Projeto
RSU Energia

O que é o projeto RSU Energia?

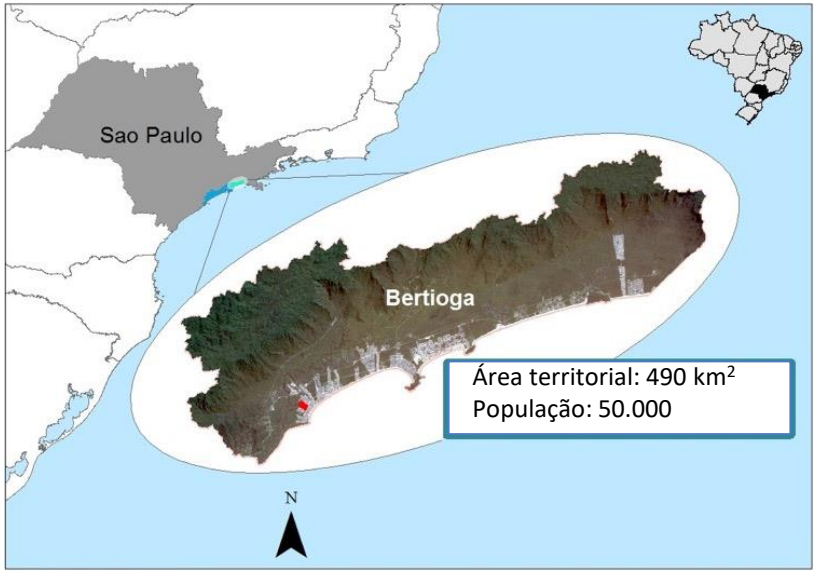
É um projeto de pesquisa que visa montar um programa de apoio IPT aos municípios em questões relativas a resíduos sólidos urbanos.

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

Financiado pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDE).

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

Por que em Bertioga?



- 73% da cidade está em áreas de conservação

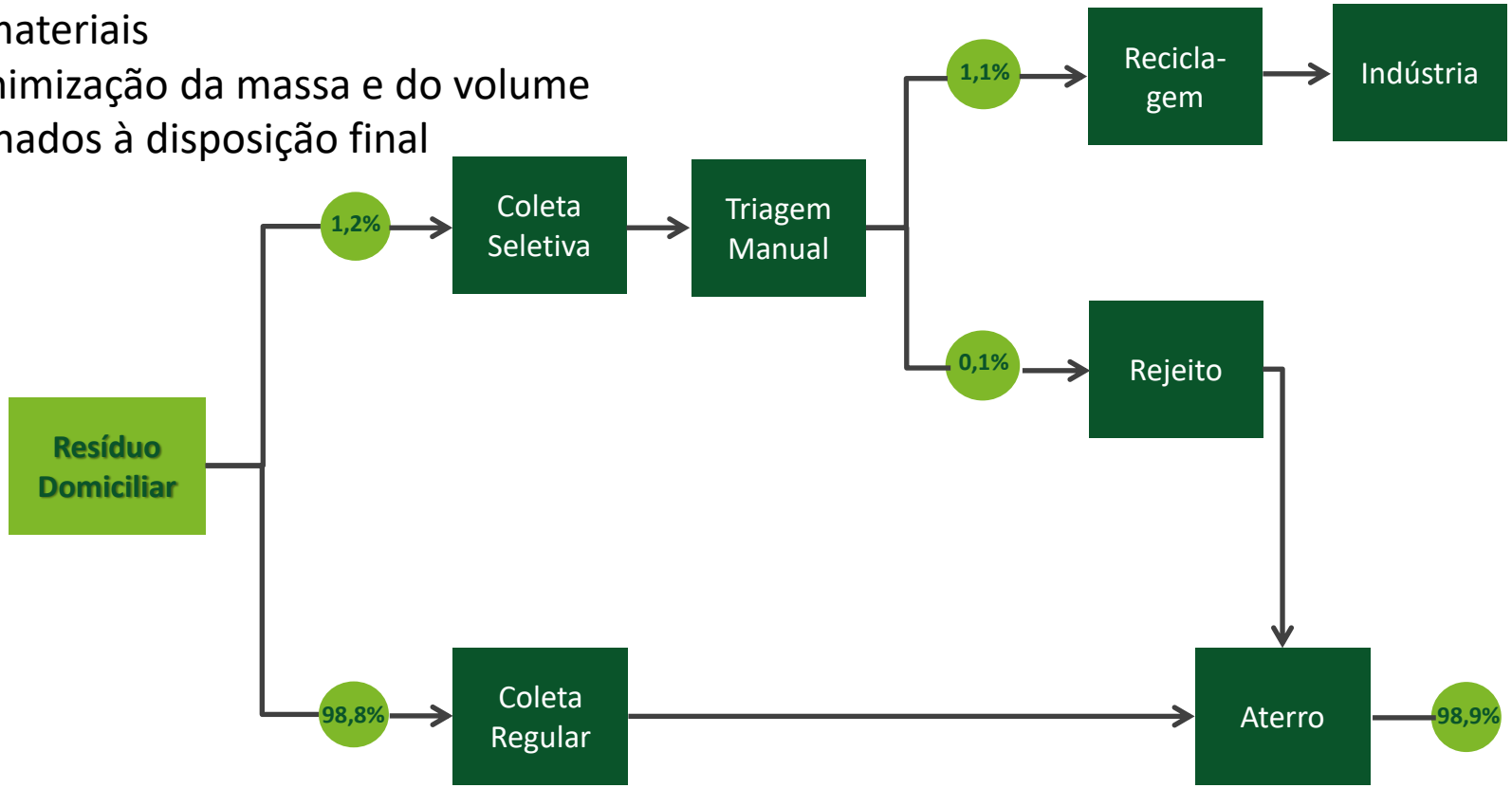
- Opções limitadas de locais de depósito para RSU
- Aterro atual será fechado em três anos

Motivadores

- Propor e estabelecer diretrizes estaduais para a Gestão de Resíduos, conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tendo como meta a redução de massa para os aterros sanitários, recuperação de materiais e energia;
- Criar condições de apoiar os municípios, fornecendo a *expertise* e laboratórios para responder questões específicas sobre os RSU;
- Capacitar os laboratórios do IPT para assuntos específicos em RSU; e
- Definir procedimentos e método de tomada de decisão para a definição de alternativas tecnológicas de processamento de RSU.
- Pretende-se com o projeto RSU-Energia estabelecer um canal direto e permanente de atendimento entre a SDECTI/IPT e os municípios paulistas para auxiliar a encontrar as soluções mais econômicas e viáveis tecnicamente para os RSU.

Cenário de referência

- Incorporação de avanços tecnológicos na separação e aproveitamento energético dos materiais
- Minimização da massa e do volume destinados à disposição final



Integração de rotas tecnológicas

Separação

Biológicas

Térmicas

ReCiclos

Qual foi o objetivo 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

ipt INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

Concluída

Design da Planta de Avaliação
FASE 1

Mapeamento de alternativas tecnológicas
(Produto 01) ✔

Definição de escala e da elaboração de layout das unidades
(Produto 02) ✔

Definição de prazo e custo
(Produto 02) ✔

Início: Nov/2015

Concluída

Montagem e Desenvolvimento
FASE 2

Memorial descritivo detalhado e contratação
(Produto 04) ✔

Protocolo de coleta de amostra de RSU – mobilização e integração da população **(Produto 04)** ✔

Divulgação do Programa de Auxílio aos Municípios – evento, divulgação de mapeamentos
(Produto 03) ✔

Inauguração das Unidades e realização de testes de monitoramento
(Produto 03) ✔

Realizado em 06 de julho/18

Concluída

Operação do Programa IPT
Fase 03

Operação e monitoramento do caso Bertioga ✔

Proposta de solução

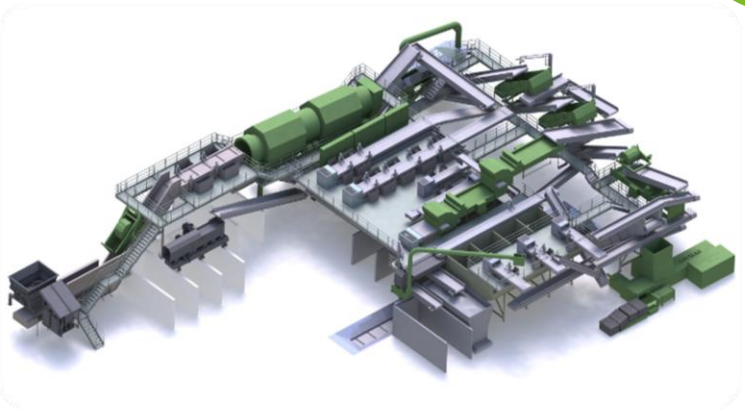
(Produto 05 e 06) ✔

Fim: Mar/2019

ReCiclos

Plataforma tecnológica

- Conjunto de equipamentos (escala piloto e bancada)
- Procedimentos para diagnóstico e caracterização de resíduos
- Ensaios e testes para avaliação da eficiência das tecnlogias
- Software de apoio a tomada de decisão



1. Segregação na fonte (recicláveis, orgânicos e rejeitos)
2. Triagem mecanizada
3. Biodigestão anaeróbia
4. Tratamento térmico

Inauguração da planta piloto

(julho/2018)

ReCiclos

2 mil pessoas

2 toneladas de resíduos/dia

ReCiclos Bertioga
transformando resíduos em oportunidades

Módulo I
Segregação na fonte
Recicláveis
Orgânicos
Rejeitos

Módulo II
Triagem mecanizada

Módulo III
Biodigestão anaeróbia

Módulo IV
Térmico

PREFEITURA DE Bertioga
JUNTOS FAZEMOS MELHOR

Localização

Local: Rodovia Manoel Hipólito do Rego, km 227 (Rodovia Rio-Santos) – Bairro Sítio São João, Bertioga/SP.

Módulo 1

Segregação na fonte

Recicláveis
Orgânicos
Rejeitos
± 3 t/dia

Módulo 2

Triagem mecanizada

Capacidade de processamento:

0,5 t/h

Módulo 3

Digestão anaeróbia

Redução estimada da fração orgânica

43 %

20 t/túnel

Módulo 4

Tratamento térmico

Capacidade de processamento

5 kg/h

O que teremos a oferecer aos municípios?

ReCiclos

Módulo 1

Segregação na fonte

Recicláveis
Orgânicos
Rejeitos
± 2 t/dia

ReCiclos

Módulo I

Organização da Fonte Geradora

Conceito: Aplicar procedimentos e dispositivos para diagnóstico e melhoria da eficiência do sistema de gestão de resíduos com foco na adesão da população a coleta seletiva

Entregáveis:

- Proposição de melhorias no atual sistema de gestão;
- Procedimento de avaliação da percepção dos geradores sobre RSU;
- Modelo de comunicação e sensibilização para aumentar a adesão à coleta seletiva;
- Proposição de ferramentas no manuseio e acondicionamento dos resíduos na origem; e
- Capacitação da equipe do município e da população (multiplicadores).

Etapas do Módulo I

Valor de investimento

Material	Quantidade	Investimento
Contêineres de orgânicos (1000 L)	23	R$ 32.228,00
Contêineres de rejeitos (1000 L)	23	R$ 32.228,00
PEVs (2500 L)	5	R$ 24.963,60
Lixeiras de 15 L para orgânicos	501	R$ 24.048,00
Sacolas compostáveis	25.700	R$ 15.136,00
Composteiras domésticas	50	R$ 5.085,00

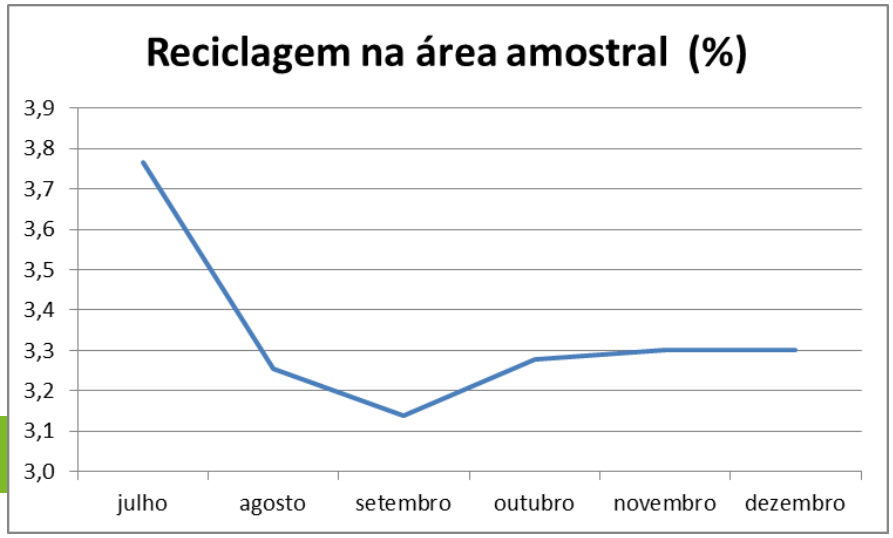
Valor total de investimento: R$ 134.799,60

Diagnóstico

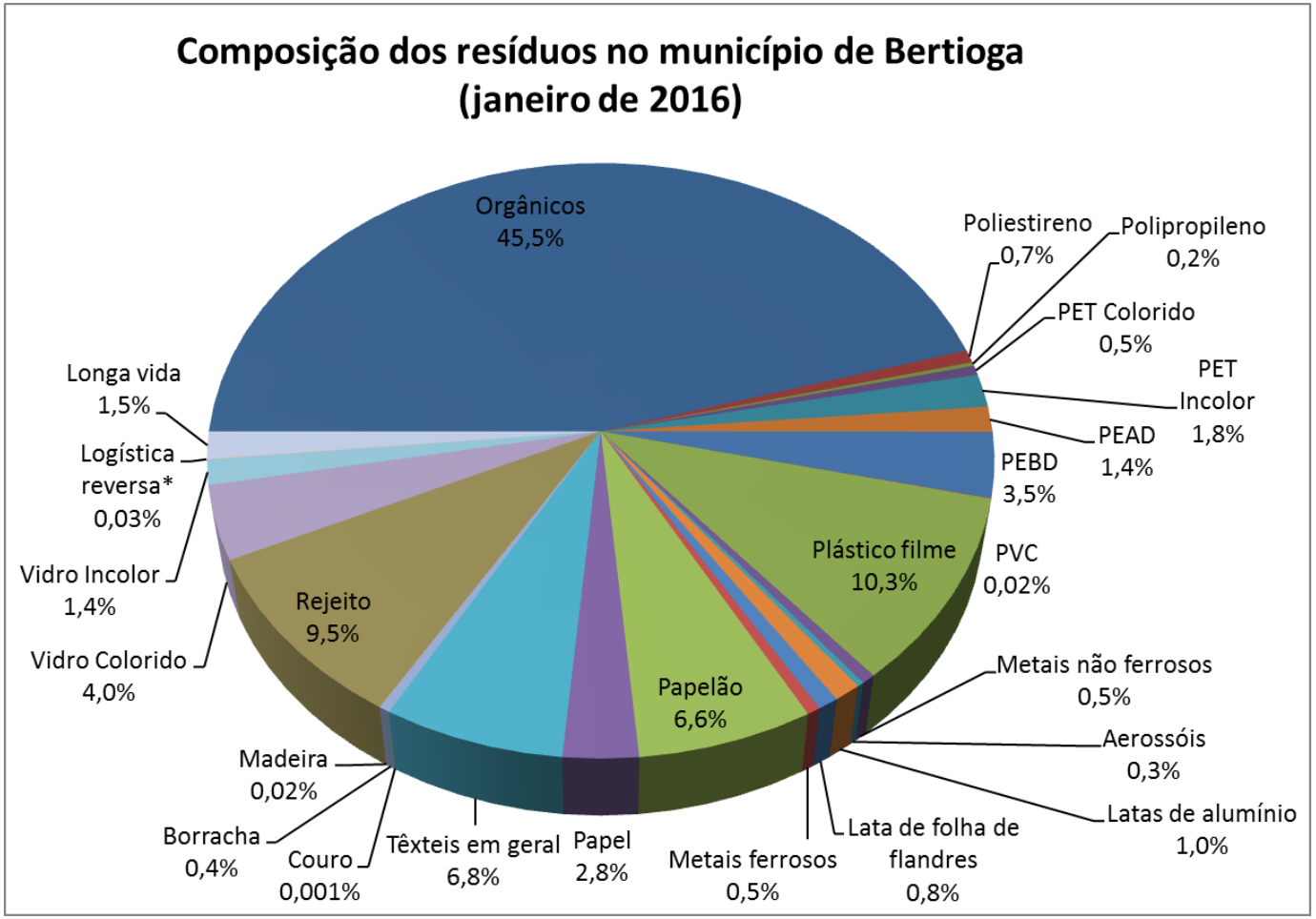
Anos	Massa – coleta regular (kg/dia)		Massa – coleta seletiva (kg/dia)		Coleta seletiva (%)	
	Área amostral	Bertioga (média)	Área amostral	Bertioga (média)	Área amostral	Bertioga (Média)
2016	2.070[1]	79.946	53[1]	1.411	2,9[1]	1,7
2017	-	84.426	-	1.916	-	2,2
2018a	3.486[2]	85.031	95[2]	2.382	2,7	2,8
2018b	2.946	71.864	102	2.375	3,3	3,3

