

Recuperação Energética de Resíduos
Sólidos Urbanos.
Uma agenda metropolitana.

Ricardo Toledo Silva

São Paulo, abril de 2017

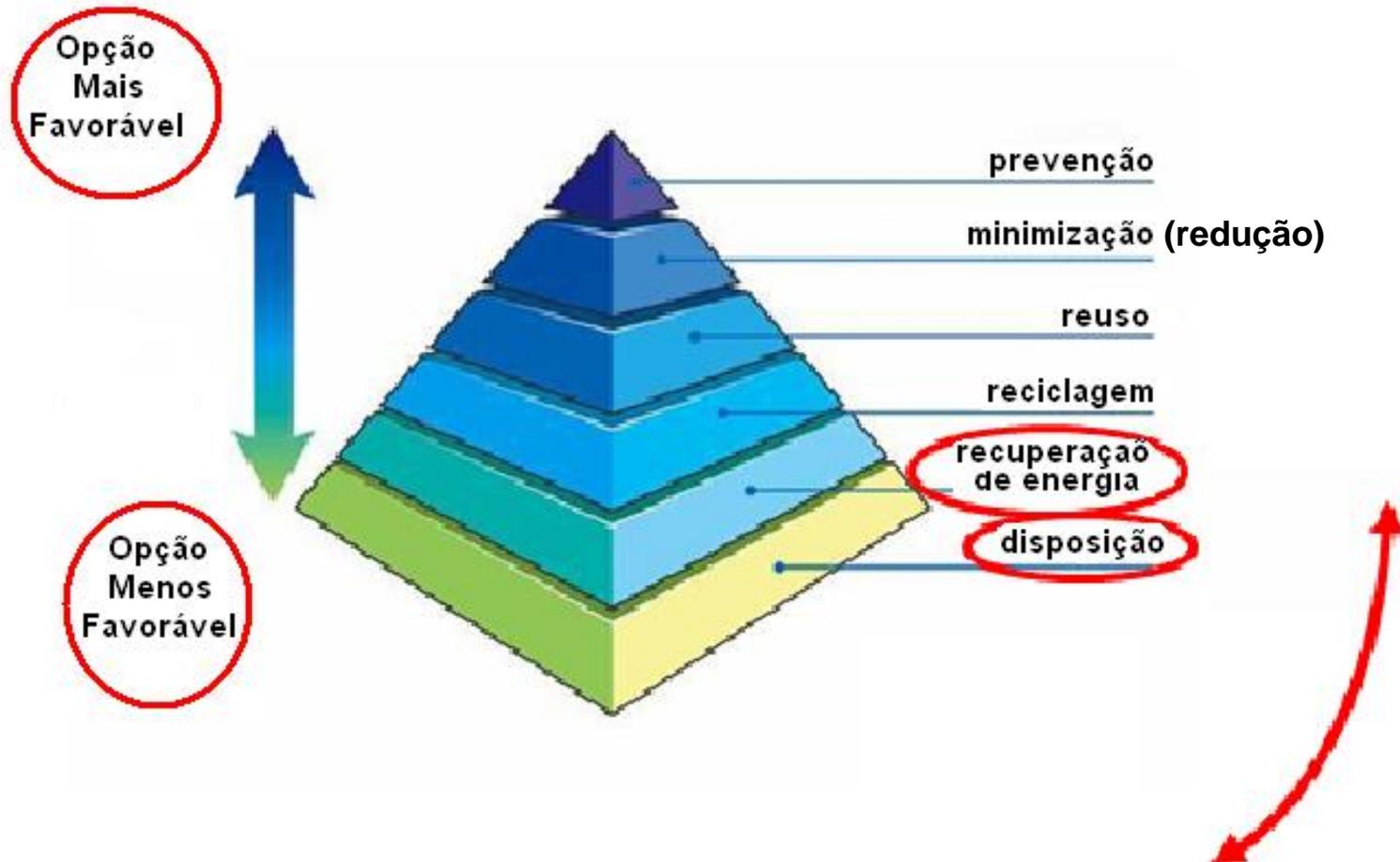
Recuperação energética de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) - sumário

- Política Nacional e Estadual de RSU - elementos
- Aproveitamento energético – solução metropolitana
 - RSU e saneamento na RMSP
 - Tecnologias aplicáveis
 - Regionalização e viabilidade técnico-econômica
- Abrindo a caixa: soluções criativas
- Subsídios para soluções prediais

Política Nacional e Estadual de RSU - destaques

- PNRS (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010)
 - Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: **não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.**
 - § 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.
- PERS (Lei nº 12.300, de 16 de março de 2006)
 - Artigo 5º Para os efeitos desta lei, consideram-se:
 - **I resíduos sólidos:** os materiais decorrentes de atividades humanas em sociedade, e que se apresentam nos estados sólido ou semisólido, como líquidos não passíveis de tratamento como efluentes, ou ainda os gases contidos; (...)
 - **V gestão integrada de resíduos sólidos:** a maneira de conceber, implementar, administrar os resíduos sólidos considerando uma ampla participação das áreas de governo responsáveis no âmbito estadual e municipal;
 - **VI unidades receptoras de resíduos:** as instalações licenciadas pelas autoridades ambientais para a recepção, segregação, reciclagem, armazenamento para futura reutilização, tratamento ou destinação final de resíduos;

