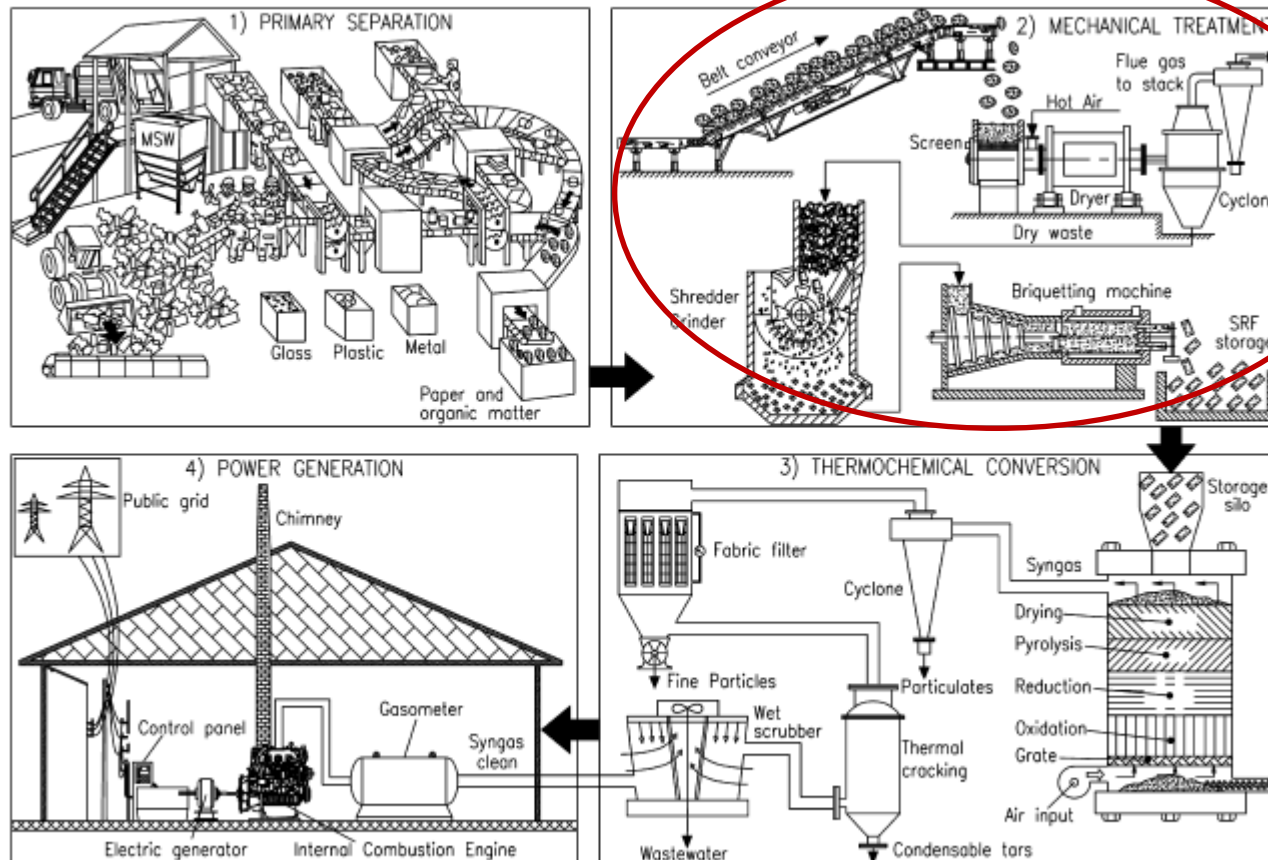
MSW fixed bed gasifiers

- Pre treatment (drying – pelletizing)
- Installed power under 200 kW
- Gas cleaning



MSW fixed bed gasifier

F.C. Luz et al/ Energy Conversion and Management 103 (2015) 321-327



Pre-tratamento
Secagem
Peletização

Fig. 1. Process flow sheet of the energy recovery from MSW.

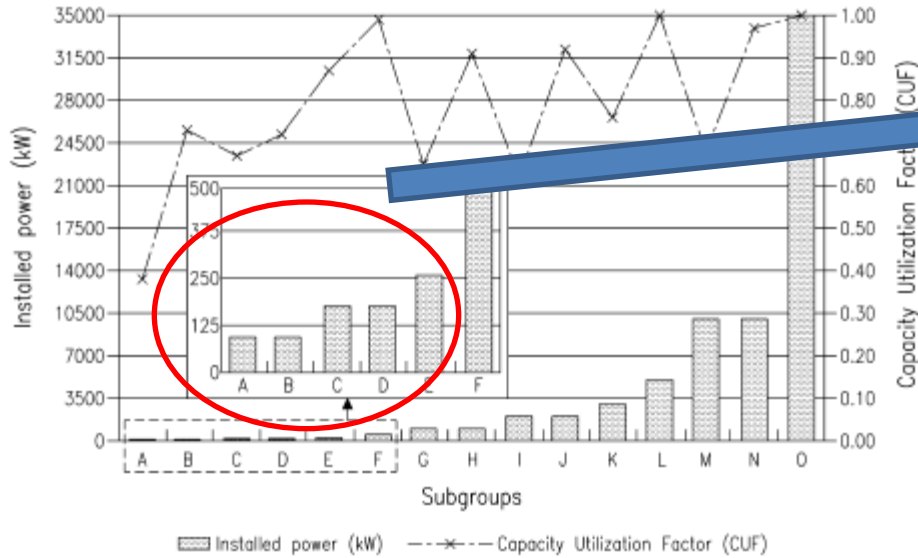


Fig. 4. Installed power and CUF of subgroups.

Down draft fixed bed gasifier
 < 200 kW
 Economic feasibility is difficult IRR
 < 0

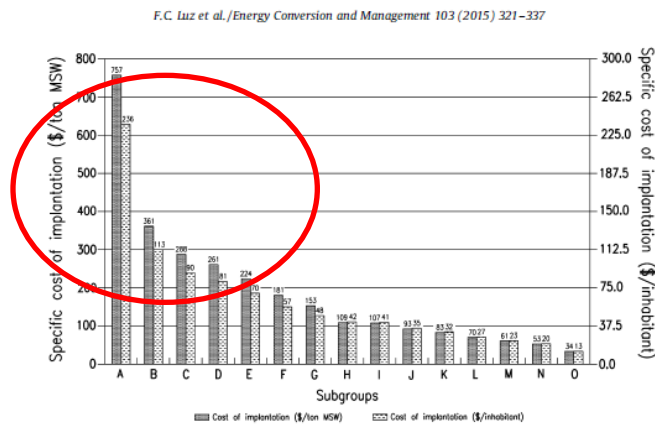
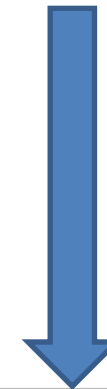


Fig. 10. Specific cost of implantation of a new facility for the MSW gasification to electricity generation.