[1]Março/2016; [2]Estimado

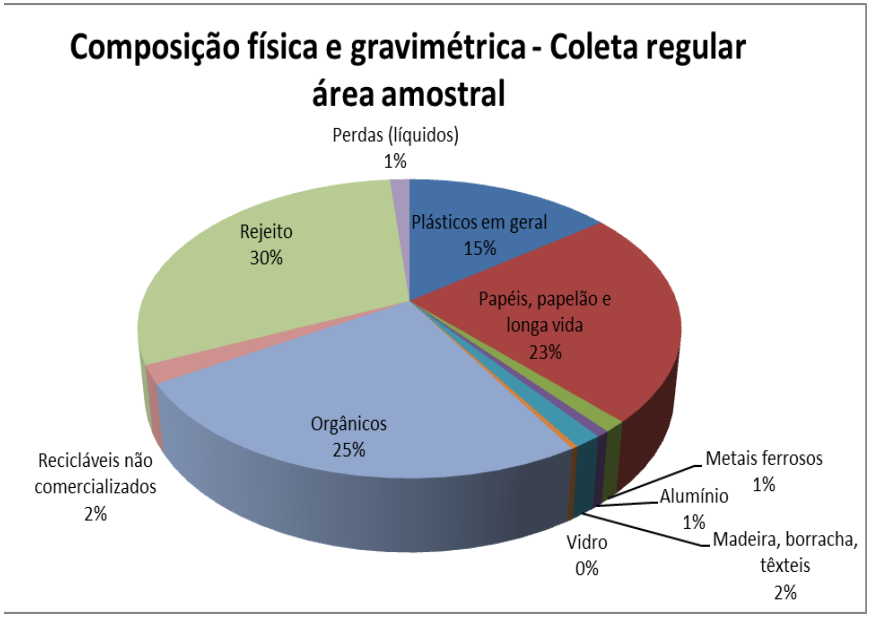
2018a: antes da conteinerização (janeiro a maio)
2018b: após a conteinerização (junho a dezembro)

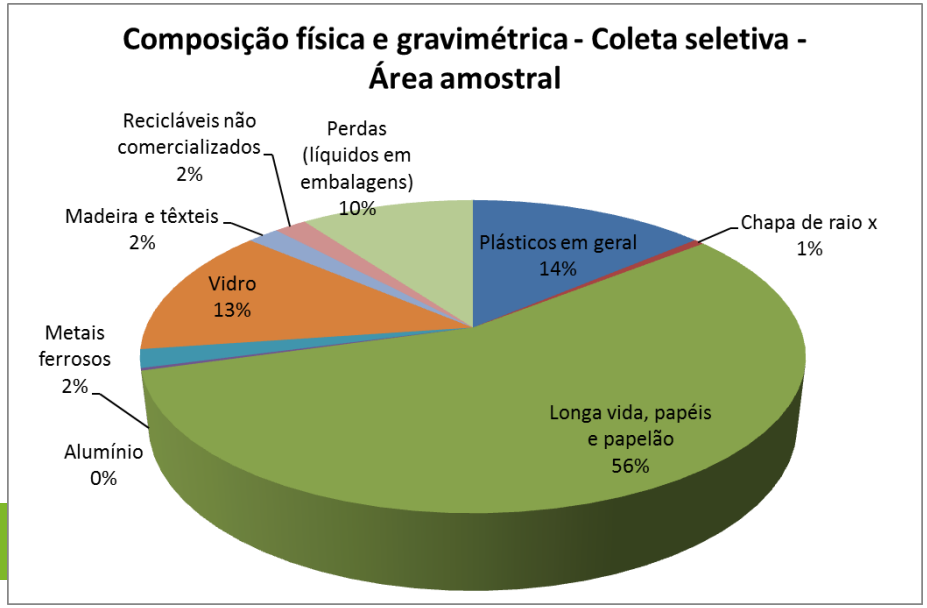


Composição gravimétrica (janeiro/2016)
Município de Bertioga
Coleta Regular

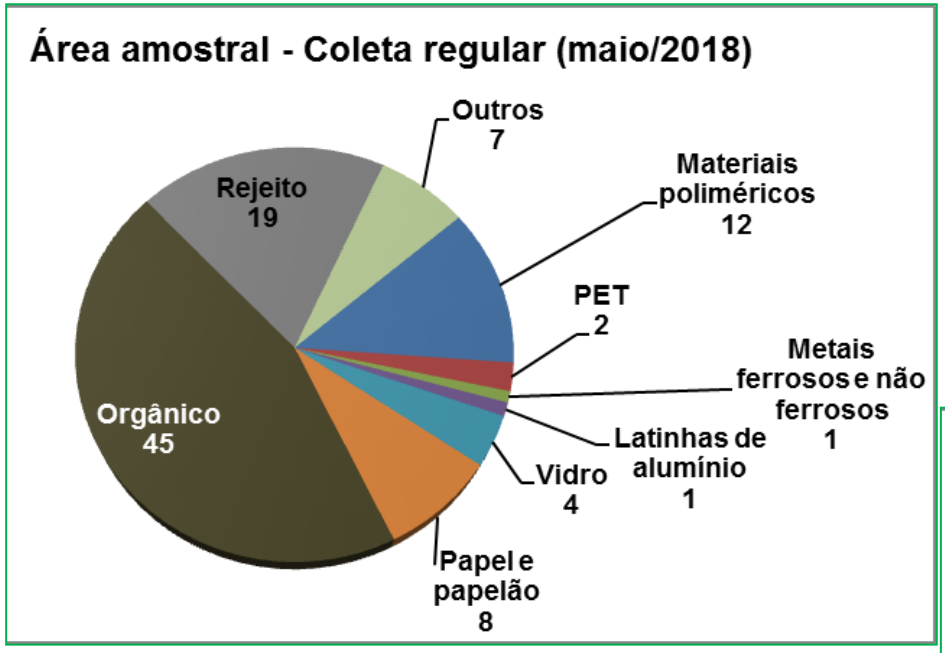


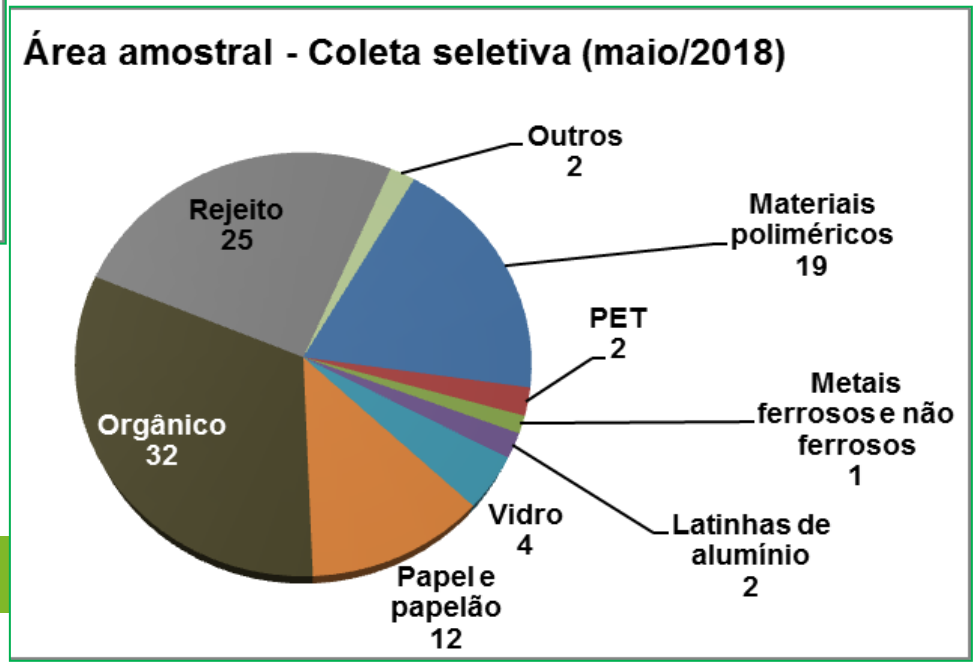
Composição gravimétrica (março/2016) Área amostral (coleta porta a porta)





Composição gravimétrica (maio/2018) Área amostral (coleta porta a porta)





Dispositivos para segregação/tratamento

Valor de investimento: R$ 136.799,60

Ações de comunicação e sensibilização

Cine Rua

Dezembro/2017

Um espaço de lazer para **discutir sobre o LIXO** na cidade, conhecer o projeto **RSU-Energia** e curtir uma noite de cinema entre amigos!

Ações de comunicação e sensibilização

Porta à porta

Abril/2018

ReCiclos Bertioga
transformando resíduos em oportunidades

Bertioga PREFEITURA DE JUNTOS FAZEMOS MAIS

ipt INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

Ação porta-a-porta: 18 a 21 de abril de 2018

Logradouro: Data:

Número da casa:

Residente ( ) Flutuante ( )

Quantas pessoas moram/frequentam a casa:

ontato:

efone:

ail:

ria de receber composteira doméstica? Sim ( ) Não ( )

pação na oficina? Sim ( ) Não ( ) Talvez ( )

guma iniciativa em relação aos resíduos?

ões:

DATAS IMPORTANTES

12/05 | Oficina de técnicas para reaproveitamento de resíduos, separação na fonte e montagem de composteiras domésticas (consultar local e horário no site)

14 e 15/05 | Instalação dos contêineres no bairro

14 a 25/05 | Distribuição de lixeiras no Viveiro "Seo Léo"
Endereço: Rua Manoel Gajo, 1080 (seg. a sex., 8h - 17h)

04/06 | Início da coleta de resíduos apenas nos contêineres

ReCiclos Bertioga
transformando resíduos em oportunidades

INFORMAÇÕES

reciclos.ipt.br
Para dúvidas, reclamações, sugestões e comentários:
reciclos@ipt.br
bertiogaea@gmail.com
Sec. de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Bertioga
(13) 3319-8034

Queremos melhorar a forma com que tratamos os **resíduos** em nosso município. Na Vila Itapanhaú será implantada uma **iniciativa piloto** e contamos com **sua participação** para conseguirmos bons resultados!

Além de melhorar a **limpeza do bairro**, o projeto vai aumentar a **reciclagem e reaproveitamento** dos resíduos, contribuindo para a preservação do meio ambiente!

Contamos com a participação de todos!

Vamos fazer de Bertioga uma cidade modelo em reciclagem e reaproveitamento de resíduos e preservação do meio ambiente!

A partir de agora, vamos separar os nossos resíduos em 3 tipos: recicláveis, orgânicos e rejeitos. Serão colocados, no bairro, contêineres azuis para o descarte dos recicláveis, verdes para os orgânicos e cinzas para rejeitos. Também, serão entregues, em cada residência, pequenas lixeiras para a separação dos orgânicos.

Bertioga | ipt | GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO

COMO DESCARTAR SEUS RESÍDUOS

Recicláveis:
Jornais, revistas, sacolas de papel e plástico, embalagens de plástico e papelão, papel alumínio, embalagens TetraPak, copos e talheres descartáveis, garrafas plásticas, garrafas e potes de vidro, caixa de ovo, latas de alumínio, fios, arames, folhas de papel, frascos de shampoo, detergente e materiais de limpeza, embalagens de alumínio.

Orgânicos:
Restos de alimentos crus e cozidos (inclusive carnes e peixes), restos de poda (folhas, galhos, grama), cascas de ovos, borra de café, filtro de café (de papel), madeira (sem pintura ou tratamento), ossos, sementes, flores, saquinhos de chá. **Não descartar sacolas plásticas!**

Rejeitos:
Papel higiênico, absorventes higiênicos, fraldas descartáveis, isopor, etiqueta adesiva, guardanapos e papéis sujos, bitucas de cigarro, clipes, grampos, esponja de aço, canos, espelhos, cerâmica, porcelana, lâmina de barbear, tubo de pasta de dente.

O que não pode ser descartado nos contêineres:
Pilhas e baterias, óleo de cozinha, lâmpadas fluorescentes, entulhos, eletrodomésticos, eletroeletrônicos, pneus, medicamentos, tintas, móveis, seringas, aerossóis. Para esses resíduos, existem locais de descarte específicos em Bertioga!

PARA ONDE IRÃO OS RESÍDUOS?

Os recicláveis irão para a cooperativa **Coopersubert**, gerando emprego e renda para diversas famílias. Os orgânicos serão tratados por **biodigestão e compostagem**, gerando energia e um composto de boa qualidade. Apenas os rejeitos, que são os materiais que não podem ser reaproveitados, serão enviados para o aterro sanitário.

COMO VAI FUNCIONAR?

Nos dias **14 e 15 de maio** os contêineres serão instalados no bairro e, entre os dias 14 e 25 de maio, as lixeiras estarão disponíveis para a retirada no **Viveiro de Mudas "Seo Léo"**.

Importante: A partir do dia **04 de junho**, não será mais realizada a coleta em sua porta, tanto dos resíduos comuns quanto dos recicláveis. Os pontos para descarte dos resíduos estarão entre 100 e 300 metros de sua residência!

Para mais informações sobre a área atendida, localização dos contêineres e como descartar, consulte o site: **reciclos.ipt.br**

ReCiclos

Maio/2018

Capacidade diária de
1,0 tonelada

Capacidade diária de
3,6 toneladas

Capacidade diária de
4,4 toneladas

Ações de comunicação e sensibilização

Site:
www.reciclos.ipt.br

Maio/2018

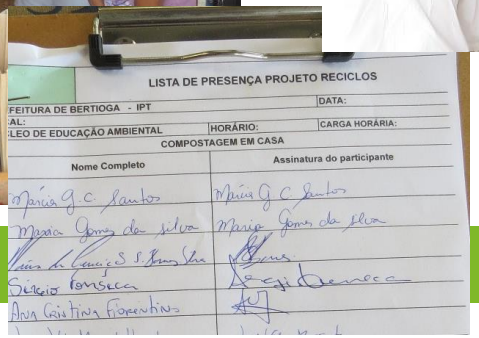
ReCiclos

Ações de comunicação e sensibilização

Maio/2018

Onde:

- ✓ orientamos como fazer a separação em três frações (Orgânicos, Rejeitos e Recicláveis) e primeiro contato com a compostagem doméstica;
- ✓ Distribuímos as lixeiras de cozinha;
- ✓ Cadastramos os interessados em receber uma composteira;

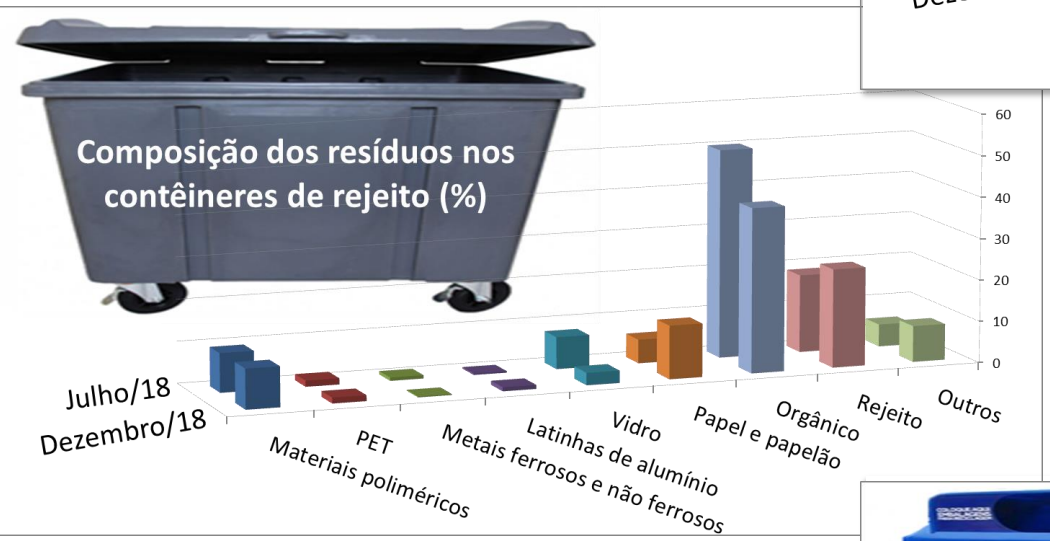


Operação e Monitoramento

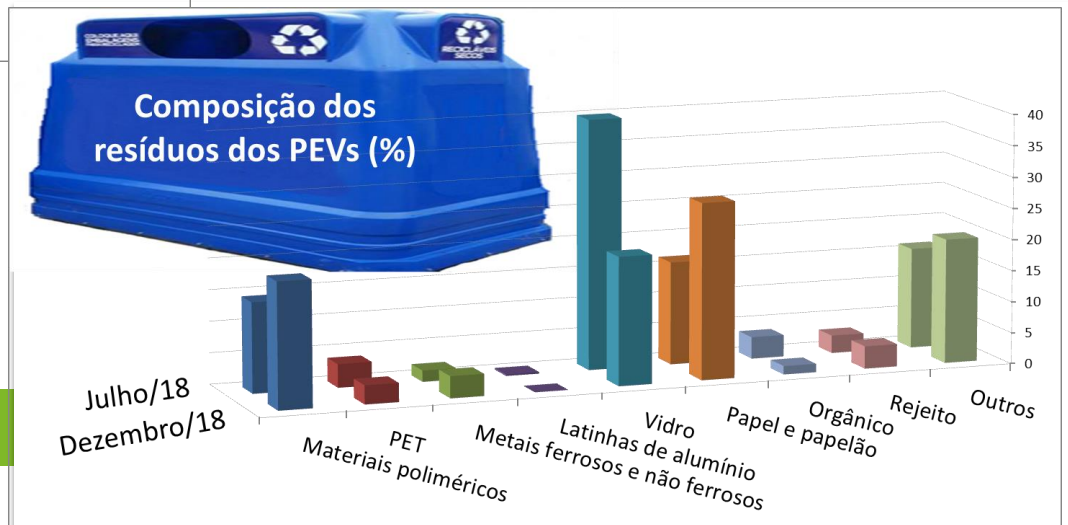
Junho/2018

- Inspeções visuais;
- Acompanhamento diário por meio de pesagens individualizadas da área amostral;
- Gravimetrias periódicas (bimestrais)

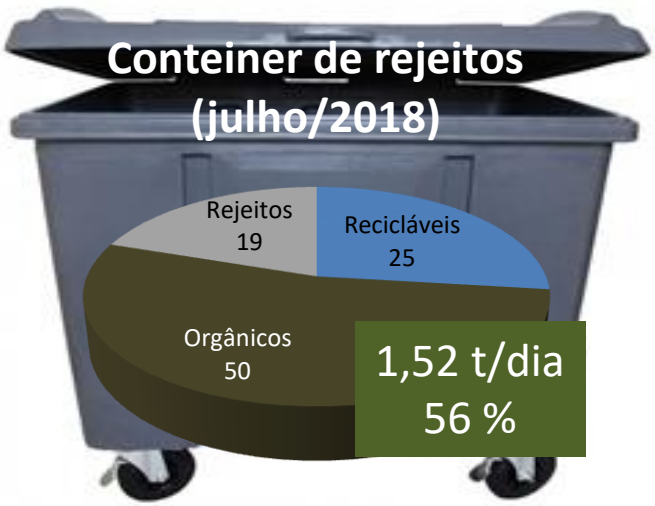
Composição gravimétrica junho/dezembro/2018 área amostral (coleta conteinerizada)