Gestão Integrada dos RSU



Prevenção e logística reversa

- Produtos para os quais a LR é obrigatória
 - Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, e outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso
 - Pilhas e baterias
 - Pneus
 - Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens
 - Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista
 - Produtos eletroeletrônicos e seus componentes

Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo

- Panorama dos Resíduos
- Regionalização e Proposição de Arranjos Intermunicipais
- Cenários
- Diretrizes, Metas e Ações
 - Hierarquização: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada dos rejeitos

VER

<http://www.ambiente.sp.gov.br/2014/10/29/plano-de-residuos-solidos-do-estado-de-sao-paulo-e-lancado/>

ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS – IGR

- **$IGR = 0,6 * IQG + 0,35 * IQR + 0,05 * IQC$**

Onde:

- IQG é o Índice de Qualidade de Gestão de Resíduos Sólidos.
 - IQR é o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos, divulgado anualmente no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.
 - IQC é o Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem, divulgado anualmente no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.
- Ver <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos-2/indice-de-gestao-de-residuos-igr/>

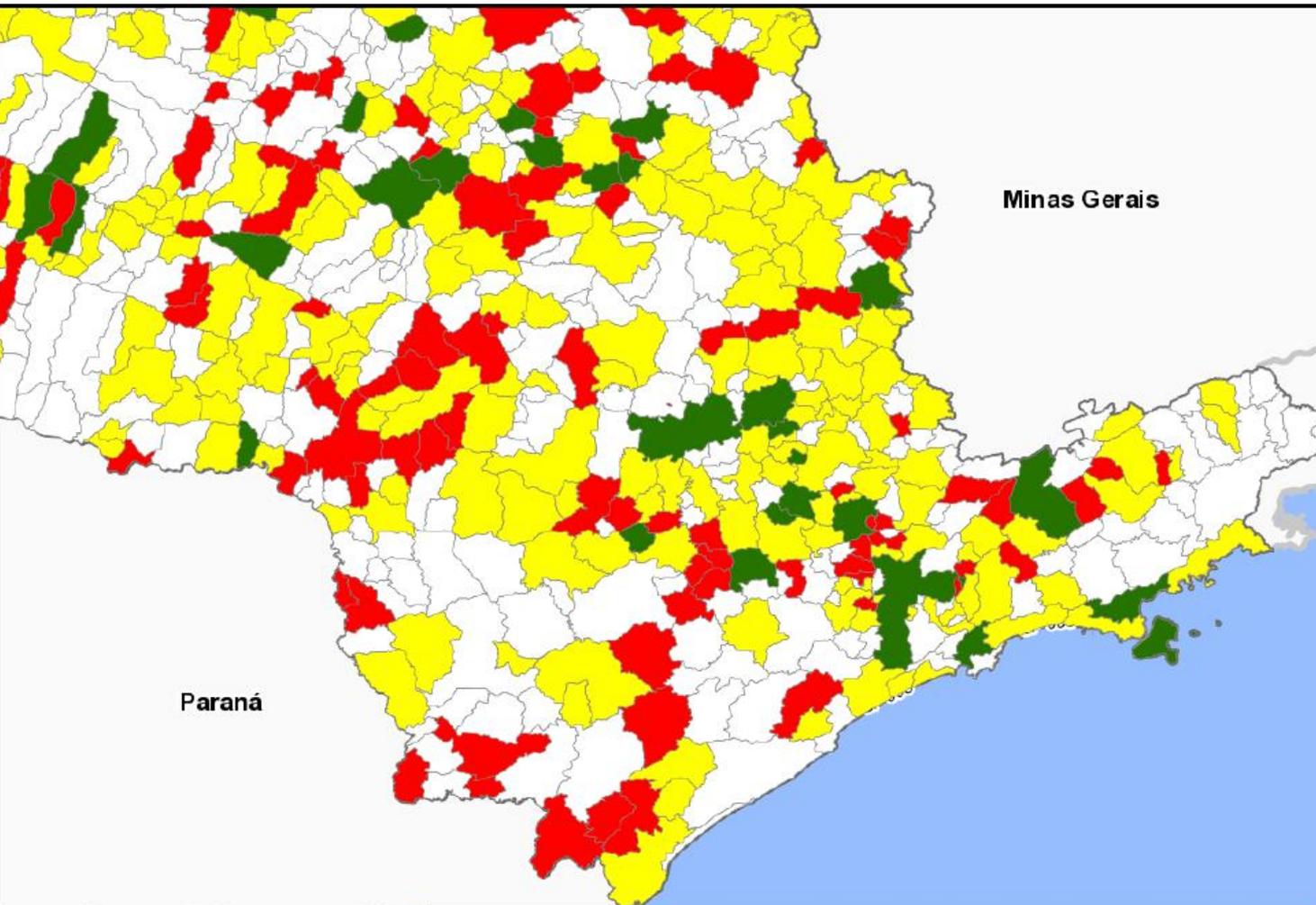


GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO
Secretaria do Meio Ambiente