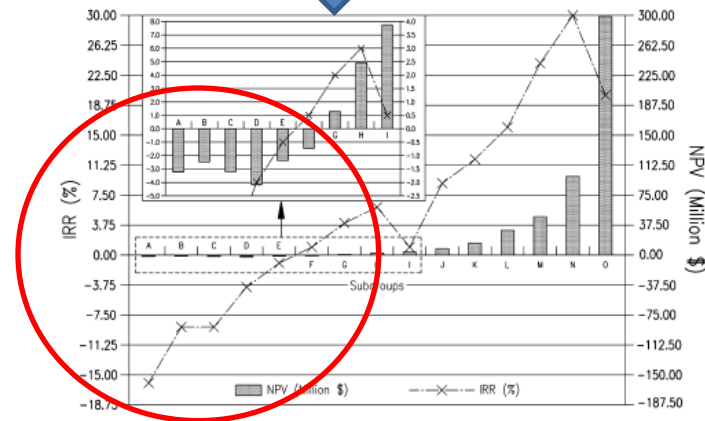
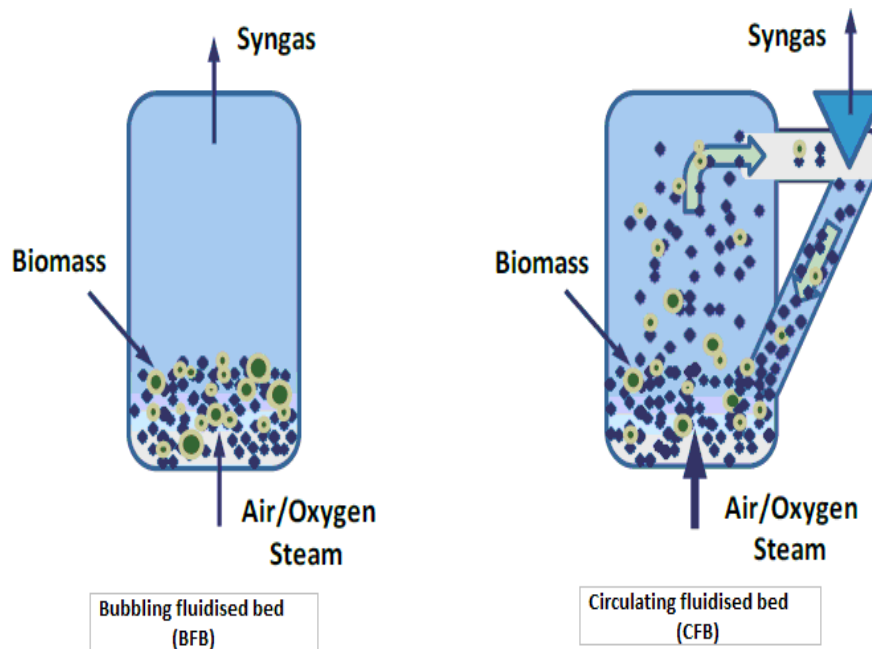


Fig. 12. Economic assessment of the Scenario 1.

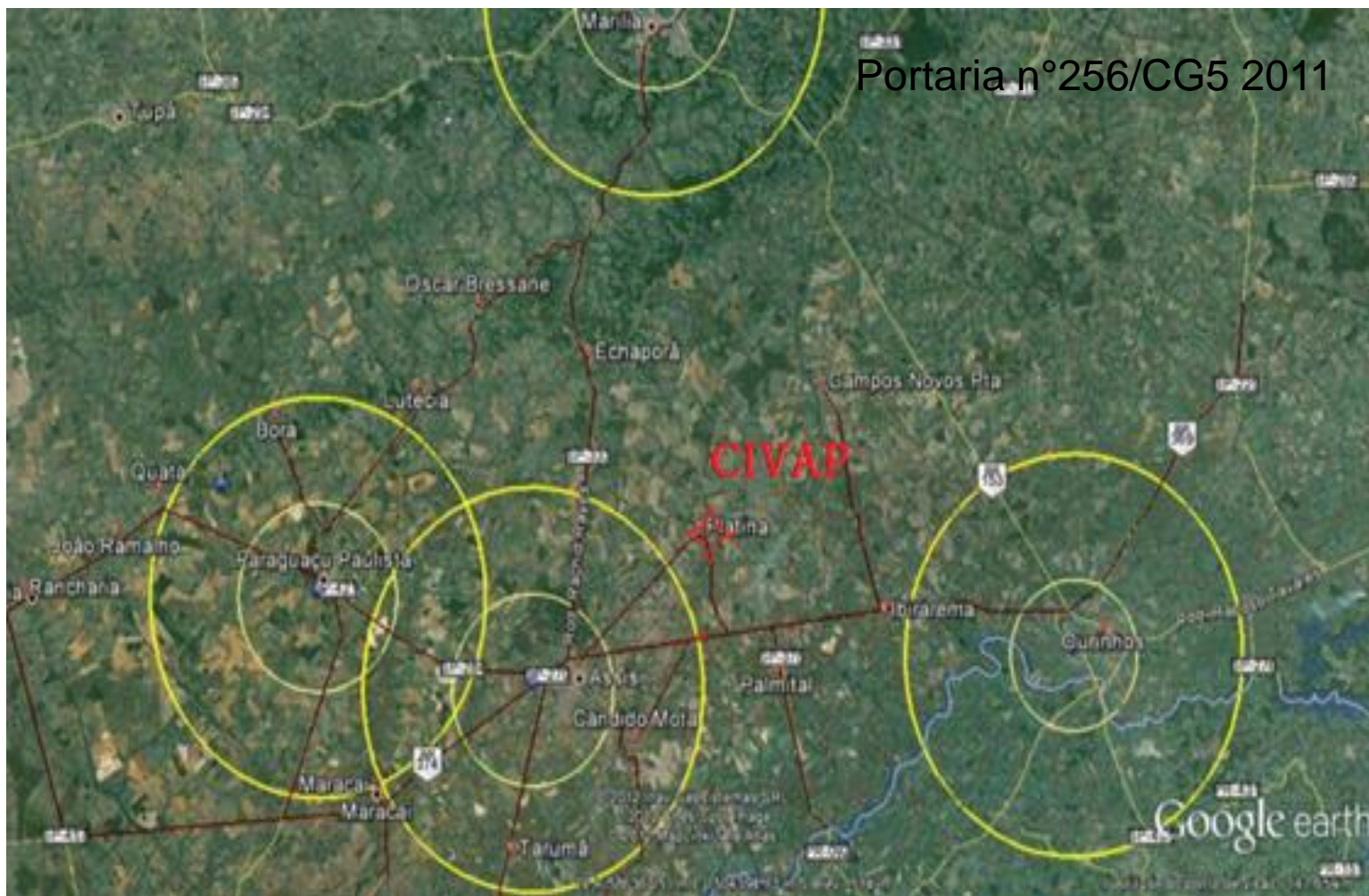
Fluidized bed gasifiers



- MSW transformed into RDF (refuse derived fuel)
- From 200 kW and up
- Less gas cleaning needs