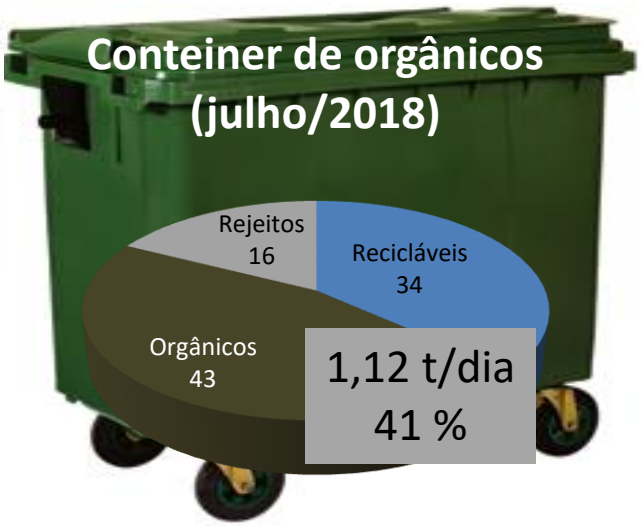


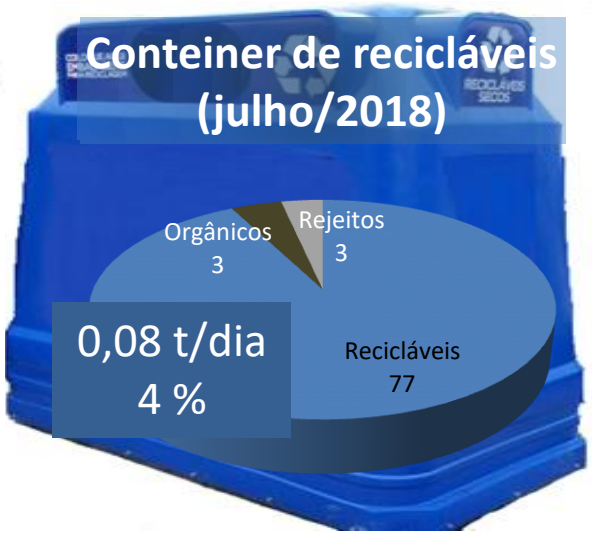
Outros: madeira, têxteis, borracha, longa vida.

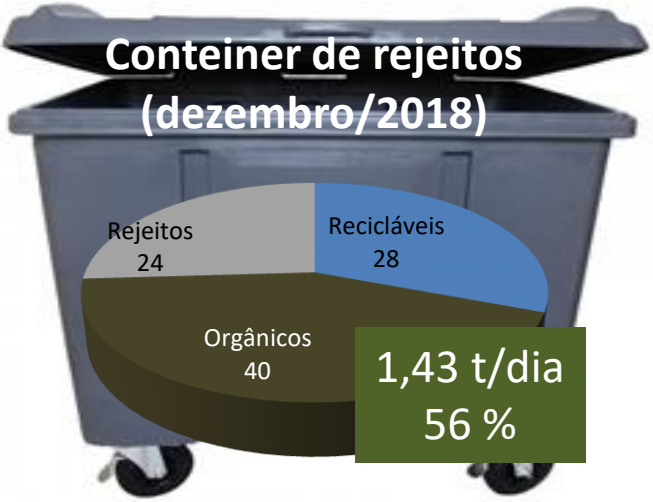


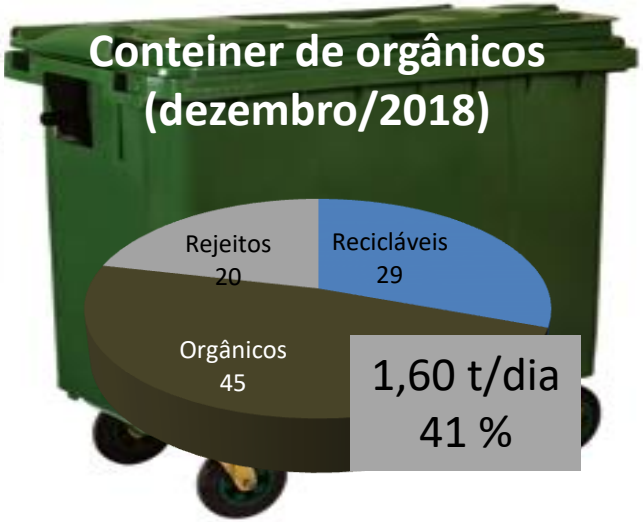
Monitoramento

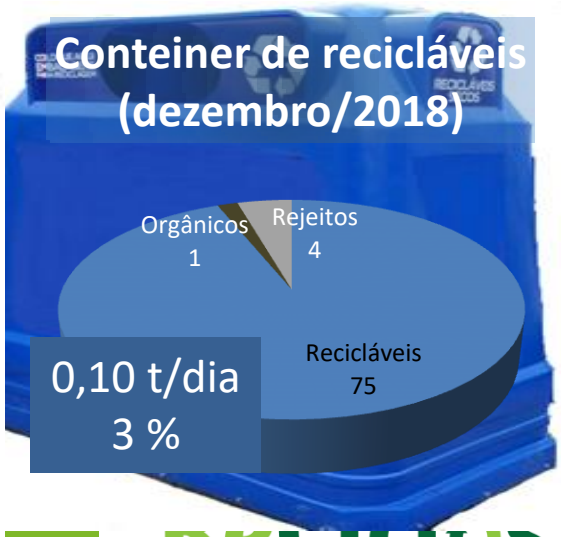






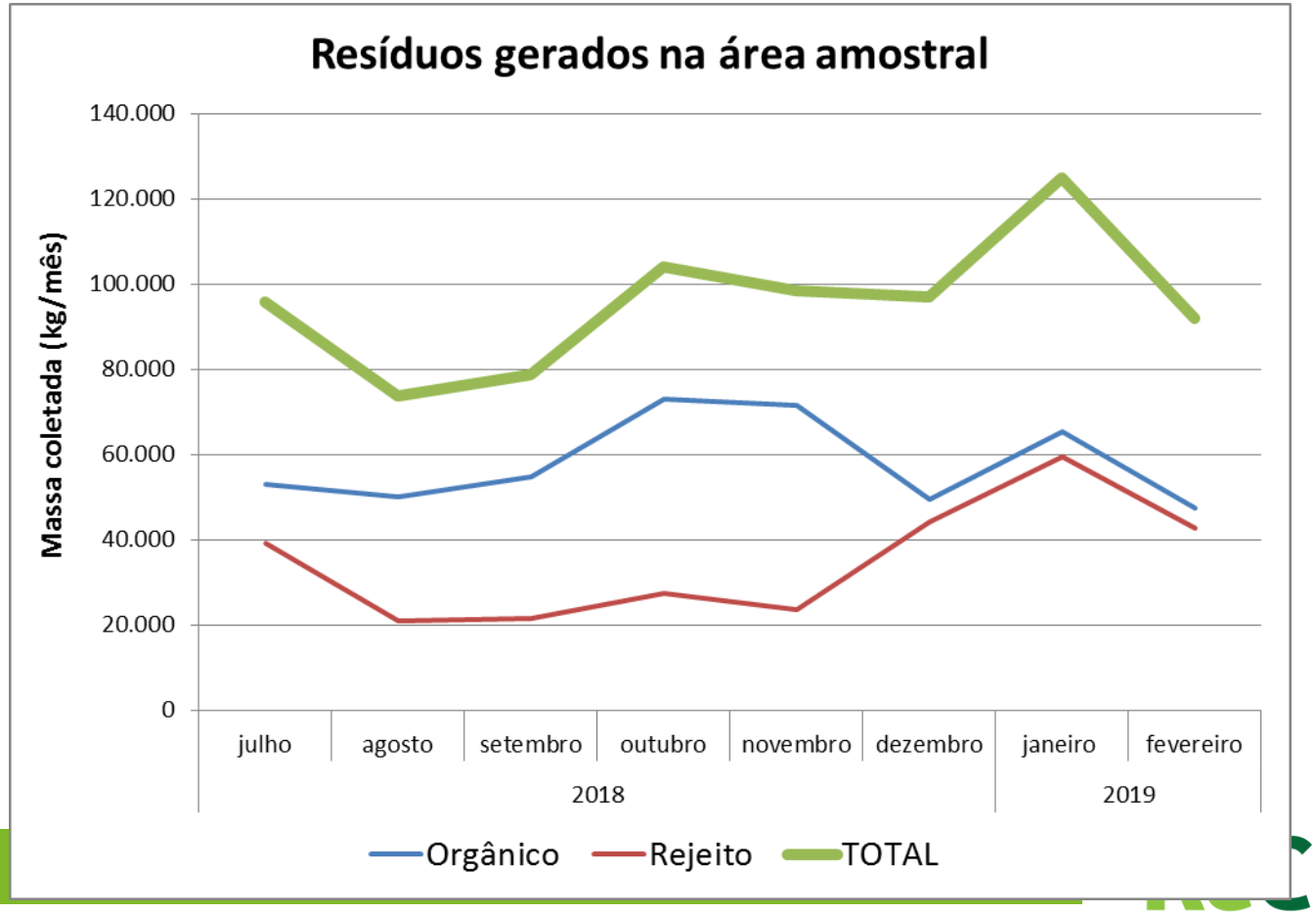






Monitoramento no transbordo

- Julho/2018 a fevereiro/2019



Taxa de segregação na fonte

Março 2016	Julho 2018	Dezembro 2018
0,05 t/dia	0,074 t/dia	0,103 t/dia

2,9 % → 3,8 % → 3,3 %

OBS: Julho 2018 = 2 meses de operação do sistema
Dezembro 2018 = 7 meses de operação do sistema

Obs. a queda em dezembro está relacionada com o aumento da quantidade de resíduos gerada na alta temporada.

Continuidade das ações de educação ambiental

- Instalação de novos contêineres;
- Ação porta-a-porta (Janeiro/2019);
- Distribuição de ímãs de geladeira, lixeiras para orgânicos e sacolas compostáveis;
- Oficina de compostagem e distribuição de composteiras domésticas.

Instalação de novos contêineres

- Aquisição e implantação de:
  - 5 contêineres de orgânicos
  - 5 contêineres de rejeitos
  - 1 PEV para recicláveis

- Objetivo: complementação da rede já implantada (diminuir distâncias entre grupos de contêineres em alguns pontos críticos identificados pela Prefeitura de Bertioga)

Ação porta-a-porta

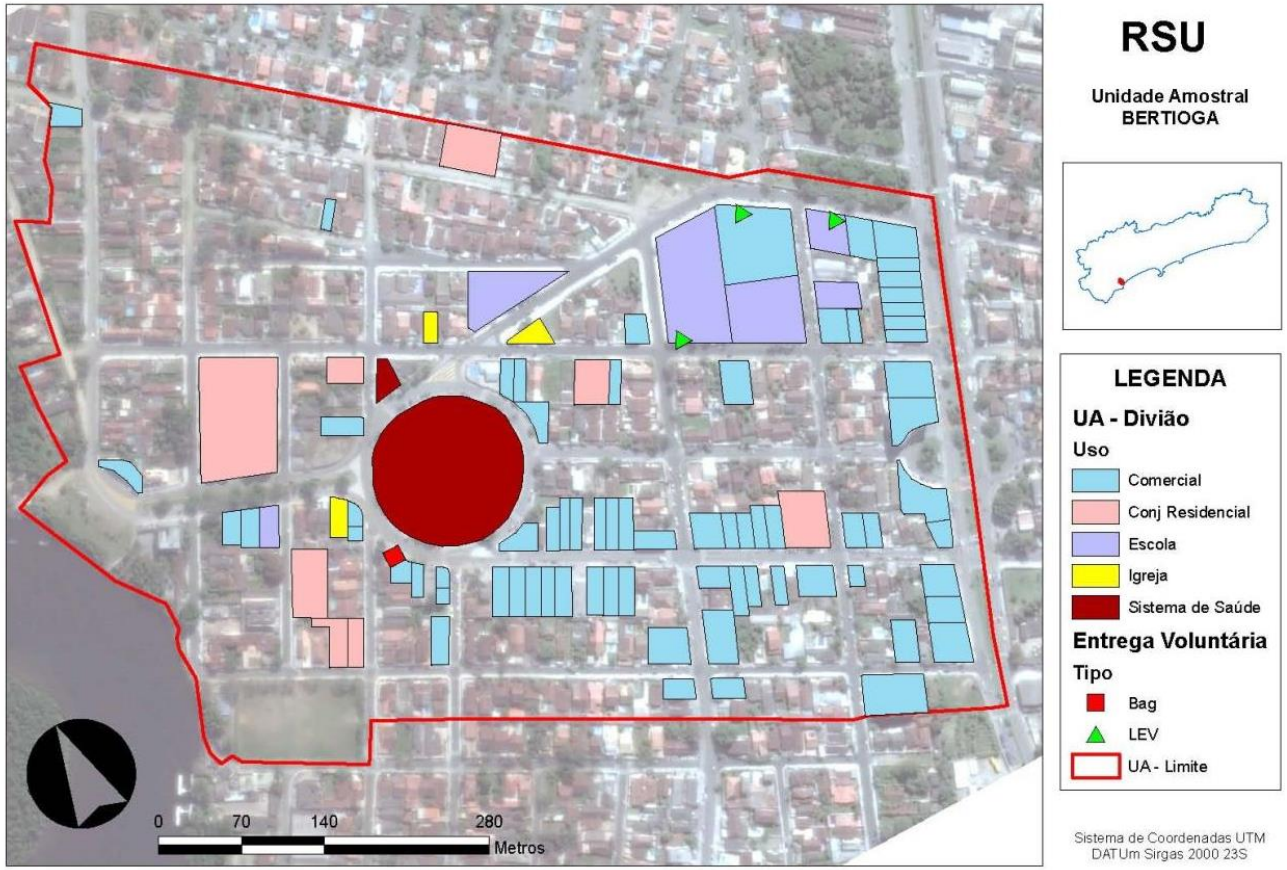
Período: 14 a 18/01

Objetivo: entrega de materiais, reforçar importância da separação dos resíduos, avaliar percepção da população sobre o projeto, atingir população flutuante.

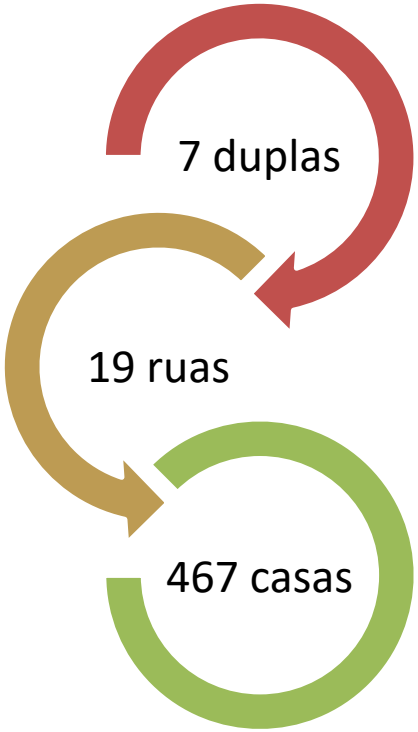
Atividades desenvolvidas:

- Entrega das lixeiras, ímã de geladeira e sacolas compostáveis (ficha de controle)