LEGENDA

IGR - Índice de Gestão de Resíduos 2014

-  Sem Informação
-  Inadequado (Abaixo de 6,0)
-  Controlado (6,0 a 8,0)
-  Adequado (Acima de 8,0)



São Paulo

IGR 2014

ELABORADO POR: SEM SP

DATA :17/04/2017

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS
ESCALA GRÁFICA

0 20 40 60km

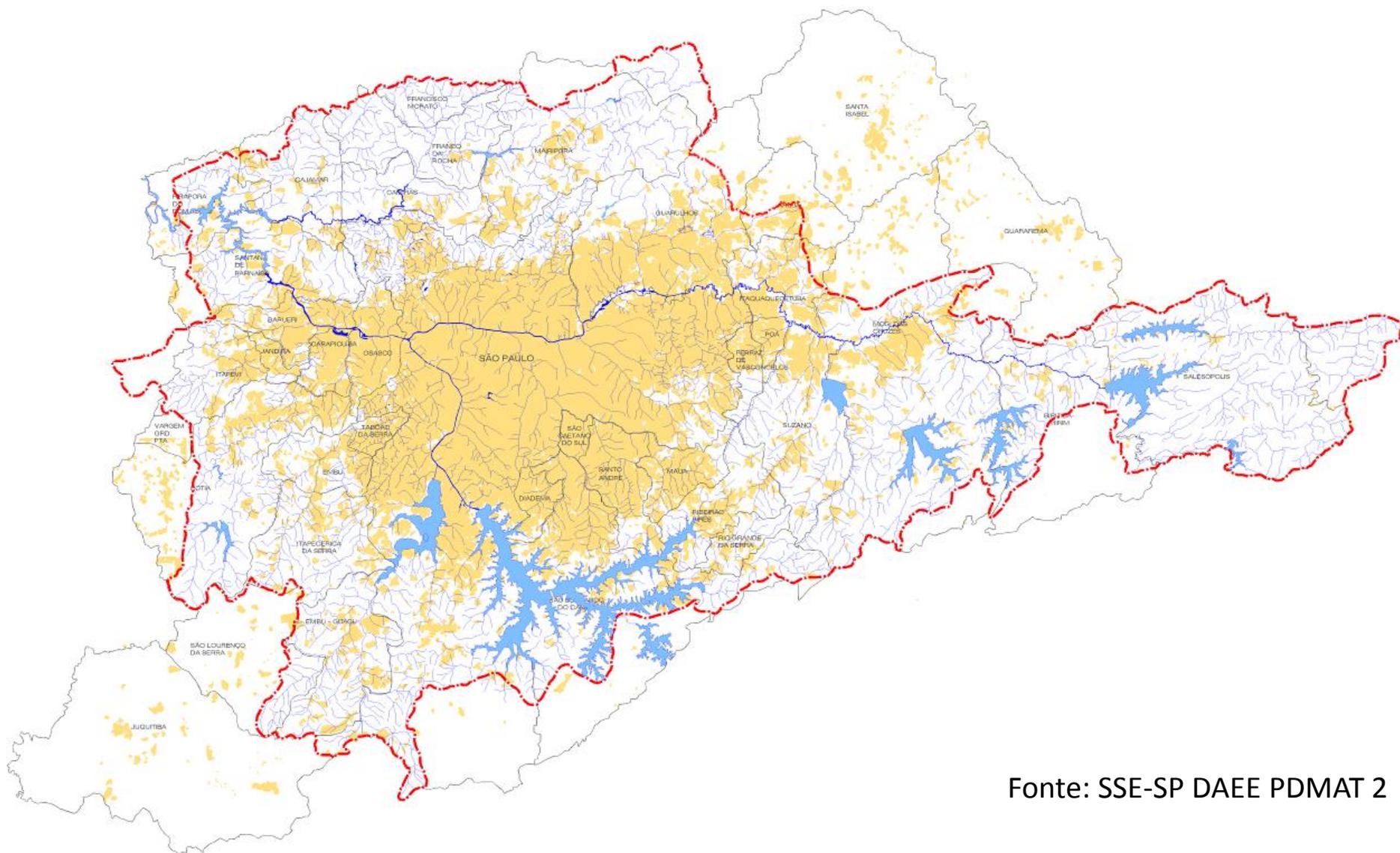


DataGEO
Sistema Ambiental Paulista

Aproveitamento energético – solução metropolitana

- Porque do aproveitamento energético
 - Alternativa aos Aterros Sanitários
 - Produção de Energia Térmica e Elétrica
 - Elimina Problemas (sanitários; sociais e de saúde) decorrentes de Aterros Sanitários em Áreas Densamente Povoadas
- Porque da solução metropolitana ou regional
 - Economia de escala
 - Economia de escopo
 - Solução integrada às prioridades das PNRS e PERS