Consórcio Intermunicipal do Vale do Paranapanema



RDF – Refuse derived fuel



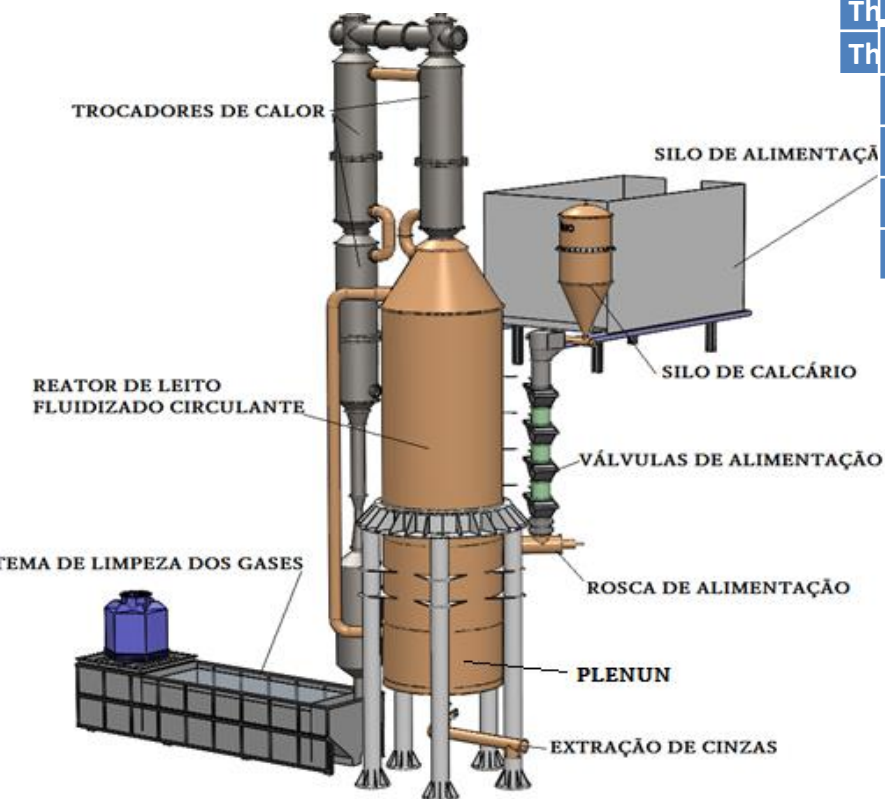
Source Carbogas 2014.

LHV - RDF

4,190

kcal/kg

RDF processing system		207	ton/dia
RDF – flow rate		8626,96	Kg/h
Gasification system – conversion yield		75	%
Energy available for the boiler		36147619	kcal / h
Th N2	49%	11451,94	Nm ³ /h
Th H2O	6%	1402,28	Nm ³ /h
Th CO2	10%	2337,13	Nm ³ /h
Th CO	18%	4206,8	Nm ³ /h
Th H2	14%	3272,0	Nm ³ /h
Th CH4	3%	701,14	Nm ³ /h



FONTE: Infiesta/ Carbogas 2014.

LHV - gas	1160	kcal/Nm ³
-----------	------	----------------------

Energy conversion from MSW – Itanhaem Municipality – São Paulo coast Case study (USP/EPUSP)

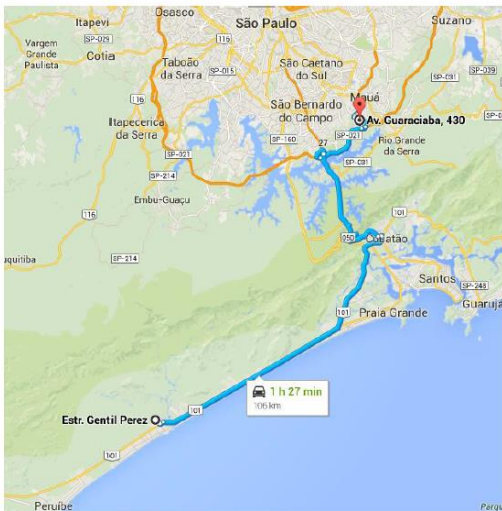


Figura 42 – Trajeto da destinação dos resíduos do município de Itanhaem – SP.

Fonte: Google Maps.

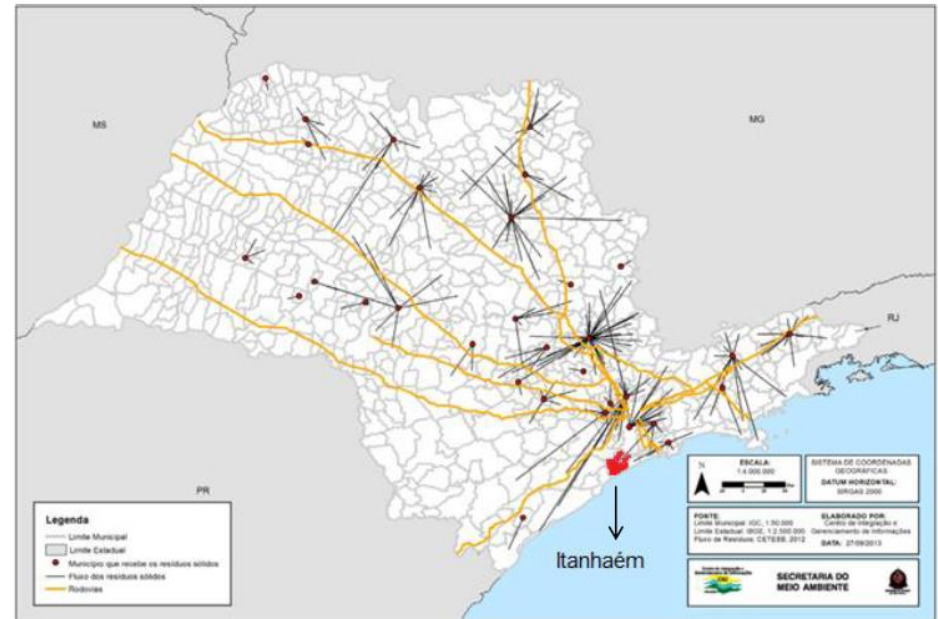
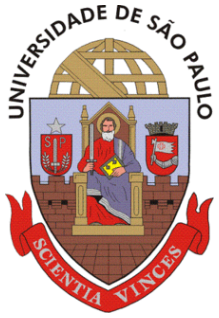


Figura 9 - Mapa de fluxo de resíduos sólidos urbanos no Estado de São Paulo.

Fonte: SMA/CPLA (2013).

Summary

- World energy matrix and MSW
- MSW in Brazil – current situation
- Sinergies MSW energy conversion x basic sanitation
- Existing technologies for MSW energy conversion
- Small and medium municipalities and MSW gasification
- **Barriers and proposals**