- Questionário direcionado a população para acompanhamento do projeto



Área amostral em Bertioga



Equipe porta-a-porta

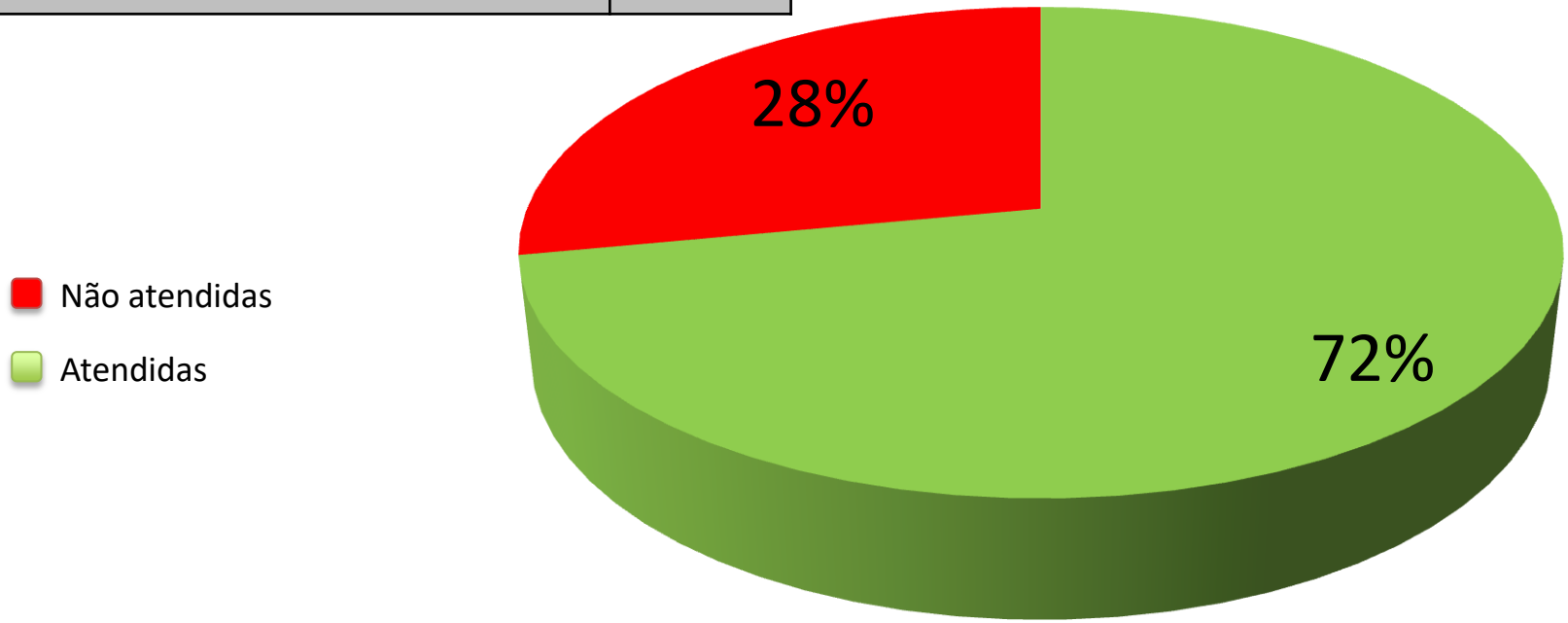
LRAC + LABGEO + SIRDEN

ReCiclos

Resultados

- Atendimento das casas

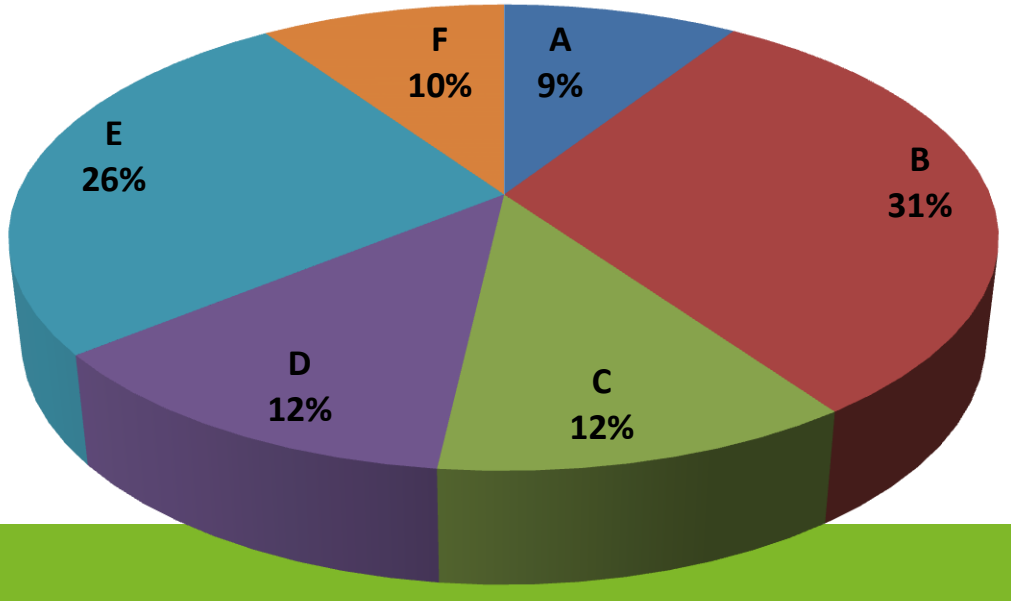
Número total de casas atualizado	464
Número de casas atendidas	334
Casas vazias/ veraneio	130



• Respostas dos moradores

Categoria	Descrição	Nº resposta
A	Presença de catadores irregulares	23
B	Falta de conscientização/ colaboração dos moradores	78
C	Caminhões misturam os containers na coleta	29
D	Problemas relacionados aos containers (depredação, falta de higiene, coleta, insetos)	31
E	Logística de distribuição (distância dos containers, poucos containers de recicláveis)	66
F	Outros	24

*Pessoas se mudaram a pouco tempo e não conheciam o projeto, muito lixo nas festas de final de ano, etc.



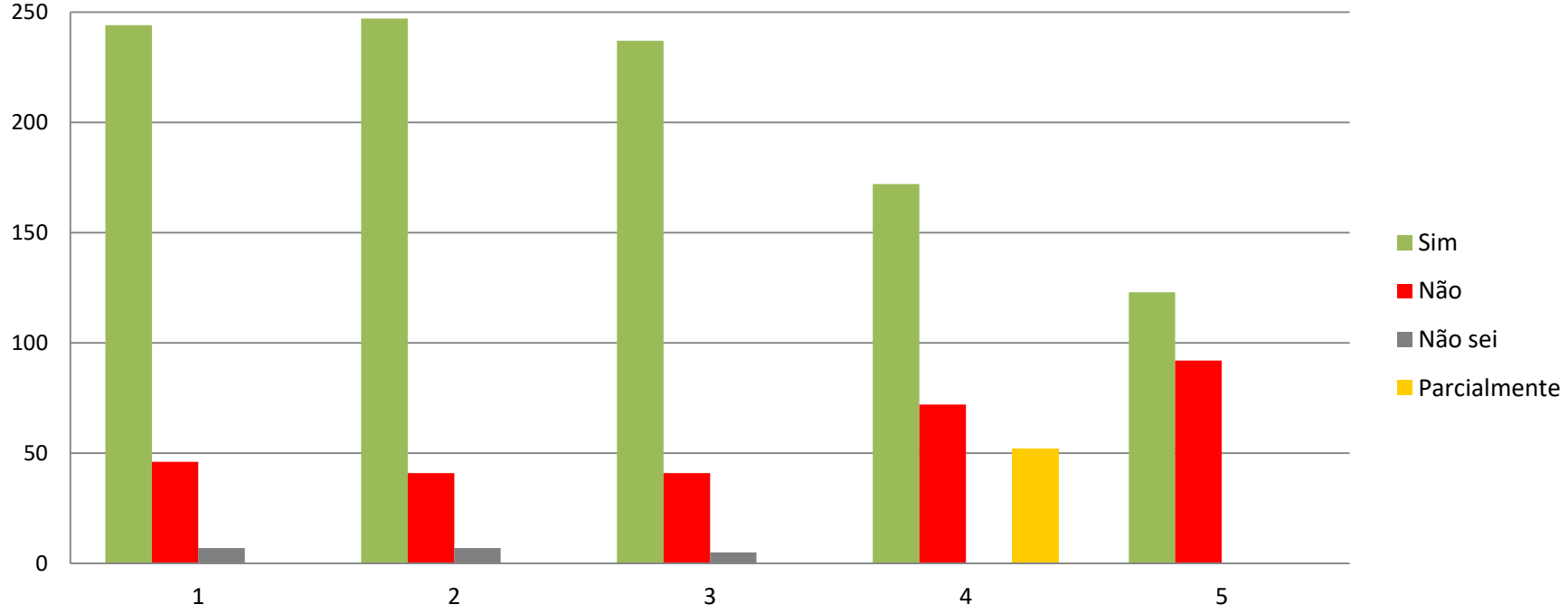
1. Você aprova o novo sistema de coleta de resíduos implantado em seu bairro?

2. Está clara para você a nova forma de separação dos resíduos?

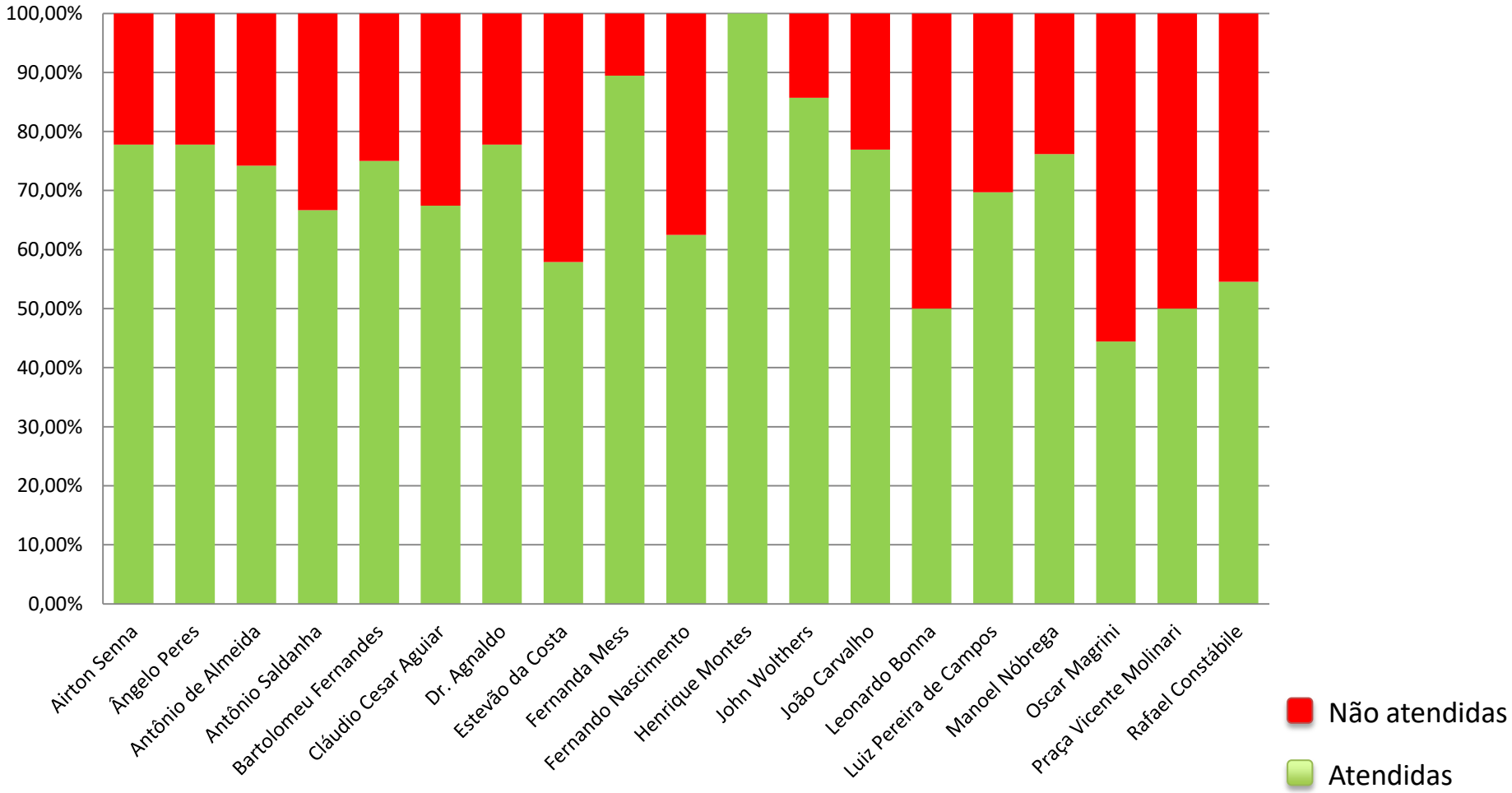
3. Você conseguiu identificar os containers para separação dos três tipos de resíduos no seu bairro?

4. Você está realizando a separação de seus resíduos nos três tipos em sua residência e descartando no container correto?

5. Você teria interesse/disponibilidade em visitar o centro de gerenciamento de resíduos de Bertioga?



- Porcentagem de atendimento por rua



Projeto "Reciclos"

Curtir Comentar Compartilhar •••

18

3 comentários
12 compartilhamentos

Prefeitura de Bertioga Seguir

778 visualizações · há ± 2 semanas ·

MEIO AMBIENTE 🌳 Equipes da Prefeitura e do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas visitaram moradores do Centro porta a porta, conscientizando quanto ao descarte correto de resíduos da área amostral do projeto "Reciclos". 🗑️ É uma ação pioneira no Estado de SP. Dê o play e confira ▶️

Saiba mais 👉 goo.gl/G9VgHP

Reportagem divulgada pela Prefeitura de Bertioga

Oficina de compostagem e distribuição das composteiras

Data: 19/01/19

Atividades desenvolvidas:

- Distribuição de composteiras domésticas
- Orientação da população quanto à montagem e manutenção do processo

ReCiclos

- Oficina de compostagem

20 participantes

13 composteiras distribuídas

ReCiclos

Novos materiais para comunicação

Faixa para implantação no bairro

Banner explicando a separação dos resíduos para implantação junto aos contêineres

Considerações sobre os resultados obtidos

- Módulo I
  - Segregação na fonte
    - Após a implantação dos PEVs na área amostral, observou-se, por meio dos trabalhos de composição gravimétrica dos ante e depois, uma redução de rejeitos presentes na coleta seletiva da área, ou seja, a destinação e coleta de recicláveis em PEVs resultaram em materiais de melhor qualidade do que quando coletados no sistema porta a porta;
    - Houve uma evolução no entendimento da diferença entre os contêineres de rejeito e de orgânico, por parte da população da área amostral, visto que observou-se um aumento da quantidade de resíduos orgânicos no contêiner de orgânicos e diminuição destes no contêiner de rejeito, conforme gravimetrias de julho e dezembro/18;

Lições aprendidas e Oportunidades de melhoria

- Módulo I
  - Segregação na fonte
    - Está se observando uma queda na porcentagem de reciclagem na área amostral entre os meses de julho a dezembro/2018. Os motivos podem ser:
      - A população se sente desestimulada devido a distância entre os PEVs e suas residências, ou não entendem que estes fazem parte do novo sistema instalado na região, devido às divergências de formato e localização instalados em relação aos contêineres de rejeito e orgânicos;
      - Os PEVs estão sendo alvos de catadores informais.

Módulo 2

Triagem mecanizada

Capacidade de processamento:

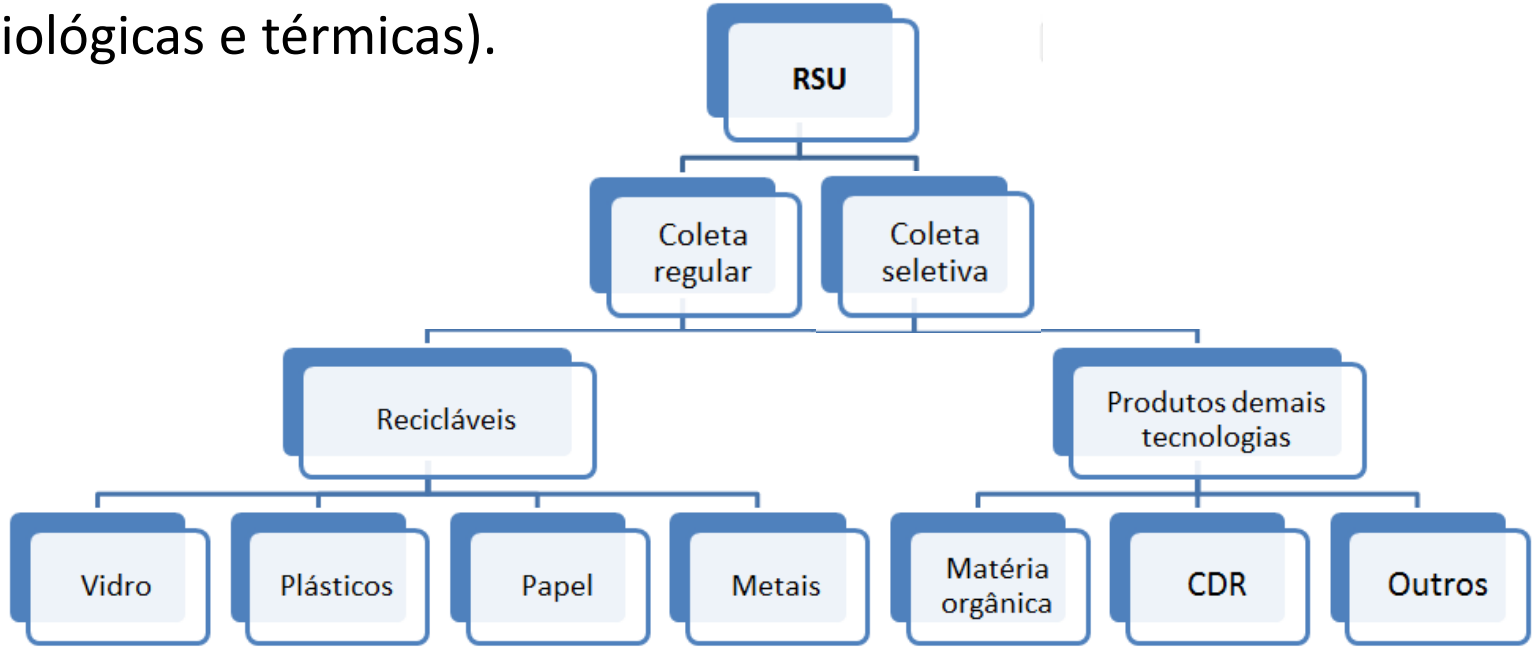
0,5 t/h

Módulo II

Triagem mecanizada

Conceito do módulo

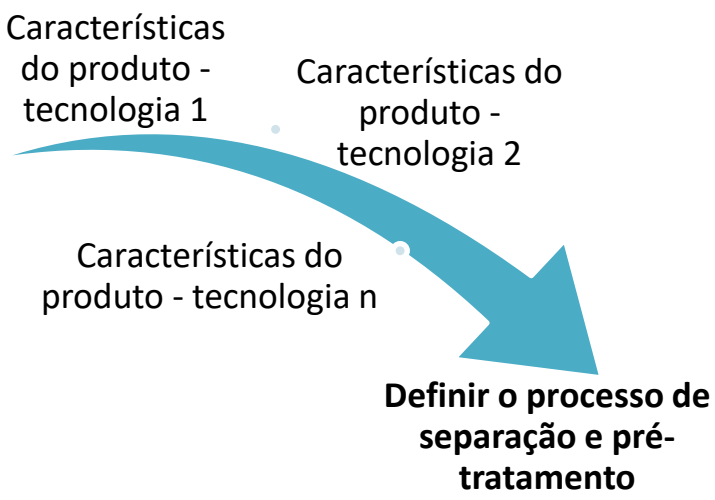
Aplicar tecnologias de processamento mecânico de RSU visando à recuperação de valor dos resíduos, por meio da separação de recicláveis e da obtenção de produtos para as demais tecnologias (rotas biológicas e térmicas).