Bacia do Alto Tietê e Região Metropolitana de São Paulo

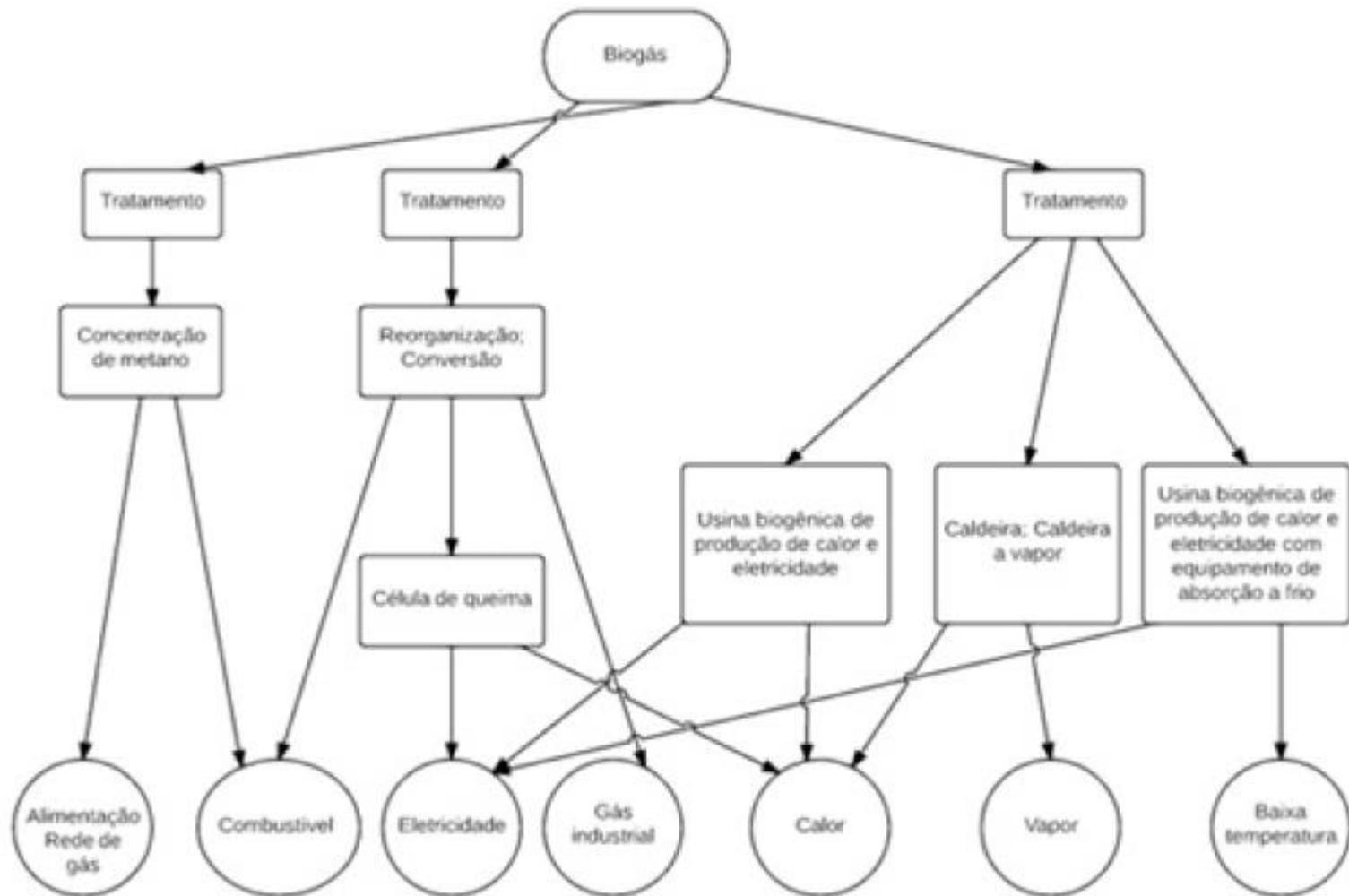


Fonte: SSE-SP DAE E PDMAT 2

Tecnologias básicas de tratamento térmico

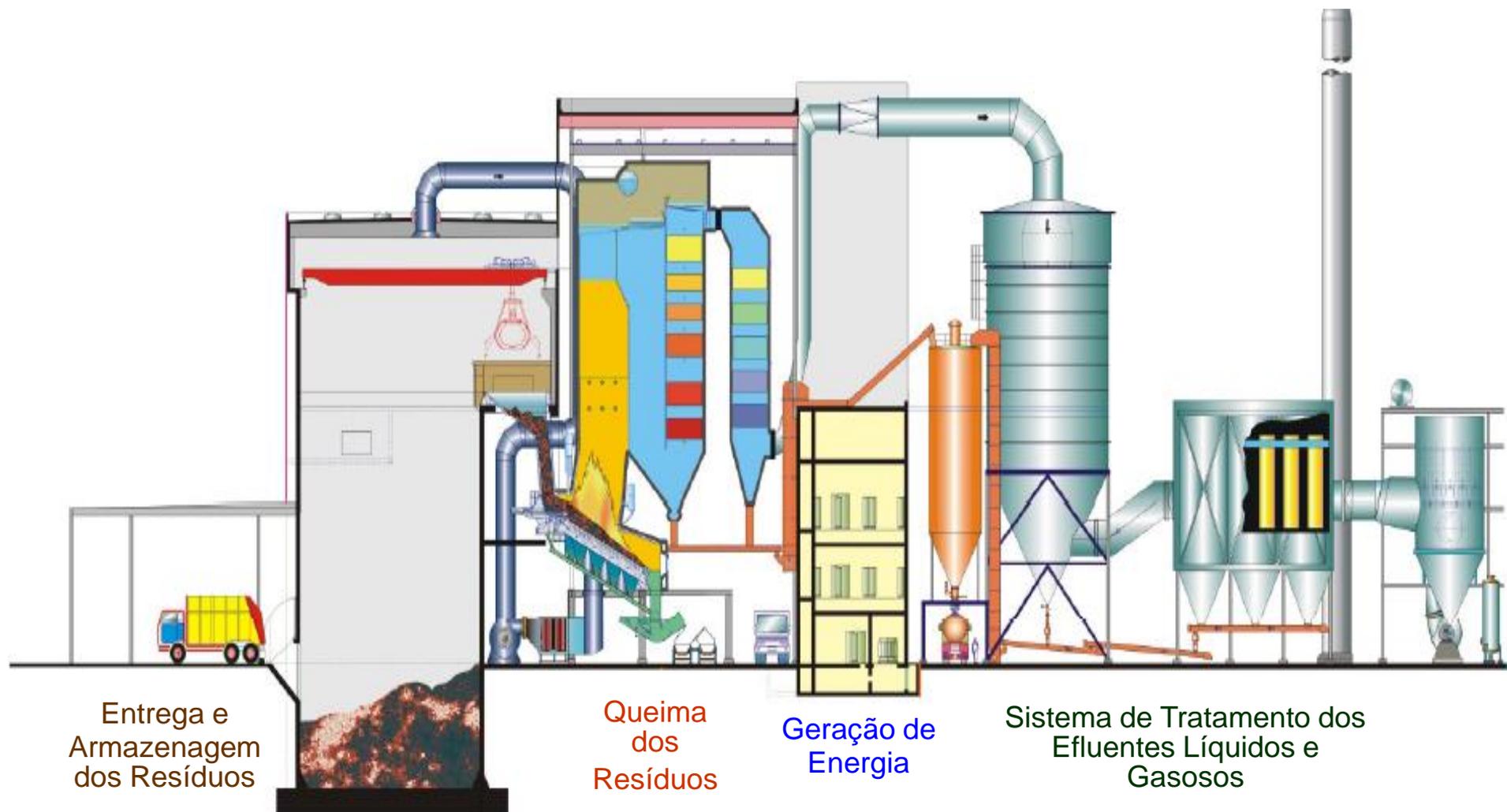
- Aproveitamento do biogás
 - Uso direto do biogás
 - Para geração de energia elétrica (turbinas)
 - Para pré-secagem da massa sólida → CDR
 - Possível purificação para biometano (CH₄) viável para aproveitamento térmico direto
- Queima de massa sólida (mass burning)
 - Sem tratamento, com alto teor de umidade
 - Pré-seca (combustível derivado de resíduo – CDR)