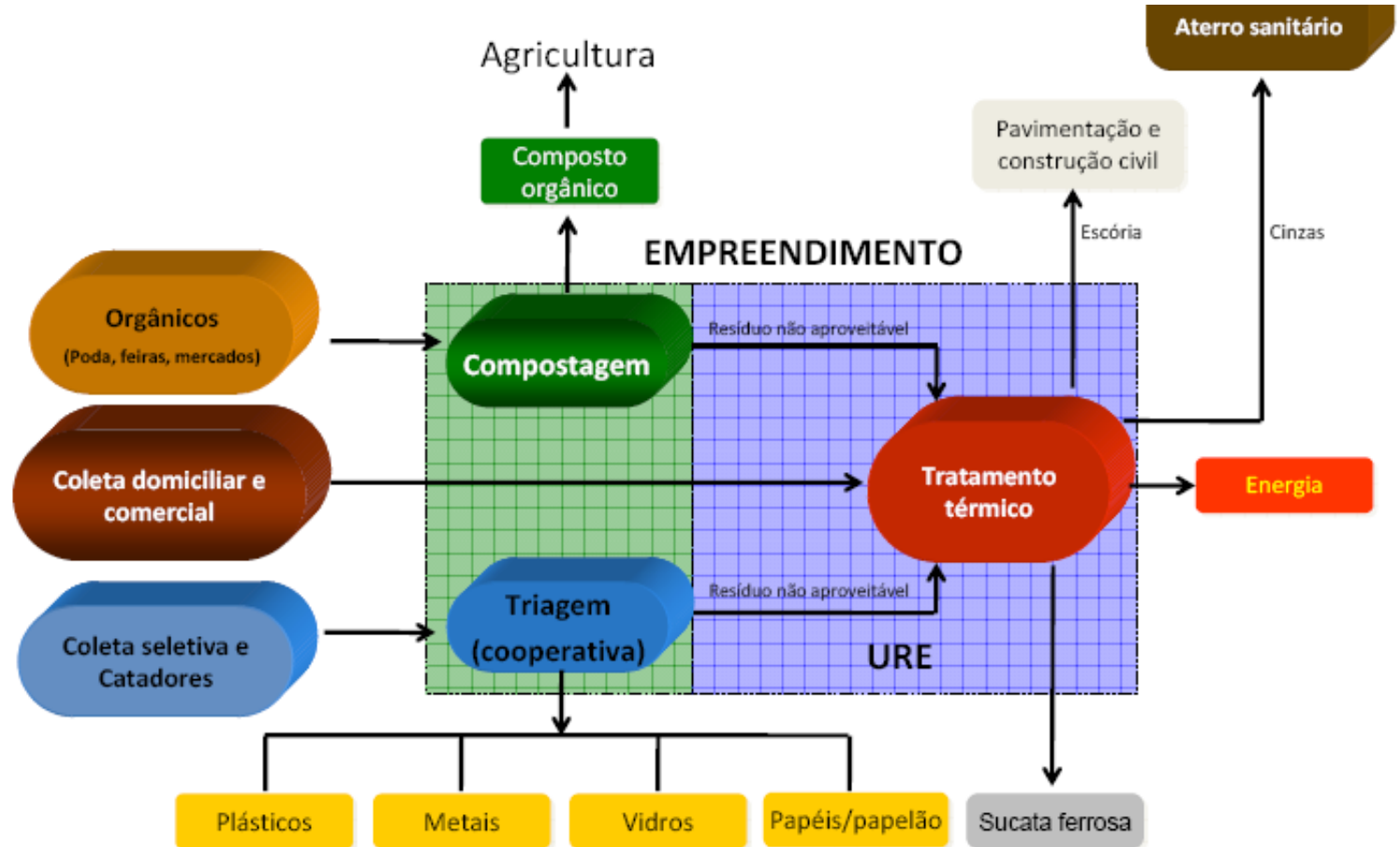


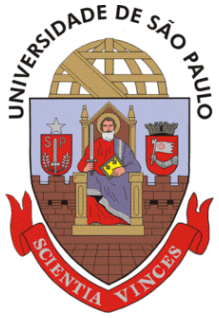
Existing Difficulties in Brazil

- Strong rejection of civil society (lack of information):
 - Fear of toxicity of exhaust gases (dioxines and furanes): lack of information about the existing cleaning technologies;
 - Fear of impacts of jobs for recycling workers (*catadores* workers): lack of information about the benefits of recycling before waste-to-energy processes.
- Main problem: High initial investment.
- High generation costs - Electricity production cost: BRL 300/MWh – EUR 85/MWh – 0.85cents/kWh
- Lack of policies to incentivate waste-to-energy technologies.



Waste to energy





Waste to energy - MSW plants BAVARIA/SÃO PAULO JOINT PROJECT

Característica	Valor	Unidade
Capacidade de processamento de RSU ⁽¹⁾	1.200	tc /dia
Poder Calorífico Inferior do RSU	1.900	kcal/kg
Redução de volume do RSU	90	%
Potência elétrica instalada	26	MW
Potência média disponível para venda	18,3	MW _{médios}
Área total da Central de Tratamento	40.000	m ²
Padrão de emissões atmosféricas	Resolução SMA-079/2009	
Custo Total UTTR ⁽²⁾	R\$ 324 milhões	

(1) Modulação com 2 unidades de 600 t/d

(2) Sem incluir custo terreno

Electricity production cost: BRL 300/MWh –
EUR 85/MWh – 0.85cents/kWh

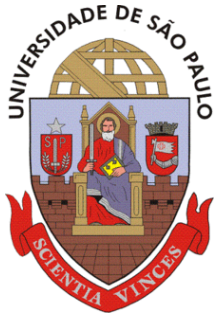


Ano	€ / Mg RSU
1998*	23,59 €
1998	23,36 €
1999	23,06 €
2000	22,08 €
2001	22,60 €
2002	23,04 €
2003	23,83 €
2004	24,51 €
2005	20,59 €
2006	22,07 €
2007	21,97 €
2008	22,86 €
2009	22,86 €
2010	22,86 €
2011	20,97 €
2012	19,89 €



Tarifa cobrada aos clientes municipais (Lisboa e municípios do entorno) na descarga de resíduos indiferenciados.





Policy proposals

- Basic sanitation coupled to energy conversion with special tariffs for electricity produced:
 - MSW
 - Sewage
 - Rural residues
- Special credit lines and policies for energy commercialization
- Development of joint demonstration projects
- Capacity building (universities and municipalities, mainly small municipalities)
- **Others ??**



Muchas gracias!

Obrigada!

Suani@iee.usp.br

www.iee.usp.br/gbio



Thermoelectric power plants –
“emergence” (?)

Setores	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Energia	114	172	212	201	221	241	297	312	367	380	416	449
Agropecuária	161	206	240	256	287	317	328	392	406	418	413	418
Processos industriais	14	22	39	46	51	65	76	83	95	101	101	99
Resíduos	16	19	22	25	29	33	38	41	49	48	48	49
Mudança de uso da terra	n.d	n.d	n.d	n.d	1.247	2.204	1.458	1.506	599	568	466	542
Total *	305 ^a	418 ^a	512 ^a	529 ^a	1.835	2.860	2.197	2.335	1.515	1.515	1.443	1.558
Remoções (florestas em áreas protegidas)	-	-	-	-	-304	-305	-327	-374	-409	-409	-409	-411
Emissões líquidas ^a	305	418	512	529	1.531	2.555	1.870	1.961	1.106	1.106	1.034	1.147

*n.d.: não foram estimadas as emissões de mudança de uso da terra para o período de 1970 a 1989.

Tabela 1: evolução das emissões brutas e líquidas de GEE no Brasil por setor entre 1970 e 2013 (Mt CO₂e)

Source: Observatorio do Clima

[https://s3-sa-east-](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/seeg.tracersoft.com.br/wp-content/uploads/2015/08/sintese_2015.pdf)

[1.amazonaws.com/seeg.tracersoft.com.br/wp-content/uploads/2015/08/sintese_2015.pdf](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/seeg.tracersoft.com.br/wp-content/uploads/2015/08/sintese_2015.pdf)



4.1.2 Geração de RSU

A comparação entre os dados apresentados na tabela a seguir revela um aumento inferior a meio ponto percentual no índice de geração per capita de RSU e um acréscimo de 4,1% na quantidade total gerada.

Tabela 4.1.2.1 – Quantidade de RSU Gerado

Regiões	2012	2013		
	RSU Gerado (t/dia)/ Índice (Kg/hab./dia)	População Total (hab.)	RSU Gerado (t/dia)	Índice (Kg/hab./dia)
Norte	13.754 / 0,841	17.013.559	15.169	0,892
Nordeste	51.689 / 0,959	55.794.707	53.465	0,958
Centro-Oeste	16.055 / 1,113	14.993.191	16.636	1,110
Sudeste	98.215 / 1,204	84.465.570	102.088	1,209
Sul	21.345 / 0,770	28.795.762	21.922	0,761
BRASIL	201.058 / 1,037	201.062.789	209.280	1,041

Fontes: Pesquisa ABRELPE e IBGE

Nota: Os índices Kg/habitante/dia referentes a 2013 e 2012 foram calculados com base na população total dos municípios.