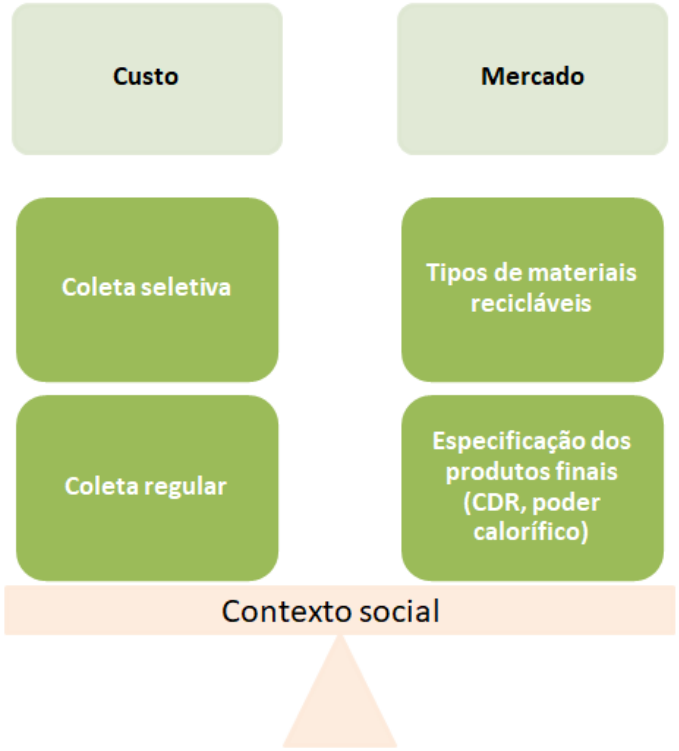


Módulo II

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

Tipos de triagem disponíveis

Triagem manual

- todo processo de separação é realizado manualmente com o auxílio de uma correia transportadora.

Triagem semi-mecanizada/semi-automática

- inclusão de alguns equipamentos que permitem a melhora do processo de separação (ex: rasga sacos, peneira rotativa e separador magnético). A separação dos materiais continua sendo prioritariamente manual.

Triagem mecanizada/automática

- Todo processo de separação do RSU é realizado por equipamentos (ex: separador balístico, separadores óticos, separadores magnéticos para metais ferrosos e não ferrosos). “Dispensa” a separação manual. Controle de qualidade dos produtos separados feito por pessoas e manualmente.

Módulo II

Atividades desenvolvidas e previstas

Prospecção de alternativas tecnológicas

- Tecnologias mundiais
- Tecnologias aplicadas no Brasil

Chamada pública de fornecedores

- Equipamentos presente no mercado
- Orçamento

Layout

- Definição de capacidade da planta (500kg/h)
- Definição do fluxograma do processo
- Definição do Layout da planta

Compra de equipamentos

- Memorial descritivos
- Contratação das empresas

Instalação

- Adequação da infraestrutura
- Recebimento dos equipamentos
- Instalação e *start up* da planta

Testes operacionais

- 3 campanhas de testes com os resíduos da área amostral
- Balanço de massa
- Constatação de alguns problemas operacionais
- Adequação do equipamento

Prova de conceito

- **Operação contínua entre 7 a 15 dias** dos resíduos da área amostral.
- **Determinação da eficiência do processo de triagem semi-mecanizada**

Em andamento

Tecnologia	Finalidade	Prospecção tecnológica		Brainstorming com Fornecedores	Visitas Técnicas	Oportunidades identificadas
		Artigos	Empresas			
Peneiramento	Separação por tamanho (essencial para orgânicos)	Navarotti e Llauro (2012); Jucá (2012); Cimpan, C. et al., (2015).	Grupo Vauché Umotorno Stadler Küttner	Stadler Masias Küttner Rika Bioware	Ecourbis – São Paulo Ecoparque-Piracicaba	Oportunidade de parceria com as empresas Stadler, Masias, Küttner e Rika.
Separação Balística	Separação densitária (materiais 2D e 3D)	Navarotti e Llauro (2012); Jucá (2012); Cimpan, C. et al., (2015).	Grupo Vauché Stadler Küttner	Stadler Masias Küttner Steinert Rika	Ecourbis – São Paulo	Oportunidade de parceria com as empresas Stadler, Masias, Küttner, Steinert e Rika.
Separação ótica	Separação por propriedades físicas e químicas (por exemplo, cor)	Navarotti e Llauro (2012); Jucá (2012); Cimpan, C. et al., (2015).	Titech Pellenc ST Steinert	Tomra / Titech Steinert	Ecourbis – São Paulo	Oportunidade de parceria com as empresas Tomra/Titech e Steinert.
Separação magnética - eletroímã	Separação dos metais ferrosos	Navarotti e Llauro (2012); Jucá (2012); Cimpan, C. et al., (2015).	Metalmag Steinert	Steinert Rika Bioware	Ecourbis – São Paulo Ecoparque-Piracicaba	Oportunidade de parceria com as empresas Steinert e Rika.
Separação magnética – Eddy current	Separação dos metais não ferrosos	Navarotti e Llauro (2012); Jucá (2012); Cimpan, C. et al., (2015).	Metalmag Steinert	Steinert Rika Bioware	N/A	Oportunidade de parceria com as empresas Steinert e Rika
Shredder	Trituração de RSU	Navarotti e Llauro (2012); Jucá (2012); Cimpan, C. et al., (2015).	Umotorno Lippel	Metso	N/A	Oportunidade de parceria com a empresa Metso
Abertura de sacos	Rasgar os sacos plásticos que acondicionam o RSU	Navarotti e Llauro (2012); Jucá (2012); Cimpan, C. et al., (2015).	Grupo Vauché Umotorno Stadler	Stadler Masias Bioware	Ecourbis – São Paulo Ecoparque-Piracicaba	Oportunidade de parceria com as empresas Stadler e Masias
Transportador de correia	Movimentação de material entre as operações unitárias	Navarotti e Llauro (2012); Jucá (2012); Cimpan, C. et al., (2015).	Kaufmann MRS Fragmaq	N/A Bioware	Ecourbis – São Paulo Ecoparque-Piracicaba Bertioga	N/A

Módulo II
Chamada pública de fornecedores

As tecnologias comerciais de processamento mecanizado de resíduos foram desenvolvidas para processamento de RSU na Europa e EUA (com segregação dos resíduos na fonte).

Um dos desafios do módulo II foi desenvolver fornecedores locais para processamento de pequenas quantidades de RSU e adaptar as tecnologias existentes para a realidade de Bertioga.

Dificuldades

- Preço equipamentos importados
- Capacidade elevada dos equipamentos comerciais

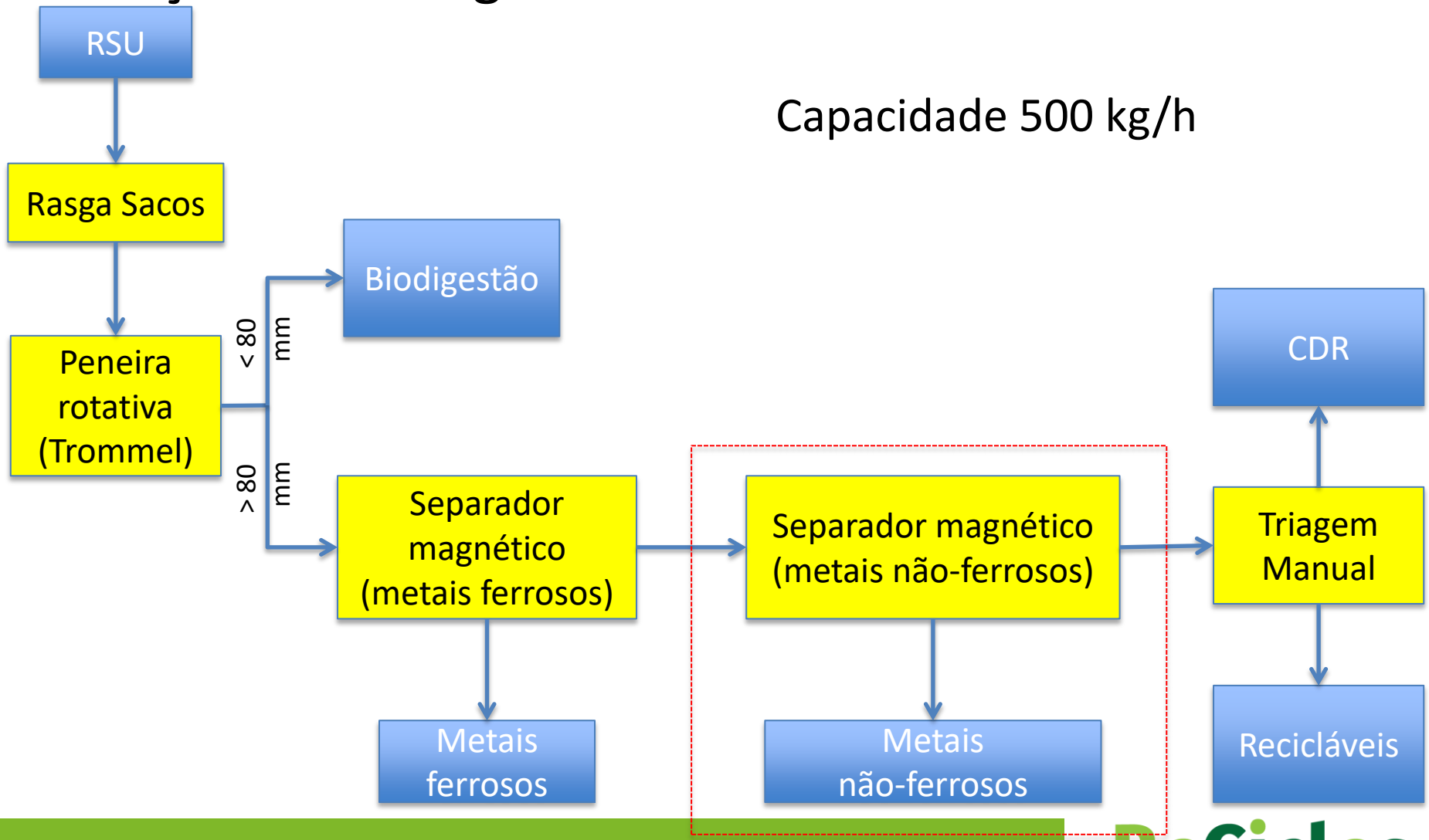
Desafios

- Desenvolver processo que funcione para nosso RSU
- Desenvolver fornecedores nacionais
- Adaptação da tecnologia

Módulo II

Definição de Fluxograma

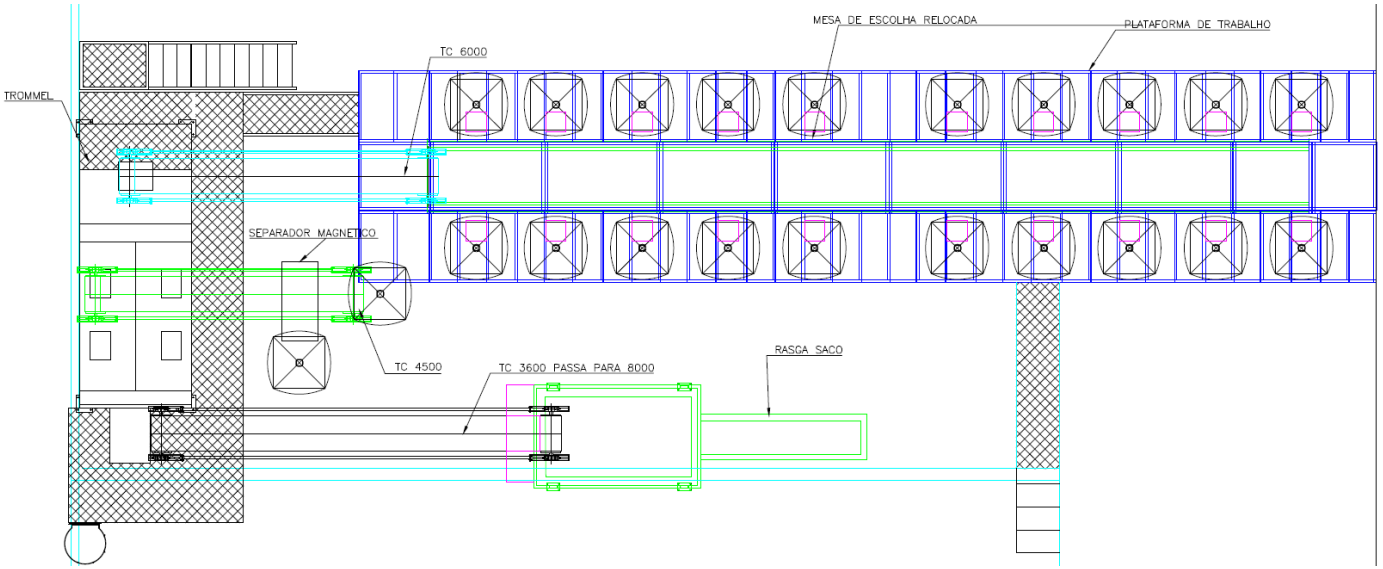
Capacidade 500 kg/h



Módulo II

Definição de Layout

Planta Baixa



Capacidade de processamento da planta **3 t/dia**

500 kg/h em turnos de 6h.

Valor de investimento

Material	Quantidade	Investimento
Rasga-saco	1	R$ 96.740,00
Unidade de separação (trommel + estrutura para triagem e transportadores de correia)	1	R$ 266.200,00
Separador magnético	1	R$ 23.500,00
Prensa enfardadora	1	R$ 31.950,00

Valor total de investimento: R$ 418.390,00

Módulo II

Instalação da Planta de triagem mecanizada

Módulo II

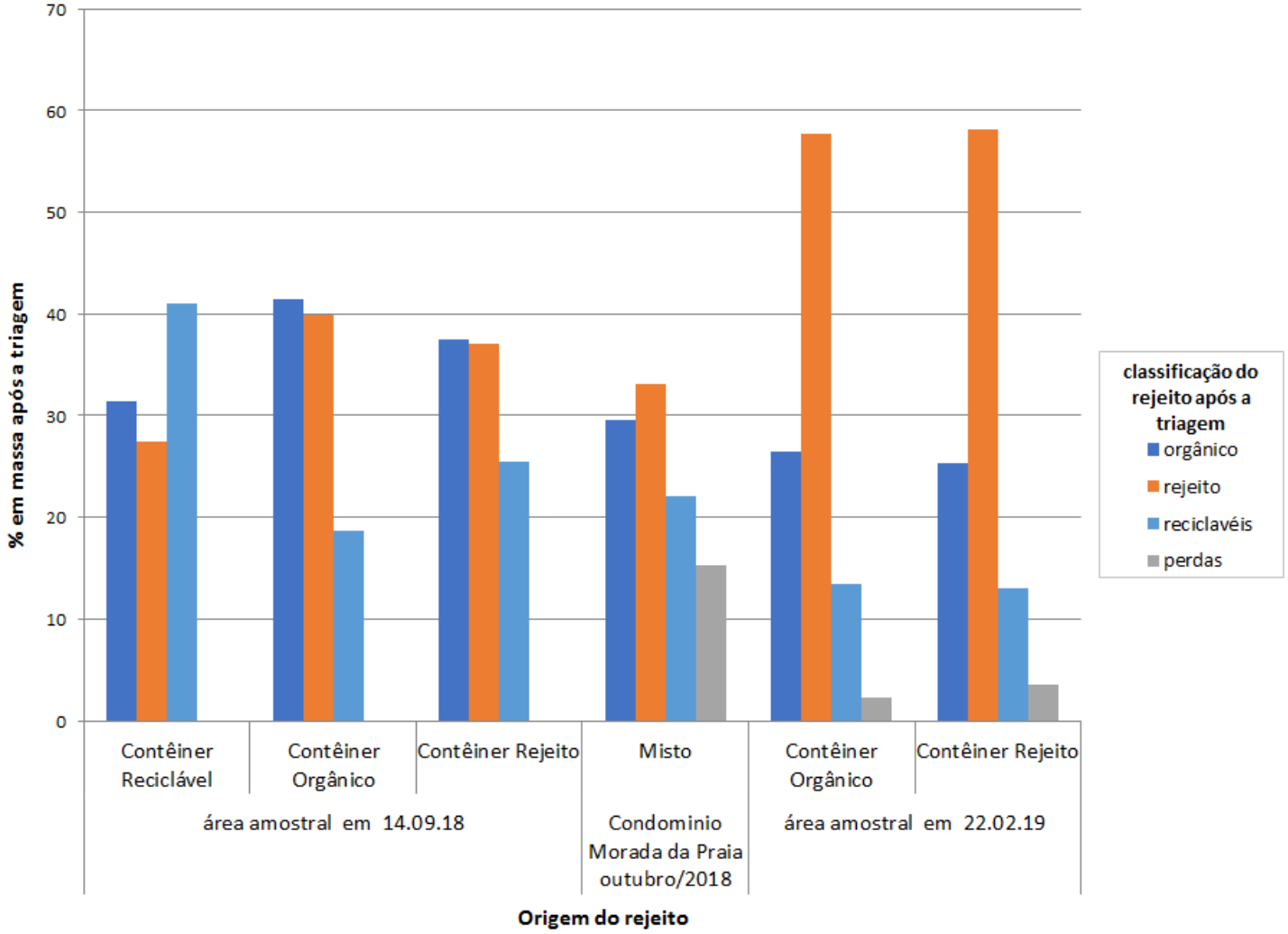
Ensaios realizados na planta de triagem

Foram realizadas 3 campanhas de ensaios na planta piloto de triagem:

Ensaio	Data	Área analisada	Resíduo	Contêiner	Massa de entrada (kg)	Tempo de operação
1	14.09.18	Área amostral	Reciclável	azul	110	0h30
	14.09.18	Área amostral	Orgânico	marrom	1150	1h30
	14.09.18	Área amostral	Rejeito	cinza	450	0h47
2	10/2018	Condominio Morada da Praia	Misto	-	3750	3h40
3	22.02.19	Área amostral	Orgânico	marrom	1800	1h08
	21.02.19	Área amostral	Rejeito	cinza	2660	1h48