Possibilidades de aproveitamento biogás

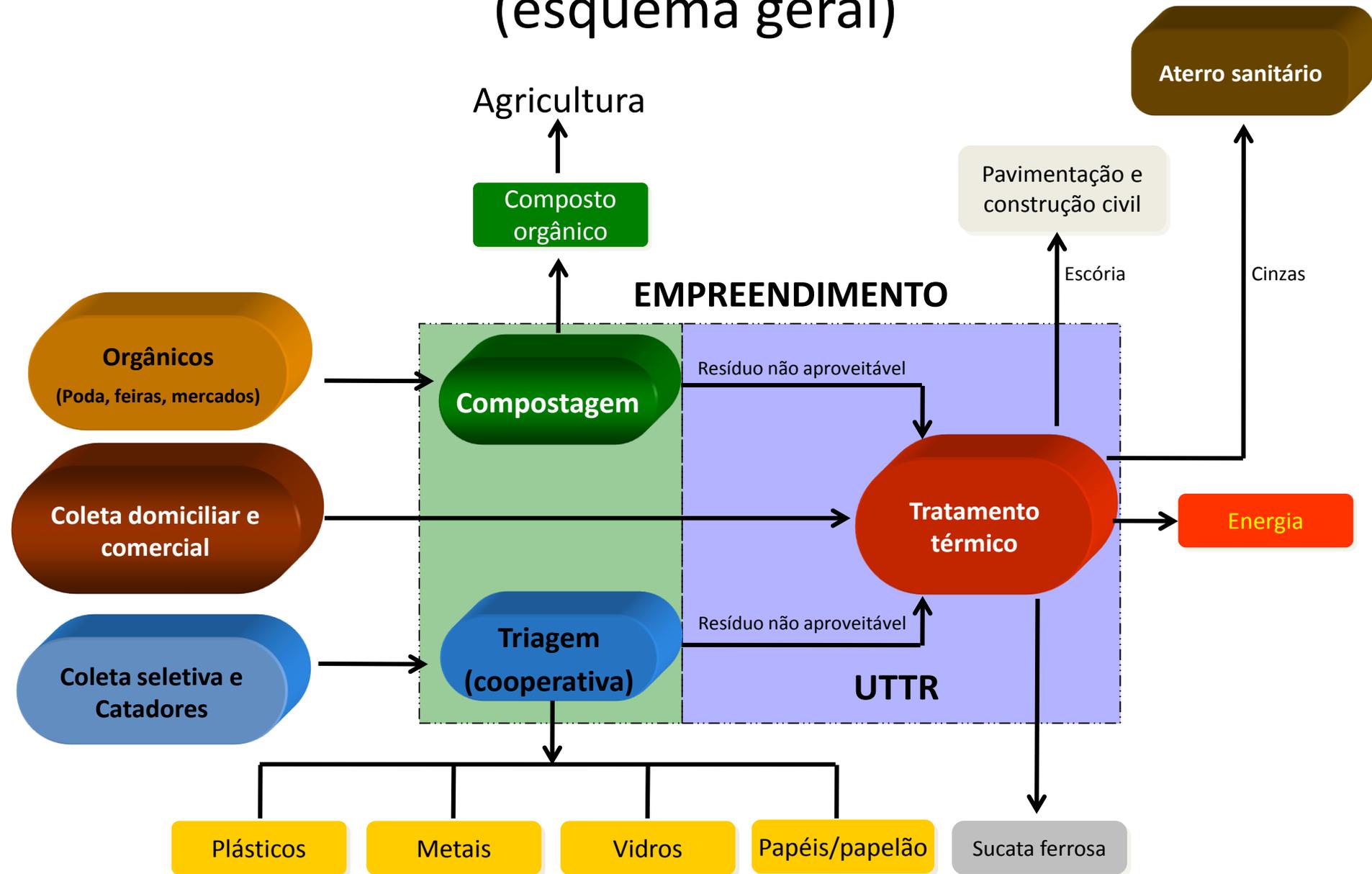


Fricke et al. (2015) **GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS** transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil. Parte III. Technische Universität Braunschweig. Braunschweig – 2015

Arranjo de uma unidade térmica (mass burning)



Central integrada de tratamento de resíduos (esquema geral)



Tecnologias avançadas de tratamento térmico: pirólise a plasma

- Descrição geral
 - Decomposição térmica a altas temperaturas, sem presença de oxigênio
 - Requer fonte energética externa para superaquecimento