JORNAL BIOMASSA BR

Jornal Brasileiro das Indústrias de Biomassa

www.jornalbiomassabr.com

Circulação: JUL/AGO de 2014

Edição N° 015 Ano: III

Participação da Biomassa nos leilões de energia



Programa aponta gargalos tecnológicos e científicos na produção de Biomassa...pág. 06

Política nacional de resíduos sólidos...pág. 12

Bioeletricidade da cana-de-açúcar...pág. 28



Conheça o potencial da Macaúba para produção de biocombustíveis

Etanol de segunda geração

12

ARTIGO

A RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

VANESSA PICORA GARCILASSO
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
vpgarcilasso@iee.usp.br | (11) 3091-2049
NARAISA M. E. COLUNA, CRISTIANE L. CORTEZ, SUANI T. COELHO

RESUMO

A PNRS estabeleceu prazo de agosto de 2014 para implantar a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos em aterros sanitários. Assim, é obrigatório que todos os municípios brasileiros elaborem estudos e projetos relativos às opções tecnológicas disponíveis e que sejam viáveis em termos econômicos e ambientais, sem deixar de considerar as questões sociais relativas aos catadores. Esse artigo traz uma análise da PNRS quanto à sua aplicação, em particular das dificuldades existentes para o tratamento e recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos.

1. INTRODUÇÃO

A destinação de RSU ainda é um desafio para a gestão pública no Brasil, tanto pelos impactos ambientais causados pelos aterros ilegais ainda existentes, como pelo esgotamento dos aterros sanitários próximos aos grandes centros de consumo e a indisponibilidade de locais para novos aterros, como ocorre em em várias regiões do Estado de São Paulo. Por exemplo, toda e ilação dos municípios do Santos e do Litoral Norte deve ser transportado para aterros no planalto, como ilustra a **Figura 1** a seguir:



Figura 1: Transporte dos RSU de Santos e do Litoral Norte ao Estado de São Paulo. Fonte: EIA/E, 2010.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2012) são coletadas diariamente 154.964 toneladas de RSU, porém, mais de seis milhões de toneladas deixam de ser coletadas anualmente apresentando um destino incerto e inadequado, sendo vetores de doenças e poluição do meio ambiente. De todo os RSU coletados no país, apenas 65% são destinados em aterros sanitários e anualmente, aproximadamente 24 milhões de toneladas são enviadas a aterros controlados ou liões, onde não recebem o tratamento final adequado.

Esperava-se que a Lei 12.305/2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) colabore para a gestão adequada dos RSU. Na verdade, conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2005), apenas 18% dos municípios tem coleta seletiva e 0,5% geram energia, ações que junto à reciclagem, aumentam a eficiência da transferência da matéria orgânica de lixo em energia.

No entanto, esse prazo (agosto de 2014) está se encerrando e ainda não foi observada a mobilização efetiva dos municípios para instituir coletas seletivas eficazes da fração seca (materiais recicláveis como vidro,

papel, plástico e metal) e da fração orgânica), nem tampouco unidades de aproveitamento energético conforme a lei.

Existe apenas uma Usina de Recuperação Energética (URE) de resíduos em fase de licenciamento, e com licença ambiental prévia aprovada, localizada em Barueri/SP (CETESB, 2012). Quando se compara com os milhares de municípios do país, verifica-se o enorme desafio ainda existente para a efetiva aplicação da lei.

2. A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PNRS

Os RSU são os resíduos domiciliares (origem de atividades domésticas em residências urbanas) e os resíduos de limpeza urbana (origem da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana). São bastante conhecidos os seus impactos negativos quando dispostos de forma inadequada ou sem nenhum tratamento.

Tais resíduos são de responsabilidade dos governos municipais, que até certo ponto a redução da geração desses resíduos, bem como da desperdício de não tratáveis e dos impactos sociais à saúde e ao meio ambiente (UNSTAT, 2007 apud LINDO, 2011).

A destinação final inclui tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, como: reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético ou outras admitidas pelas órgãos competentes, entre elas até aterros sanitários, para resíduos que não tenham, por exemplo, nenhuma forma de destinação.

Como estratégia para aperfeiçoar o gerenciamento dos RSU, existe na lei a diretriz de que os municípios e estados elaborem seus planos municipais e estaduais de gerenciamento de resíduos, sendo que os municípios são responsáveis pela gestão integral dos RSU. No entanto, segundo CNM (2014), a situação é crítica, pois apenas 19% dos municípios entregaram os seus planos municipais.

4. RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

Aproveitamos aqui as tecnologias atualmente comercializadas para recuperação energética de RSU, lembrando que a energia elétrica gerada pode ser fornecida ao Sistema Interligado Nacional (SIN), reduzindo a necessidade de geração de energia como atualmente ocorre nas termelétricas emergenciais. Tais tecnologias são capazes de permitir soluções sustentáveis para a correta destinação de RSU e a geração de energia elétrica renovável e descentralizada.

Apesar de existirem várias opções tecnológicas, como ilustra a **Figura 2** a seguir, as tecnologias mais utilizadas (e comercializadas) no mundo para a recuperação energética dos RSU são: tratamento mecânico biológico e incineração.

Conforme se observa na **Figura 3**, na maioria dos países mais desenvolvidos a tecnologia mais usada é a incineração, juntamente com a coleta seletiva.

O aterro sanitário permite a geração de energia a partir dos RSU orgânicos já dispostos, mas não deve ser considerado um método de destinação de RSU segundo a lei em vigor. Entretanto, o mesmo será aqui discutido, uma vez que é a única opção atualmente em operação para a recuperação da energia dos RSU no Brasil.

4.1 Aterro Sanitário

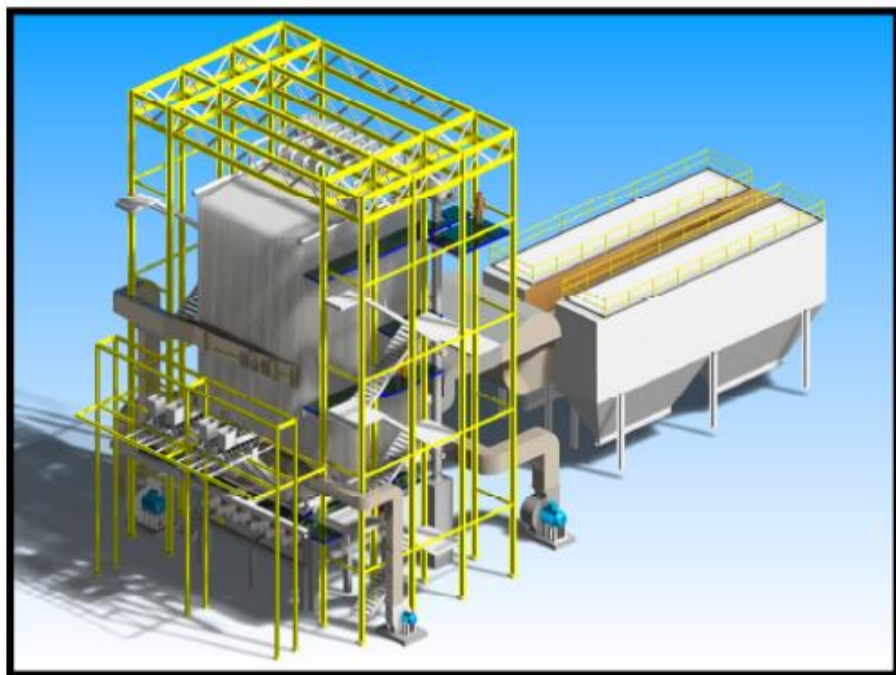
O aterro sanitário é uma forma de disposição final dos RSU que consiste no confinamento e compactação do lixo depositado no solo, que é

1 Diversos fatores podem influenciar a geração e conversão de RSE em sua região específica, como população, condições climáticas, hábitos de consumo, características socioeconômicas (IBGE, 2005).