Módulo II

Resultados obtidos na planta de triagem



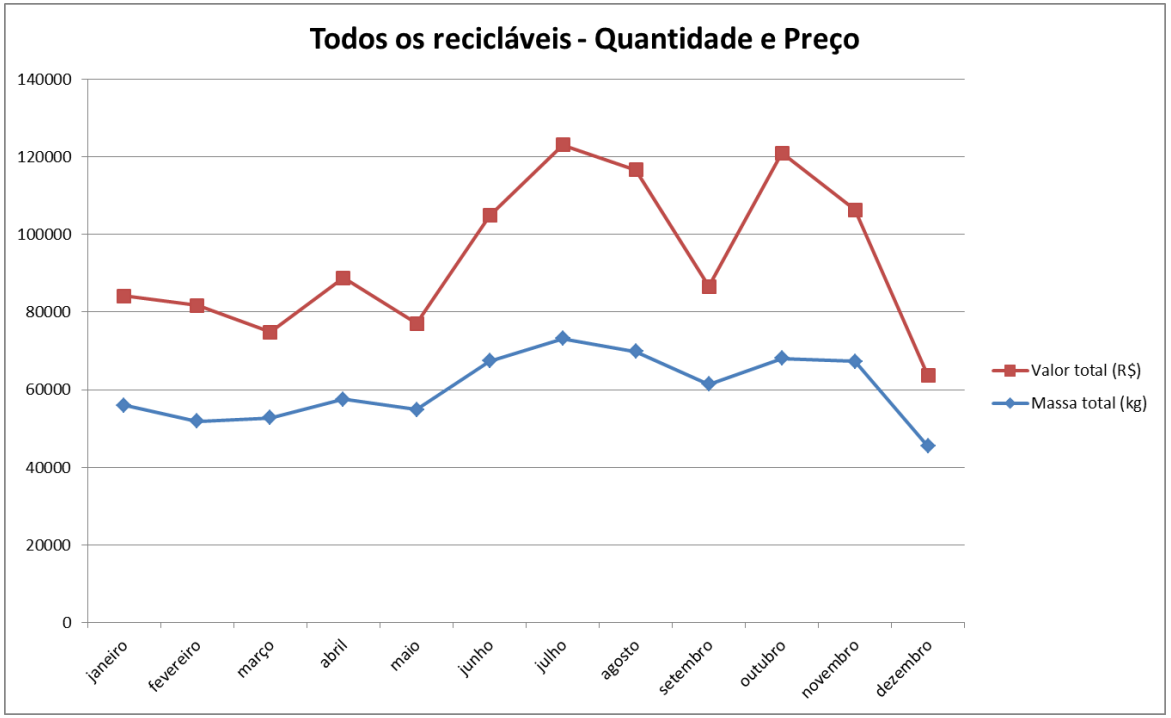
Módulo II

Resultados obtidos na planta de triagem

- Os ensaios realizados com resíduos da área amostral mostraram aumento expressivo da quantidade de rejeito obtida na planta de triagem e diminuição da quantidade de orgânico.
  - O rasga saco não operou da forma esperada, prejudicando as etapas subsequentes do processo.
  - Como muitos sacos não foram abertos pelo equipamento, passaram pelo trommel e só foram abertos manualmente na esteira de separação. A fração orgânica em um saco não aberto se reportou indevidamente à esteira de triagem, e foi classificada como rejeito.
  - A velocidade de alimentação da planta piloto de triagem também foi limitada pela ineficiência do rasga sacos.

Módulo II

Resultados obtidos na cooperativa



Instalação da planta

Média janeiro a maio		Média junho a dezembro
54,6 t	↑ 18 %	64,6 t
R$ 26.723	↑ 44 %	R$ 38.520

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 II

Resultados obtidos na cooperativa

O aumento do total recebido pela venda num mês não necessariamente se reflete em aumento da quantidade vendida, pois o valor negociado depende de:

- tipo de reciclável
- quantidade disponível no mercado (oferta/demanda)
- quantidade disponível para venda (relaciona-se com frete/disposição do comprador retirar)

Módulo II

Oportunidades de melhoria na cooperativa

- Logística
  - Gargalo: operação de enfardamento não atende a demanda de RSU processada
    - Descompasso entre material processado na triagem e produtos prontos para expedição
    - Gera acúmulo de estoque
- Curso
  - NTMPE já dispõe de curso voltado à otimização de separação de materiais recicláveis em cooperativas
- Espaço
  - Falta de espaço para armazenar os fardos em local coberto (para não perder valor do material)
    - Falta de empilhadeira impede o empilhamento dos fardos e dificulta o carregamento de caminhões para venda de produtos

Módulo 3

Digestão anaeróbia

Redução estimada
da fração orgânica

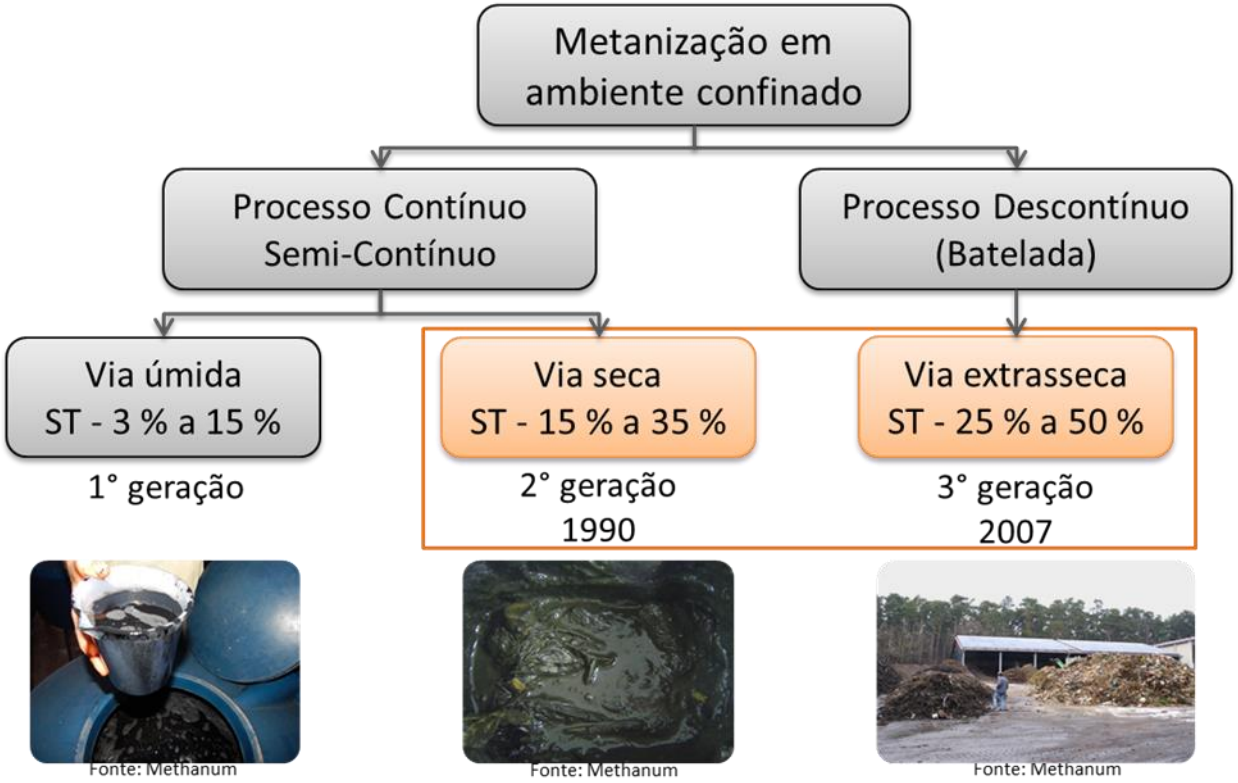
2 t/dia

ReCiclos

Módulo III

Avaliação de Tecnologias

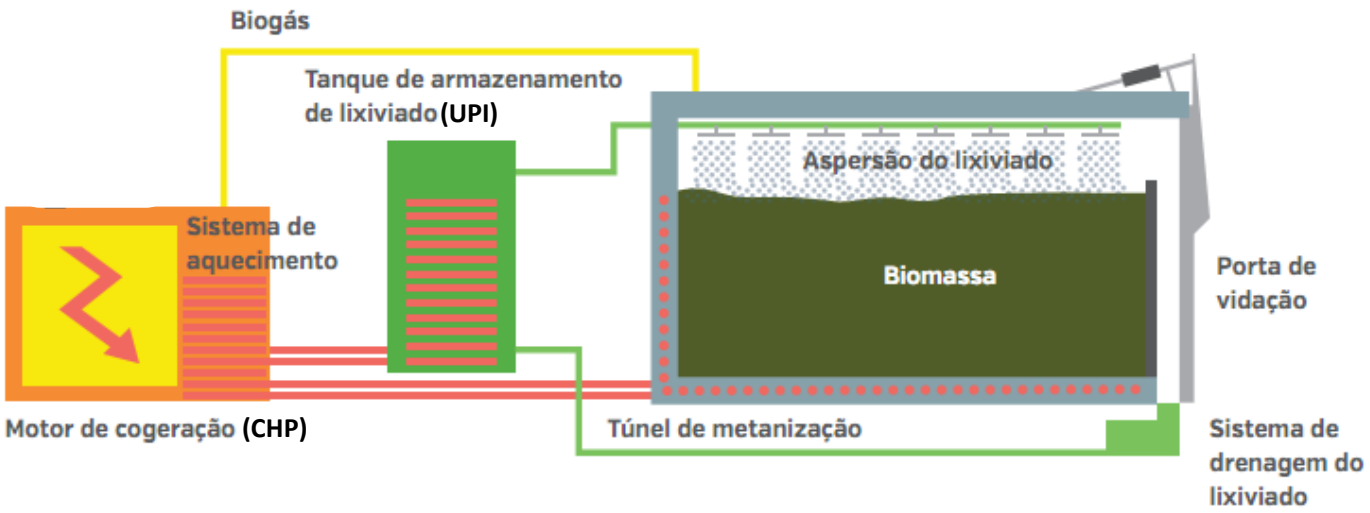
Existem diversas tecnologias de produção de metano por biodigestão anaeróbia em escala comercial disponíveis no mercado.



Módulo III

Processo de Biodigestão

A tecnologia extra-seca é um processo que se baseia em túneis de metanização com recirculação de lixiviado.



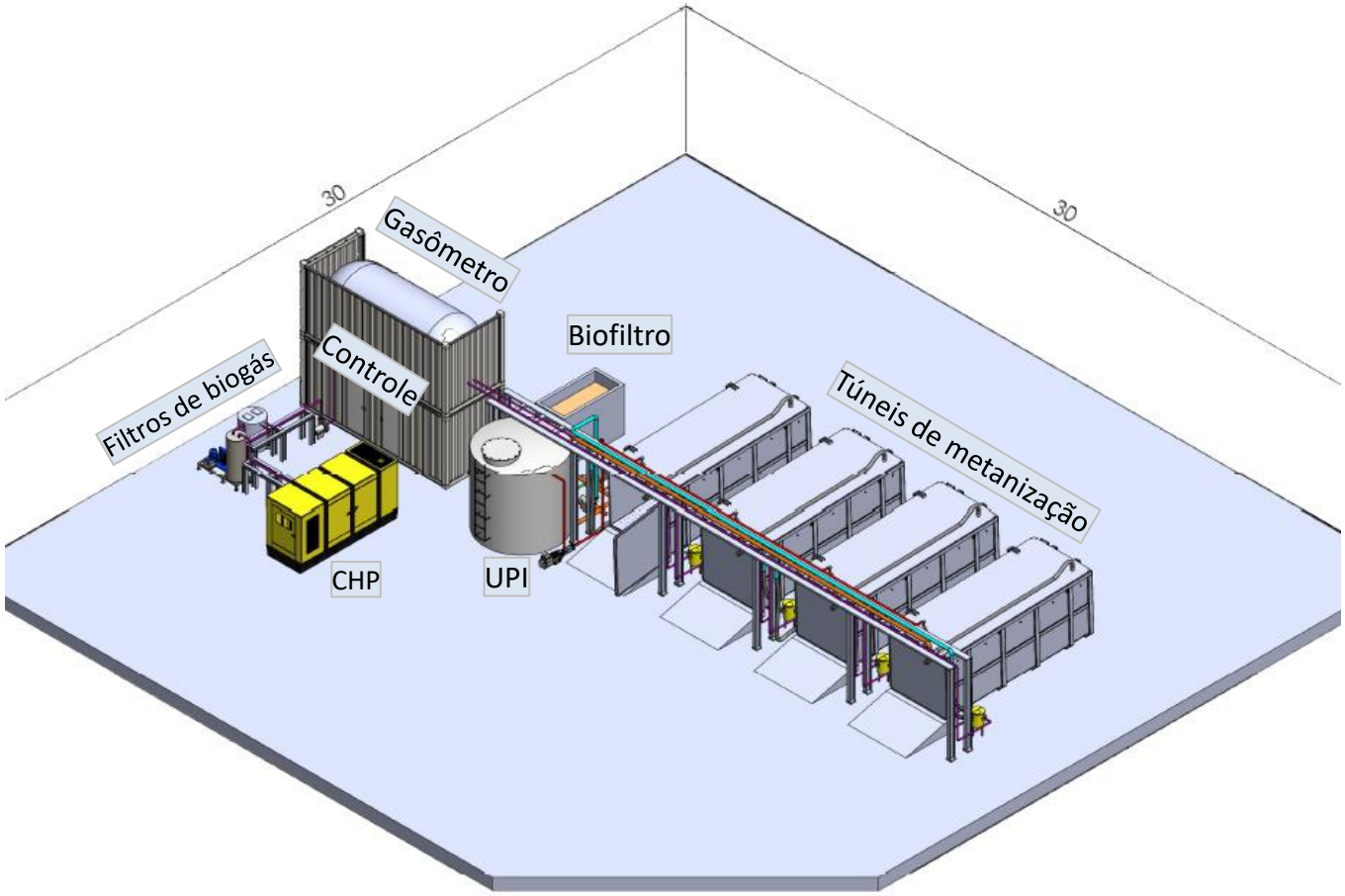
Módulo III

Planta de Biodigestão Anaeróbia

A planta piloto instalada em Bertioga foi baseada na tecnologia extra-seca e desenvolvida pelo IPT e contruída pela empresa Methanum.

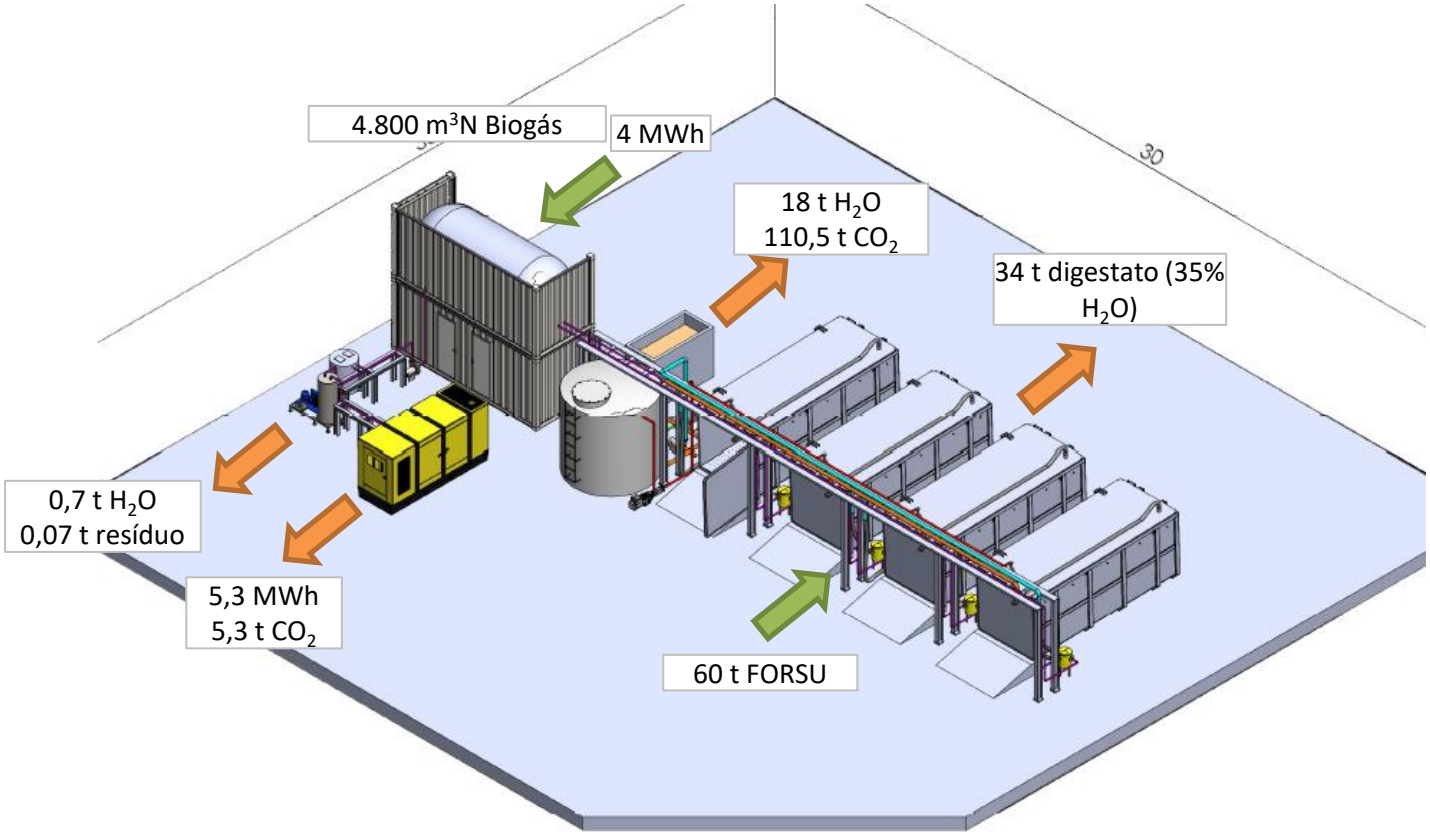
Módulo III

Planta de Biodigestão Anaeróbia



Módulo III

Balanço de massa da planta piloto



Os Túneis tem capacidade de 80t/mês entretanto, 20t são de material reprocessado que funciona como inóculo.