- Subprodutos
 - Gases, compostos por hidrogênio, metano e monóxido de carbono;
 - Combustível líquido, composto por hidrocarbonetos, álcoois e ácidos orgânicos de elevada densidade e baixo teor de enxofre;
 - Um resíduo sólido, constituído, por carbono quase puro (char) e ainda, por vidros, metais e outros materiais inertes (escória).
- Desafios
 - Custo de investimento e da energia requerida
 - Heterogeneidade do resíduo → balanço energético tendente a negativo

VER

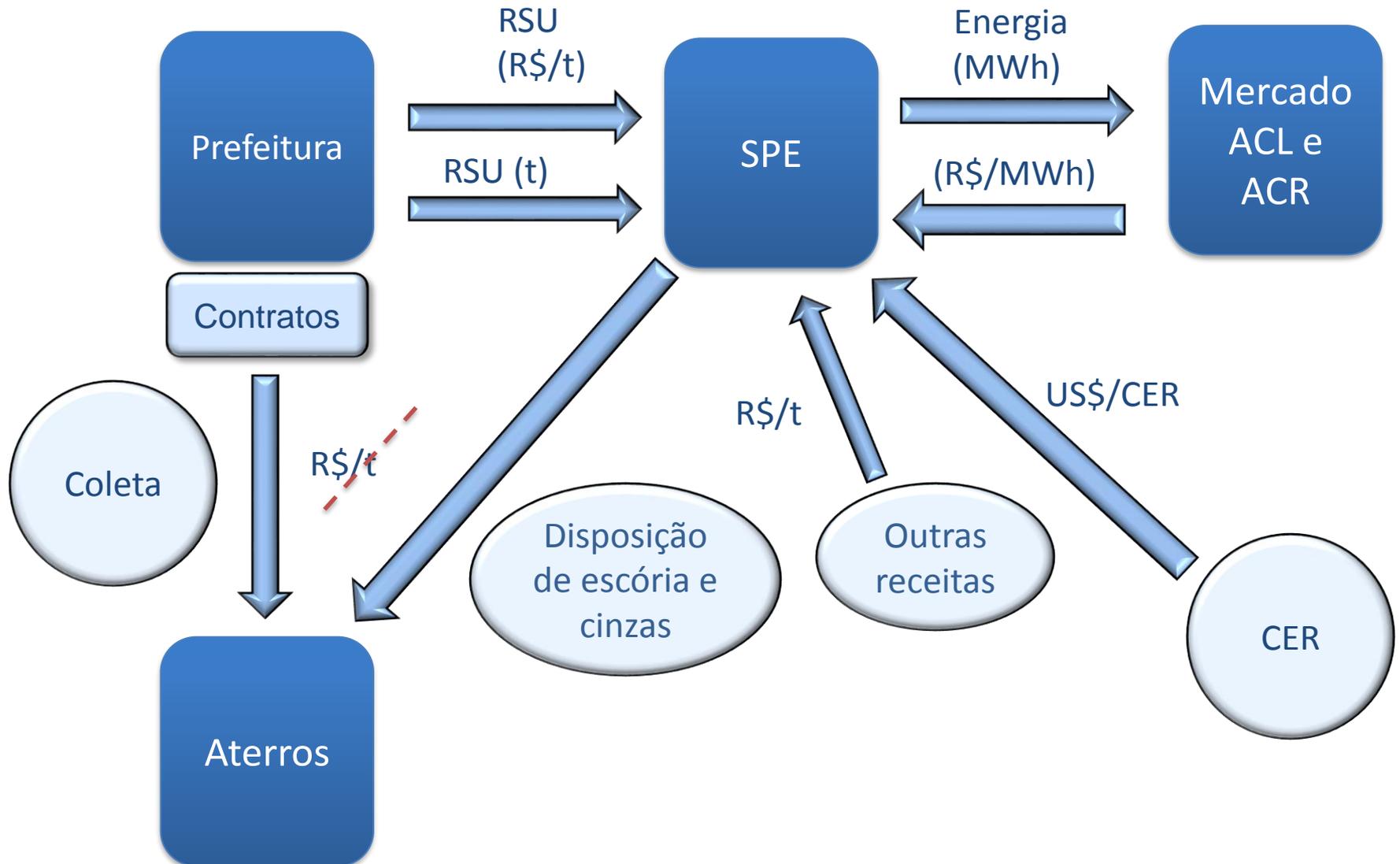
<http://observatorioambiental.iff.edu.br/publicacoes/publicacoes-cientificas/pirolise.pdf>