Further information

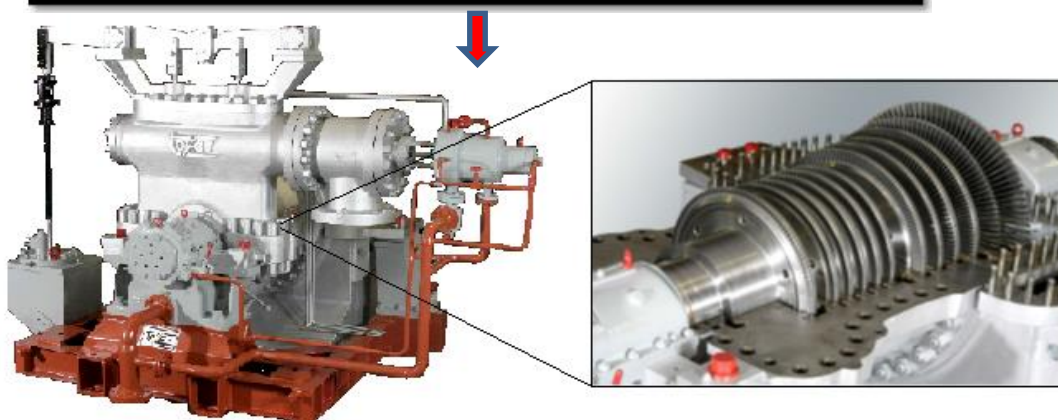
http://issuu.com/jornalbiomassabr/docs/jornal_biomassa_br_ed_15_low

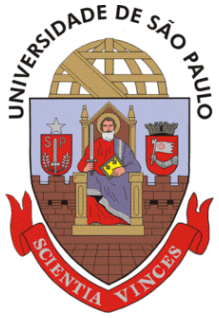
Synthesis gas based-steam cycle



Energia de Entrada na Caldeira	113431228,4 kJ/h
Entalpia Agua de Entrada na Caldeira - 42 bar (105°C)	440,1 kJ/kg
Entalpia Vapor de Saída na Caldeira - 42 bar (420°C)	3255,80 kJ/kg
Rendimento + Temperatura Gases de Exaustão	87%
Geração de Vapor	35048 kg/h

Dado - Consumo de Vapor na Turbina	21501 kg/h
Dado - Geração de Energia Elétrica na Turbina 2 unid.	5000 kW
Geração de Energia Elétrica Real	8150 kW
Consumo da Própria Planta	1450 kW
Energia Exportável	6700 kW



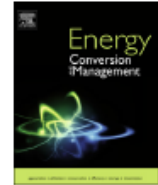


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Energy Conversion and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enconman



Gaseificador
tipo down -
draft

Techno-economic analysis of municipal solid waste gasification for electricity generation in Brazil



Fábio Codignole Luz^a, Mateus Henrique Rocha^{b,*}, Electo Eduardo Silva Lora^b, Osvaldo José Venturini^b, Rubenildo Vieira Andrade^b, Marcio Montagnana Vicente Leme^b, Oscar Almazán del Olmo^c

^a Department of Industrial Engineering, University of Rome Tor Vergata, Via Del Politécnico 1, 00133 Rome, Italy

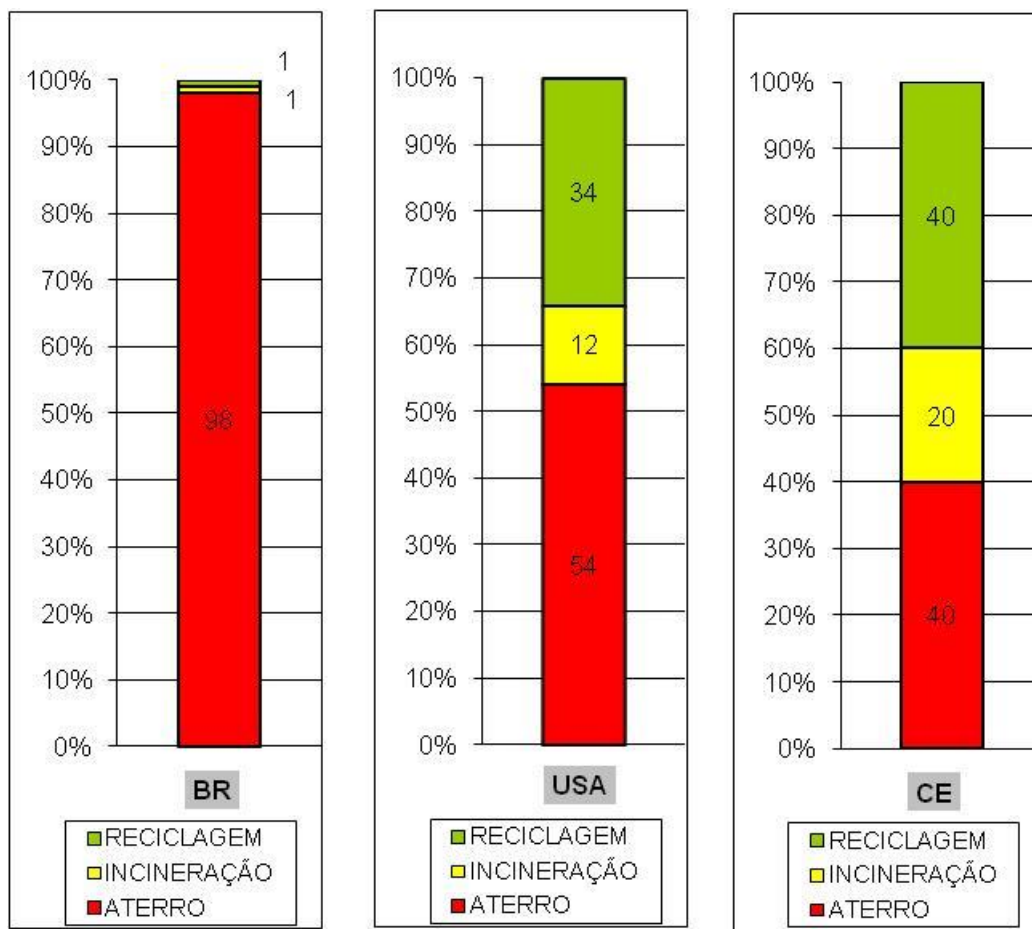
^b NEST - Excellence Group in Thermal Power and Distributed Generation, Institute of Mechanical Engineering, Federal University of Itajubá, Av. BPS 1303, Itajubá, Minas Gerais State CEP: 37500-903, Brazil

^c ICIDCA - Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, Via Blanca y Carretera Central 804, San Miguel Del Padrón, A.P. 4036, La Habana, Cuba

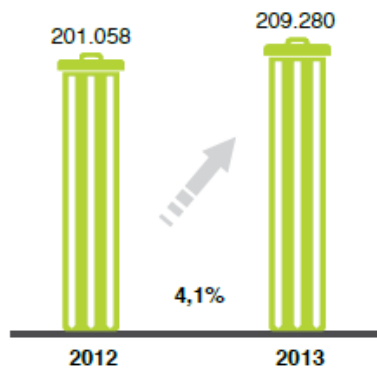
Table 1
Number of the Brazilian municipalities, the population range of the subgroup, the average population of the band and daily average MSW generation (adapted from [24,25]).