Valor de investimento

Material	Quantidade	Investimento
Biodigestor	1	R$ 1.360.000,00

Módulo III

Balanço de massa da planta piloto

- A planta piloto tem um capacidade bem menor que uma planta comercial e portanto espera-se que a mesma também tenha uma menor eficiência energética;

- A geração de energia elétrica excedente na planta piloto é esperada como 0,022MWh/t FORSU, consumindo 75% da energia gerada;

- O balanço de massa para uma planta comercial de 45 t-dia mostra que a energia consumida deverá ser de apenas 26% da energia gerada;

- Não se espera que a mudança de escala altere as eficiências de geração de metano e portando, com exceção da energia gerada e consumida, o balaço de massa da planta piloto e de uma planta comercial deverão ser idênticos.

Módulo III

Operação da planta piloto

Comissionamento de equipamentos

A primeira parte da operação da planta piloto consistiu do comissionamento dos equipamentos da planta:

- Linhas e bombas de circulação de lixiviado;
- Aspersores de lixiviado;
- Estanqueidade dos tanques;
- Sistema de automação;
- Ventilador e linha de areação.

Módulo III

Operação da planta piloto

Comissionamento de equipamentos - resultados

- UPI apresentou vazamentos devido a rachaduras (reforma efetuada);
- Os outros equipamentos comissionados não apresentaram problemas.

Módulo III

Operação da planta piloto

Comissionamento de operação

Após o comissionamento dos equipamentos foi executado o comissionamento de operação da planta piloto em fase aeróbia e anaeróbia:

- Carga dos túneis com resíduos de restaurante;
- Carga de inóculo na UPI;
- Carga de FORSU do modulo III

Tanto os resíduos de restaurante como o inóculo foram fornecidos pelo SESC-Bertioga.

Módulo III

Operação da planta piloto

Comissionamento de operação - resultados

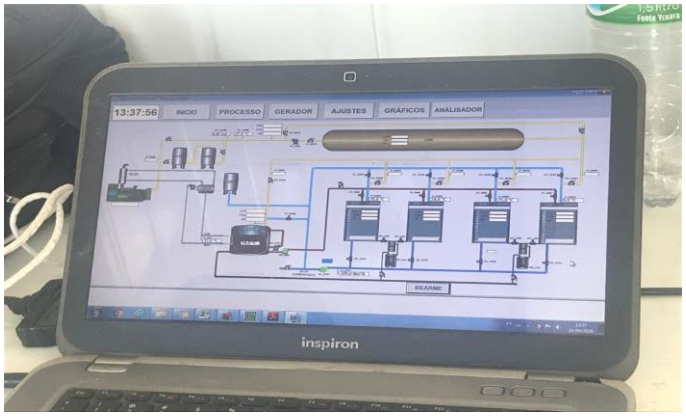
- FORSU com boa porosidade e balaço nutricional, entrou em fase aeróbia com temperatura acima de 50°C.
- Entupimento dos aspersores de lixiviado dos túneis
- Problemas na UPI durante a recirculação de lixiviado, formação de vácuo;

Módulo III

Operação da planta piloto

Comissionamento de operação - resultados

- FORSU entrou em fase de metanização;
- Teste do CHP
- A pintura interna dos túneis com corrosão;
- Ajustes no programa de automação.



Módulo III

Ensaios desenvolvidos

- Análise de degradação dos resíduos - simulação de um período de armazenamento.

Objetivo: avaliar a produção de lixiviados e perda sólidos voláteis (VS) durante o período de estocagem em condições ambiente do resíduo alimentar até ser submetido a condições anaeróbias em reatores.

Substratos: Resíduos do restaurante do IPT provenientes do preparo do almoço e das sobras após estas refeições (200g/dia).

Módulo III

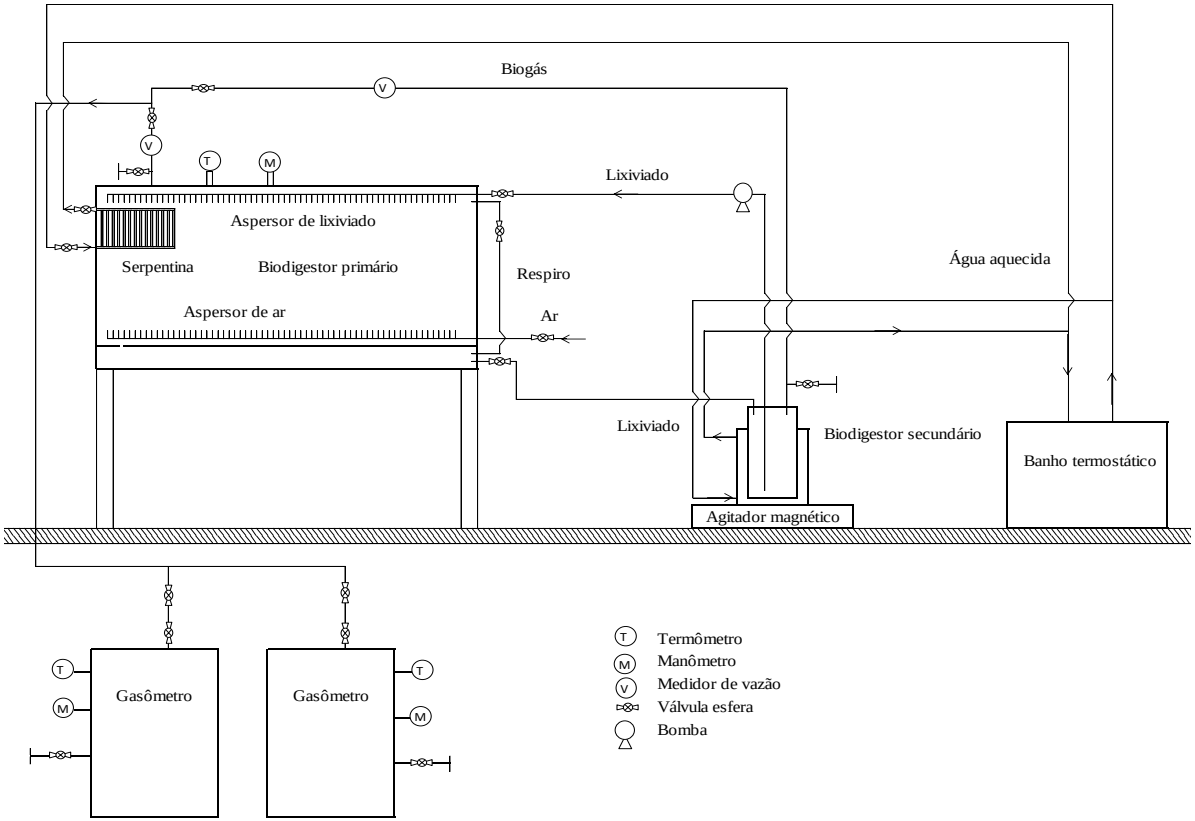
Ensaios desenvolvidos

- No final do período de armazenagem, a diferença apresentada nos sólidos voláteis tanto no lixiviado como nos resíduos deixados no tecido de tule foi de 2%, considerada irrelevante por ter ocorrido dentro do desvio padrão.
- A quantidade de lixiviado gerada durante o período de armazenamento variou de 0,04 a 0,26mL/g de resíduo (variação pode ser explicada pelo fato de as amostras provirem de diferentes cardápios e também por serem armazenadas por períodos diferentes)

Módulo III

Ensaios desenvolvidos

- Testes iniciais no protótipo



Módulo III

Ensaios desenvolvidos

- Testes iniciais no protótipo
- Resíduos do restaurante do IPT provenientes do preparo do almoço e das sobras após as refeições (1kg/dia).
- Partida do reator: dia 14 de maio de 2018

Módulo III

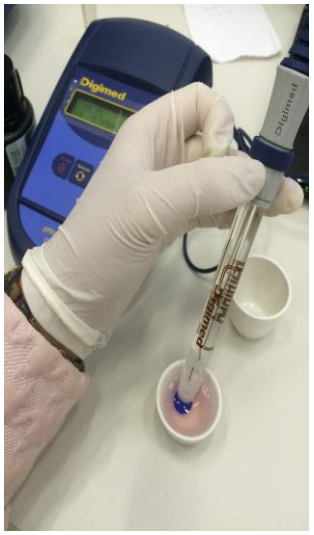
Ensaios desenvolvidos

- Testes iniciais no protótipo
- Considerando um período de 7 dias, ao realizar o armazenamento de resíduos orgânicos em condições ambiente, o mesmo gerará lixiviado, cerca de 20% da massa inicial.
- Ao final dos 43 dias de processo, ocorreu a degradação parcial do material. No entanto, visto que ocorreram falhas no sistema, a mesma poderá ter melhorias após a realização dos ajustes sugeridos para as etapas futuras.

Módulo III

Ensaios desenvolvidos

- Verificação de estabilização do processo – análises de pH e alcalidade (AI/AP) no protótipo e na planta



Módulo III

Ensaios desenvolvidos

- Série de sólidos
- Método adaptado: Standard Methods 2005 (APHA, 2005 e Métodos físico-químicos para análise de alimentos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) para resultados de ST e SD. O SS foi obtido pela diferença entre ST e SD.

Módulo III

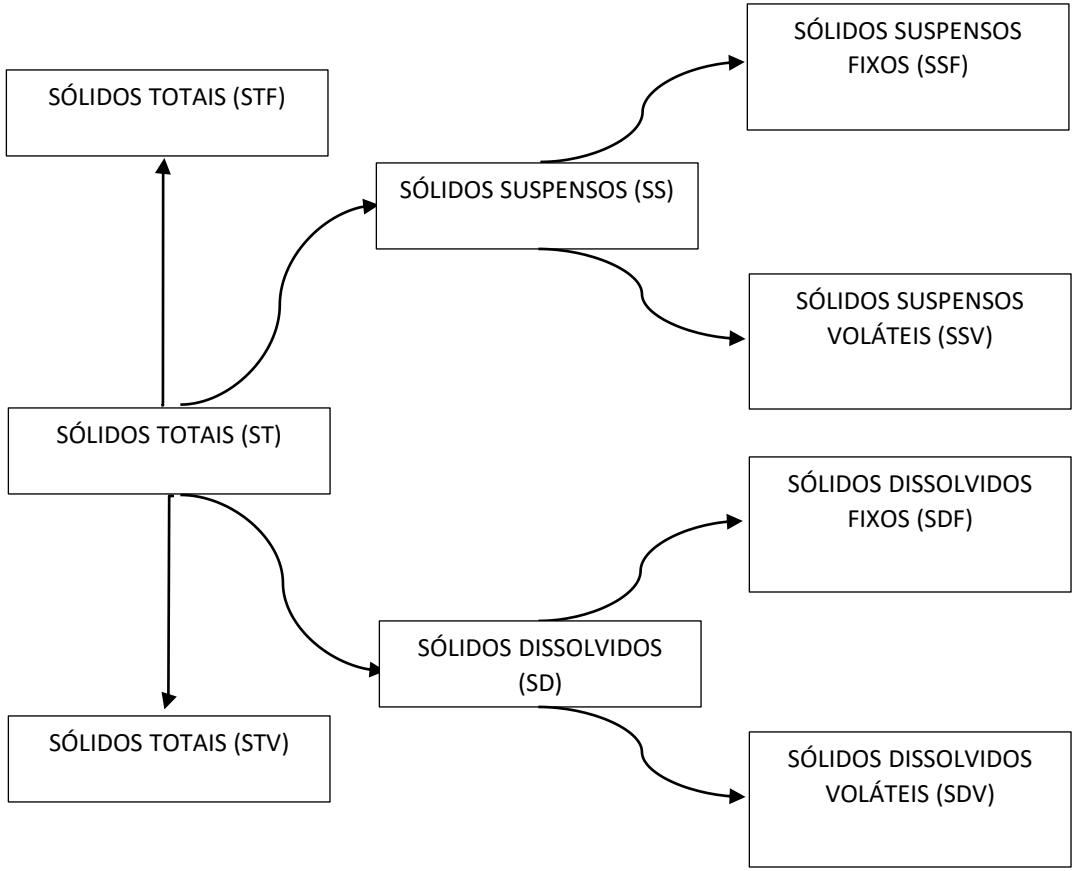
Ensaios desenvolvidos

- Diversos testes para extração: 10g de amostra em 90mL de água por diferentes tempos.
- Diversos testes para a separação entre os sólidos totais e suspensos: emprego de filtros com diferentes micragens.

Conclusão: 110 min de extração e filtração por pressão durante 3horas em filtro de fibra de vidro com poro de 0,7 µm.

Módulo III

Ensaios desenvolvidos



Parâmetro	Obtenção	Observação
ST	Estufa a 105 °C	peso constante
STF	Mufla a 550 °C	peso constante
STV	= ST - STF	estimativa
SD	Extração, Filtração e estufa a 105 °C	peso constante
SDF	Mufla a 550 °C	peso constante
SDV	= SD - SDF	Estimativa
SS	= ST - SD	Estimativa
SSF	= STF - SDF	Estimativa
SSV	= STV - SDV	Estimativa

Módulo III
Ensaios desenvolvidos

- Análise de N Kjeldahl

O método de determinação de N Kjeldahl baseia-se em três etapas principais, sendo a digestão, a destilação e a titulação.
Substrato: resíduos alimentares do restaurante do IPT.
Controle: cistina
Métodos: AOAC e modificados no Manual Instruções do equipamentos UDK 149 com Titroline 5000 da VELP científica, no Métodos físico-químicos para análise de alimentos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) e por Carneiro (2005)

Módulo III

Ensaios desenvolvidos

Amostra	Quantidade de amostra (g)	% Teórico de N	Resultados (%)
1	0,480	8,94%	8,21
2	0,480	8,94%	7,97
3	0,480	8,94%	7,97
4	0,480	8,94%	7,97

Testes para a verificação do controle

Amostra	Amostra - Alimento (g)	Mistura catalítica	Volume de HCl gasto na titulação (mL)***	NT (%)
1	0,00 - Branco	A	0,16	0,04
2	0,53	A	2,08	0,89
3	1,05	A	3,84	0,85
4	1,03	A	3,70	0,82
5	0,00 - Branco	B	0,14	0,04
6	0,51	B	1,87	0,80
7	1,07	B	4,26	0,95
8	1,02	B	3,92	0,87

Testes para a leitura das amostras. Variações de massa, tipos e quantidade de catalizadores

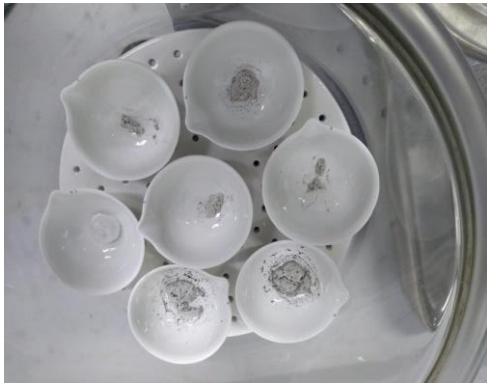
Módulo III

Ensaios desenvolvidos

- Análise de Fósforo (P)

Método: Baseia-se na complexação do fósforo com vanado-molibdato de amônio e determinação por espectrofotometria na região do visível (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Foram analisadas a quantidade de P considerando diferentes massas de amostras para a verificação da quantidade mais apropriada.



Substrato: resíduos alimentares do restaurante do IPT.

Módulo III

Ensaios desenvolvidos

- Análise microbiológica

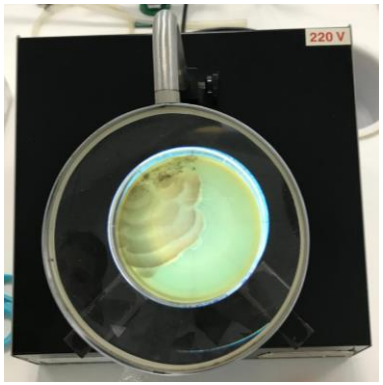
Caracterização microbiológica do material de inóculo do processo de biodigestão.

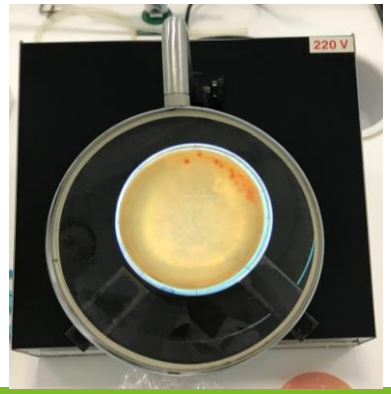
Objetivo principal: Estimar a qualidade do material como fonte de microrganismos (inóculo) para degradação do resíduo orgânico, ou seja, avaliar se o mesmo apresenta alta concentração de microrganismos.

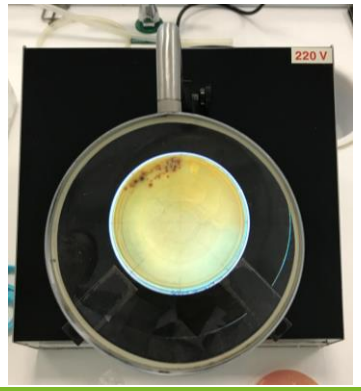
Material: Amostra líquida coletada da Unidade Produtora de Inóculo (UPI)

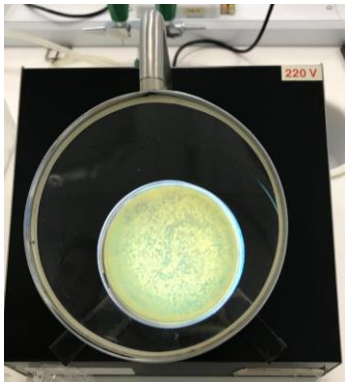
Determinação de: bactérias anaeróbias heterotróficas totais, bactérias redutoras de sulfato, bactérias aeróbias totais, bolores e leveduras (fungos), além de pesquisa por patógenos.