Viabilidade econômica: dados Básicos de uma UTTR (dados de 2010)

Característica	Valor	Unidade
Capacidade de processamento de RSU ⁽¹⁾	1.200	ton/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 coberta UTTR	10.000	m ²
Área total UTTR	30.000	m ²
Área total da Central de Tratamento	40.000	m ²
Padrão de emissões atmosféricas	Resolução SMA-079/2009	
Custo Total UTTR (investimento)	R\$ 324 milhões	

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

Arranjo Econômico-Financeiro



Normas e Limites para Emissões em UTTRs

Parâmetro	Unidade	Referência	CONAMA 382 e 316 (*)	EPA 40 USA (*)	Diretiva 2000/76 União Européia 28/12/2000	Resolução SMA 079 4/11/2009
Material Particulado	mg/Nm ³	Base seca 11% O ₂	55	14	10	10
NOx	mg/Nm³		550	150	200	200
SOx	mg/Nm³		1000	65	50	50
HCl	mg/Nm ³		58	14	10	10
CO	mg/Nm ³		94	94	50	50
Hg	mg/Nm ³		-	0,04	0,05	0,05
Cd + Ti	mg/Nm ³		-	0,01 (apenas Cd)	0,05	0,05
HF	mg/Nm ³		3,6	-	1,0	1,0
Dioxinas e Furanos	ng/Nm³		0,4	0,20	0,1	0,1

(*) Valores originais a 7% O₂, convertidos para 11% O₂, para efeito de comparação.

Regionalização e viabilidade

- Economia de escala
 - Arranjos regionais (gestão compartilhada) a viabilizar módulos de operação a partir de 600 T/dia
 - Operação segmentada entre produção local de CDR e unidade regional de aproveitamento térmico
- Economia de escopo
 - Aproveitamento de vapor
 - Possível destinação específica da energia gerada (iluminação pública, áreas de demanda especial)
 - Diversificação de alternativas de cogeração com uso de CDR (industrial, agrícola)
 - Apoio à cadeia produtiva da recuperação energética RSU (“tropicalização”)

Macrometrópole Paulista – dados

<http://www.stm.sp.gov.br/index.php/quem-somos-27/nosso-territorio>

- 172 municípios
- 49.927,83 km²
- abrange as cinco Regiões Metropolitanas legalmente constituídas (São Paulo, Baixada Santista, Campinas, Vale do Paraíba e Litoral Norte e Piracicaba), além das aglomerações urbanas de Piracicaba e Jundiaí e da Unidade Regional Bragantina.
- Concentra 30,5 milhões (74% da população estadual e 16% da total do País).

Estudos para a Baixada Santista

- Resolução Conjunta SEP/SMA/SSE 01/2010
 - Cooperação técnica para levantamento de dados e informações para subsidiar estudos de UTTRS e lodo das ETA na RMBS
- Componentes de cooperação técnica
 - Análise de localização da UTTR
 - Diagnóstico da situação atual da geração e destinação de RSU e sua caracterização
 - Estudo do gerenciamento dos RSU, condicionantes legais e aspectos institucionais
 - Estudo da logística de transporte dos RSU
 - Reuniões de trabalho, apresentações e “workshop”