Subgroup	Subgroup population range (people)	Average population (people)	Number of municipalities (cities)	Average MSW generation (ton MSW/day)
A	805–5000	3362	1301	4.10
B	5001–10,000	7048	1212	8.60
C	10,001–20,000	14,093	1401	17.19
D	20,001–30,000	24,110	581	29.41
E	30,001–40,000	34,203	311	41.73
F	40,001–50,000	44,371	151	54.13
G	50,001–75,000	60,714	220	74.07
H	75,001–100,000	85,306	105	104.07
I	100,001–150,000	117,515	106	143.37
J	150,001–200,000	173,231	44	211.34
K	200,001–350,000	259,845	70	317.01
L	350,001–500,000	411,891	25	502.51
M	500,001–750,000	597,139	15	728.51
N	750,001–1,000,000	844,251	8	1029.90
O	Over 1,000,000	2,677,360	15	3266.40

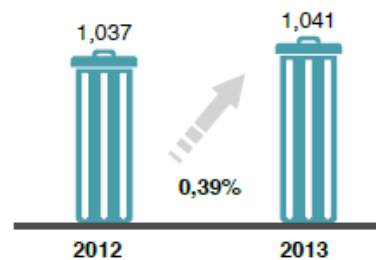
260 mil t/day
1.4 kg/ hab /day



Geração de RSU (t/dia)



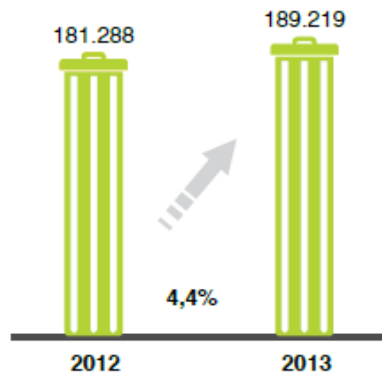
Geração de RSU per capita (Kg/hab./dia)



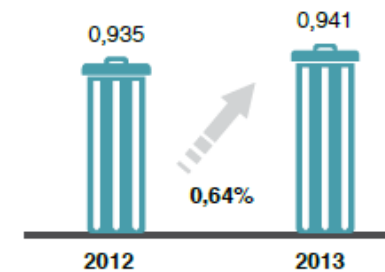
Fontes: Pesquisa ABRELPE e IBGE

Nota: Os índices per capita referentes a 2013 e 2012 foram calculados com base na população total dos municípios;

Coleta de RSU (t/dia)

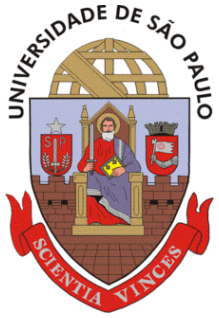


Coleta de RSU per capita (Kg/hab./dia)

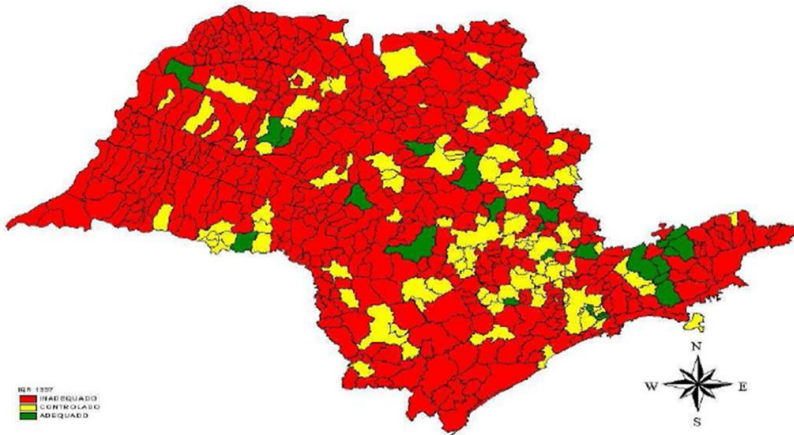


Fontes: Pesquisa ABRELPE e IBGE

Nota: Os índices per capita referentes a 2013 e 2012 foram calculados com base na população total dos municípios.

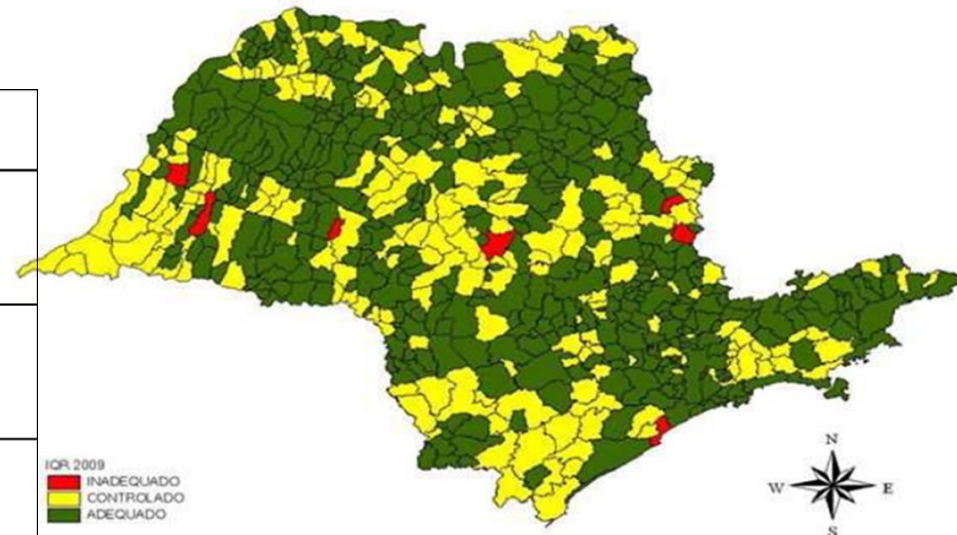


ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS NO ESTADO DE SÃO PAULO - IQR - 1997

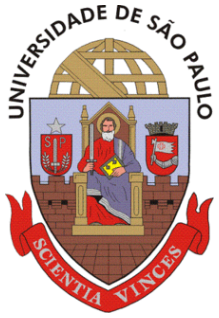


IQR (Index for residue quality) - from 4.0 in 1997, to 8.4 in 2010 (CETESB, 2010).

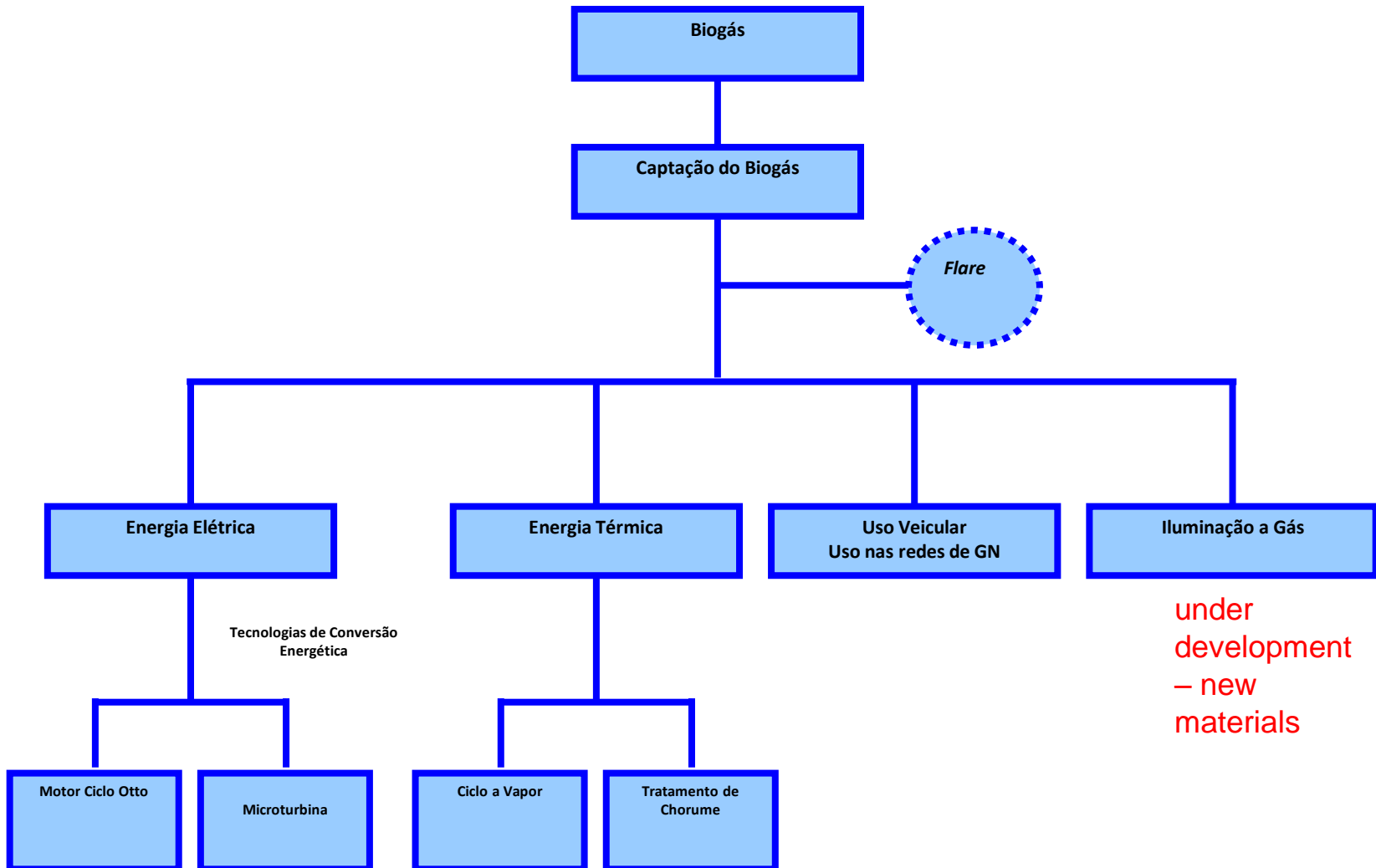
ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS NO ESTADO DE SÃO PAULO - IQR - 2009

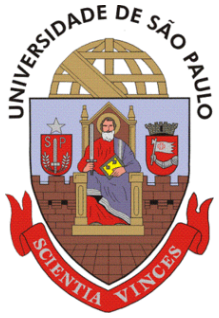


IQR	Enquadramento
0,0 a 6,0	Condições Inadequadas (I)
6,1 a 8,0	Condições Controladas (C)
8,1 a 10,0	Condições Adequadas (A)



Technologies for energy conversion





Biomethane injection in NG pipelines in Brazil



Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
Superintendência de Biocombustíveis e de Qualidade de Produtos
Coordenação de Regulação da Qualidade de Produtos

Nota Técnica n°: 157/2014/SBQ/RJ

Assunto: Criação de Resolução que estabelece a especificação do Biometano de origem nacional a ser comercializado em todo o território nacional.

Processo n°: 48610.005948/2013-22

Rio de Janeiro, 17 de setembro de 2014.

Lei nº 6.361, de 19/12/2012, estabelece a Política Estadual de Gás Natural Renovável, fomenta a implantação de produção e torna mandatório que as concessionárias distribuidoras de gás natural comprem até 10% do gás convencional distribuído de GNR produzido no Rio de Janeiro.

DECRETO Nº 58.659, DE 4 DE DEZEMBRO DE 2012

Institui o Programa Paulista de Biogás e dá providências correlatas

GERALDO ALCKMIN, Governador do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais, à vista da Exposição de Motivos do Secretário de Energia,
Considerando os objetivos da Lei nº 13.798 de 9 de

- ANP – Biomethane only from agricultural/wood/animal sources
- ANP - **not allowed biomethane from landfills and sewage treatment stations to be injected in NG pipelines (siloxanes – from cosmetic and personal products – tooth paste, shaving cream,..)**
- **Need to discuss adequate limits for siloxanes...**

Tabela 1 - Aterros energéticos no Brasil

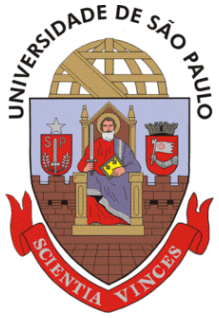
Estado	Aterro	Potência elétrica estimada
Amazonas	Manaus	2MW
	Pará	5,98MW
	Paraíba	4,18MW
Bahia	Canabrava	4,25MW
	Veja Bahia	16,43MW
	CTRVV	1,61MW
Espírito Santo	Marca	17,76MW
	Gramacho	Acima de 40MW
Rio de Janeiro	Nova Gerar	6,35MW
	Alto Tiête	2MW
	Anaconda	2,30MW
	Bandeirantes	25,40MW
	Caieiras	14,56MW
	Embralixo / Araúna	1,32MW
	Estre / Santos	4,66MW
	Estre / Itapevi	2,12MW
	Lara / Mauá	20,45MW
	Onyx Sasa	1,78MW
	Paulínia	4,21MW
	Pedreira	2,14MW
	Quitaúna	2,25MW
	São João	20,95MW
São Paulo	Tecipar – Progat	2MW
	Urbam – Arauna	2,32MW
Santa Catarina	Florianópolis / Biguaçu	2,60MW
	Icara / Santec	2,99MW
Rio Grande do Sul	Sil	6,58MW



MSW in Brazil

- Need for 448 new landfills
- 256 large landfills
- 192 small scale
- R\$ 2 billion needed
- Where?

Source: ABLP (Assoc.
Bras. de Resíduos Sólidos e
Limpeza Urbana)



REDUC RECEBERÁ BIOGÁS GERADO NO ATERRO DE GRAMACHO

7 de junho de 2013 / 20:58 Informes, Meio Ambiente e Sociedade

✉ 📄 A+ A-

2016 – use of
biomethane from
Gramacho landfill
for Petrobras
refinery



A Refinaria Duque de Caxias (Reduc) passará a receber o biogás gerado a partir da decomposição do lixo do Aterro de Gramacho, na Baixada Fluminense. É **a primeira vez no mundo que uma refinaria funcionará utilizando gás verde para atender parcialmente suas necessidades energéticas.** O gerente geral de Tecnologia do Refino, Cláudio Herrmann, esteve presente no evento de inauguração do projeto que ocorreu nesta sexta-feira (07/06) à tarde, em Duque de Caxias (RJ).

“Sem esse projeto, os resíduos do Aterro de Gramacho estariam emitindo poluentes para a atmosfera. Agora eles estão tendo um aproveitamento positivo, gerando energia. A Petrobras está dando sua contribuição através do aproveitamento do gás em seus processos industriais” disse Herrmann.

A Reduc receberá 70 milhões de metros cúbicos por ano do gás da empresa Gás Verde S.A., responsável por implantar a infraestrutura do projeto. O biogás gerado da decomposição da matéria orgânica no aterro é captado por poços de coleta distribuídos na área do aterro. Em seguida, ele é transportado por tubulações até a usina de coleta e processamento, onde passa por várias etapas de purificação até atingir o padrão de qualidade exigido pelas nossas especificações técnicas. O biogás purificado é então bombeado para a Reduc, através de um gasoduto com seis quilômetros de extensão.

<http://fatosedados.blogspot.com.br/2013/06/07/reduc-recebera-biogas-gerado-no-aterro-de-gramacho/>