Condições ótimas de inserção

ABRINDO A CAIXA: SOLUÇÕES CRIATIVAS

Amager Bakke, Copenhagen, Denmark

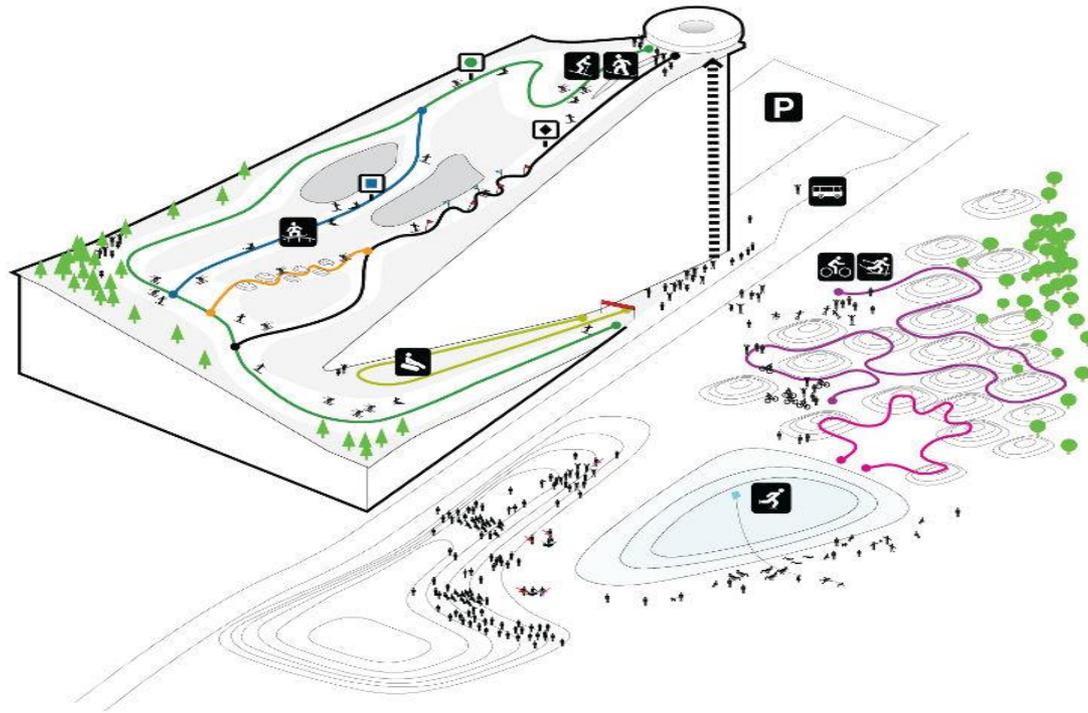
[http://www.volund.dk/Waste to Energy/References/ARC Amager Bakke Copenhagen](http://www.volund.dk/Waste%20to%20Energy/References/ARC%20Amager%20Bakke%20Copenhagen)



Ver: <https://youtu.be/CHE0IZc8BtA>

Amager Bakke, Copenhagen, Denmark

[http://www.volund.dk/Waste to Energy/References/ARC Amager Bakke Copenhagen](http://www.volund.dk/Waste%20to%20Energy/References/ARC%20Amager%20Bakke%20Copenhagen)



Amager Bakke, Copenhagen, Denmark

[http://www.volund.dk/Waste to Energy/References/ARC Amager Bakke Copenhagen](http://www.volund.dk/Waste%20to%20Energy/References/ARC%20Amager%20Bakke%20Copenhagen)



Amager Bakke, Copenhagen, Denmark

[http://www.volund.dk/Waste to Energy/References/ARC Amager Bakke Copenhagen](http://www.volund.dk/Waste%20to%20Energy/References/ARC%20Amager%20Bakke%20Copenhagen)

- 400,000 tons of waste a year result in:
 - 99% energy efficiency.
 - District heating for 160,000 households.
 - Electricity for 62,500 households.
 - 100 million litres of spare water recovered through flue gas condensation.
 - 90% reuse of metals from waste amounting to 10,000 tonnes of metal a year.
 - 100,000 tonnes of bottom ash reused as road material which saves large amounts of gravel.

Amager Bakke, Copenhagen, Denmark

[http://www.volund.dk/Waste to Energy/References/ARC Amager Bakke Copenhagen](http://www.volund.dk/Waste%20to%20Energy/References/ARC%20Amager%20Bakke%20Copenhagen)

Flue gas out of boiler: Guaranteed values	*	Unit
NO _x **	15	mg/Nm ³
CO***	50	mg/Nm ³
NH ₃ **	3	mg/Nm ³
TOC	5	mg/Nm ³

* All values refer to 11% O₂ dry gas

** 24-hour average

*** Half-hour average

The values are before flue gas cleaning.

The plant limit values complies with the EU directive on waste incineration. Naturally the plant is equipped with a modern flue gas cleaning system.

Subsídios para soluções prediais

- Integração com os sistemas prediais de água, esgoto e energia elétrica
- Evitar mistura de dejetos fecais com lixo
- Separação e reciclagem: sem contato humano direto
- Possível compostagem de poda e orgânicos selecionados
- Evitar esquemas super-simplificados de queima de gás e massa sólida (CUIDADO COM A INTERNET!!!)
- Potenciais de estação em escala do campus (EP, modular, com expansão para Cidade Universitária)