Métodos: Determinação do "Número Mais Provável (NMP)" de bactérias anaeróbias heterotróficas totais e de bactérias redutoras de sulfato mesófilas por meio da técnica de inoculação em tubos múltiplos em meio específico. Quantificação de bactérias aeróbias totais e bolores e leveduras por meio de inoculação em meios de cultura TSA e PDA, respectivamente. Pesquisa por patógenos por meio de inoculação em meios seletivos e indicadores.









Módulo III

Ensaios desenvolvidos

- A maior diluição realizada para a contagem de bactérias aeróbias heterotróficas totais foi 10^{-9} e resultou em crescimento tal que não foi possível realizar a contagem (>300) após 48h de incubação a 37°C. A concentração deste grupo de microrganismos é, portanto, maior que 10^{11} UFC/mL. A concentração de fungos e leveduras foi estimada em 3,2 x 10^{2} UFC/mL, após 72h de incubação à 30 °C.
- A concentração de bactérias anaeróbias heterotróficas totais foi estimada em XXX e de bactérias redutoras de sulfato estimada em XXXX
- A pesquisa por patógenos teve como alvos Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, *Escherichia coli*, *Candida sp*, *Salmonella sp* e coliformes totais. A inoculação nos meios seletivos foi realizada diretamente a partir da amostra, sem etapa preliminar de enriquecimento, sendo, portanto, um ensaio reduzido. Foram identificados *E. coli*, *Candida sp*, *S. aureus* e *Salmonella sp* ou *Shigella sp*. Também foram identificados enterobacterias e coliformes.
- O resultado indica que a amostra é muito rica em microrganismos, conforme esperado, tanto anaeróbios quanto aeróbios (provavelmente facultativos). A presença dos patógenos pesquisados reforça a necessidade do uso de EPI pelos operadores da planta de tratamento biológico.

Módulo III
Considerações

- Apesar da tecnologia de biodigestão extra-seca estar comercialmente estabelecida não existe no mercado equipamentos de pequena escala como o desenvolvido pelo IPT em parceria com a Methanum e o mesmo ainda encontra-se em fase de desenvolvimento.
- Os problemas apresentados, apesar prejudicar a operação, não são graves e de difícil solução.
- Correções e reparos dos problemas encontra-se em andamento.

Módulo 4

Tratamento térmico

Capacidade de processamento

5 kg/h

Módulo IV

Tratamento Térmico

Avaliação dos resíduos de Bertioga, após passarem por processo de separação mecânica e separação das frações orgânica e para reciclagem

Utilização de equipamentos de incineração, gaseificação e pirólise para aproveitamento do seu conteúdo energético

Realização de testes de avaliação em equipamentos de escala de bancada (pirólise, incineração e gaseificação) e em escala piloto (gaseificação e pirólise)

Valor de investimento

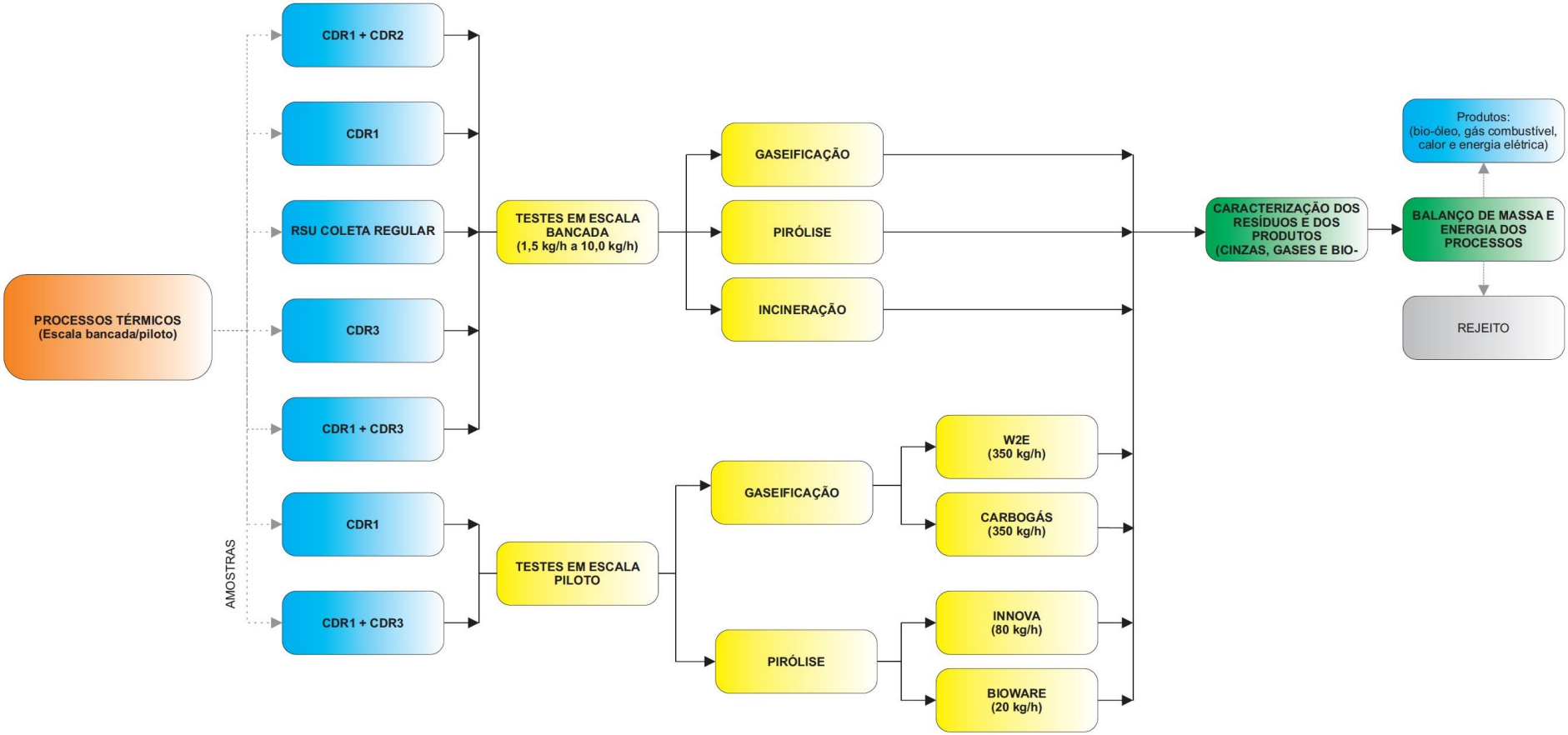
Material	Quantidade	Investimento
Aquisição do incinerador	1	R$ 328.000,00
Vidrarias	diversas	R$ 7.643,76
Banho termostatizado	1	R$ 14.175,00
Peças e instalação para autospec da Waters	diversas	R$ 161.543,25

Valor total de investimento: R$ 511.362,01

Módulo IV

Tratamento Térmico

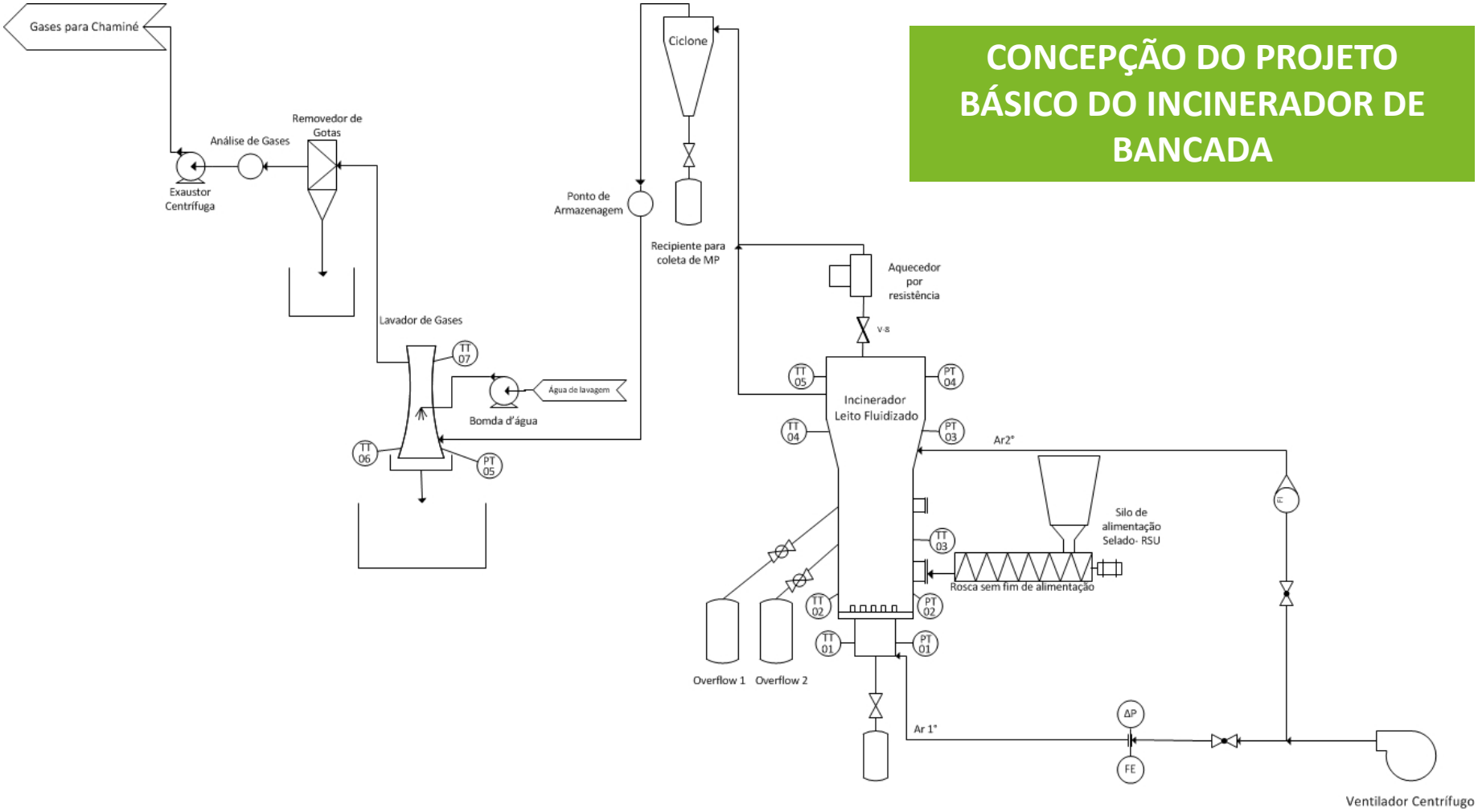
Características do módulo



Módulo IV

Tratamento Térmico

CONCEPÇÃO DO PROJETO BÁSICO DO INCINERADOR DE BANCADA



Módulo IV

Tratamento Térmico

Aquisição de Equipamento: incinerador de bancada.

Principais características: reator de leito fluidizado borbulhante, composto por ciclone, um resfriador de gases e lavador de gases.

Especificações: capacidade 5 kg/h^{-1}, pressão atmosférica, área total instalação 46,8 m^2.

Objetivo: avaliar os resíduos de Bertioga, monitoramento das condições operacionais e avaliação com o atendimento aos limites de emissões definidos na licença prévia e de instalação da CETESB, e levantamento de dados de processo para estudos de pré-viabilidade técnica, econômica e de ciclo de vida.

Módulo IV

Tratamento Térmico

Incineração: TESTES OBRIGATÓRIOS

LICENÇA PRÉVIA E DE INSTALAÇÃO – CETESB N° 25000303

Apresentar teste de queima, o qual deverá contemplar: O conjunto de medições a serem realizadas no sistema do projeto piloto de RSU com Incinerador de bancada, operando no mínimo, na capacidade plena, para avaliar a compatibilidade das condições operacionais com o atendimento aos limites de emissões definidos

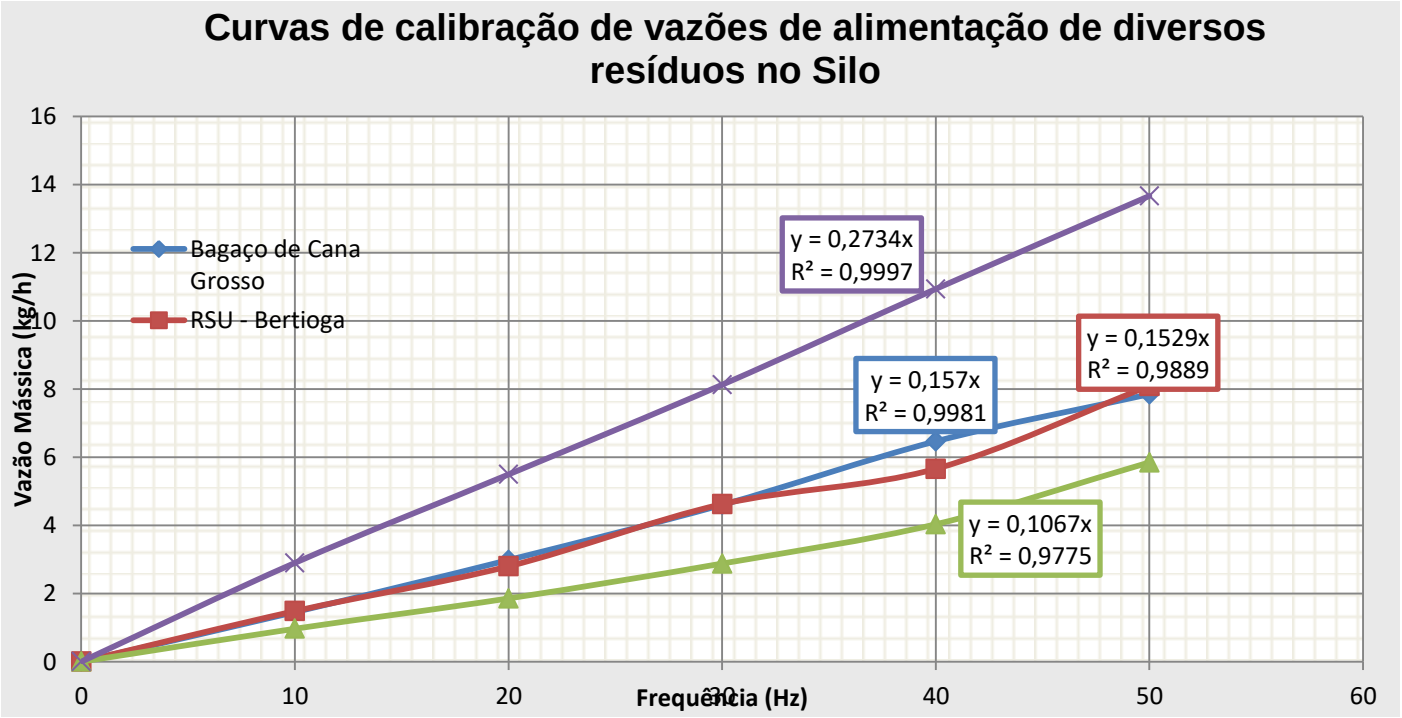
ECPs (Equipamentos de Controle de Poluição) para efluentes gasosos e do sistema de monitoramento das emissões gasosas

Módulo IV

Tratamento Térmico

Incineração: RESULTADOS

Data de instalação: 06.07.2018

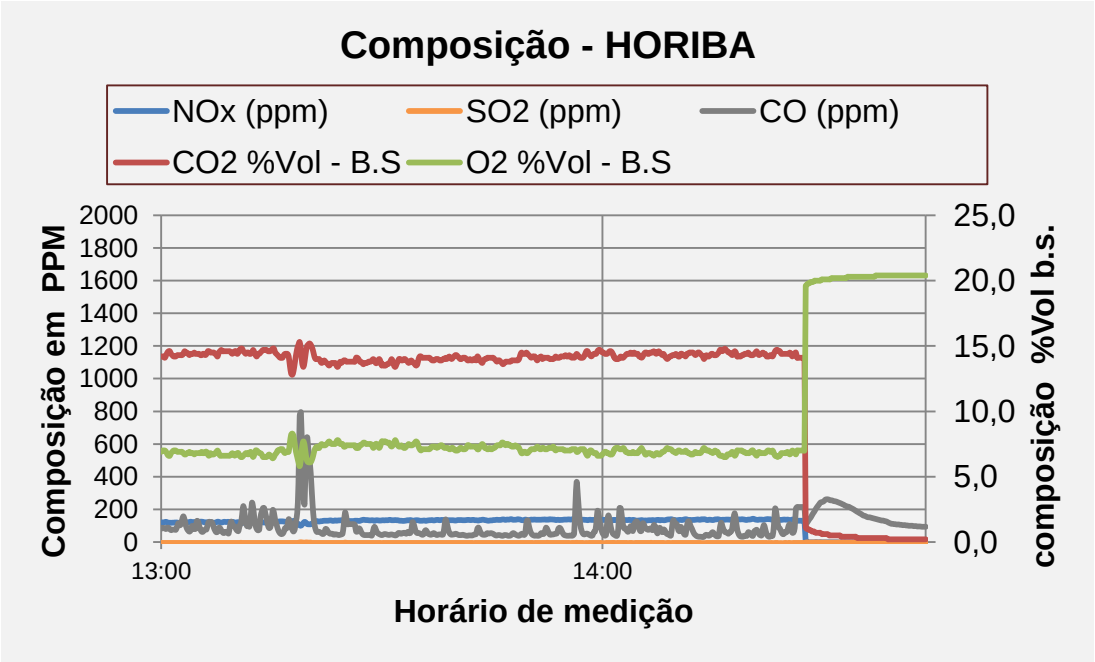


Módulo IV

Tratamento Térmico

Incineração: RESULTADOS TESTES PRELIMINARES

Composição dos gases de combustão na chaminé do incinerador com queima de bagaço de cana

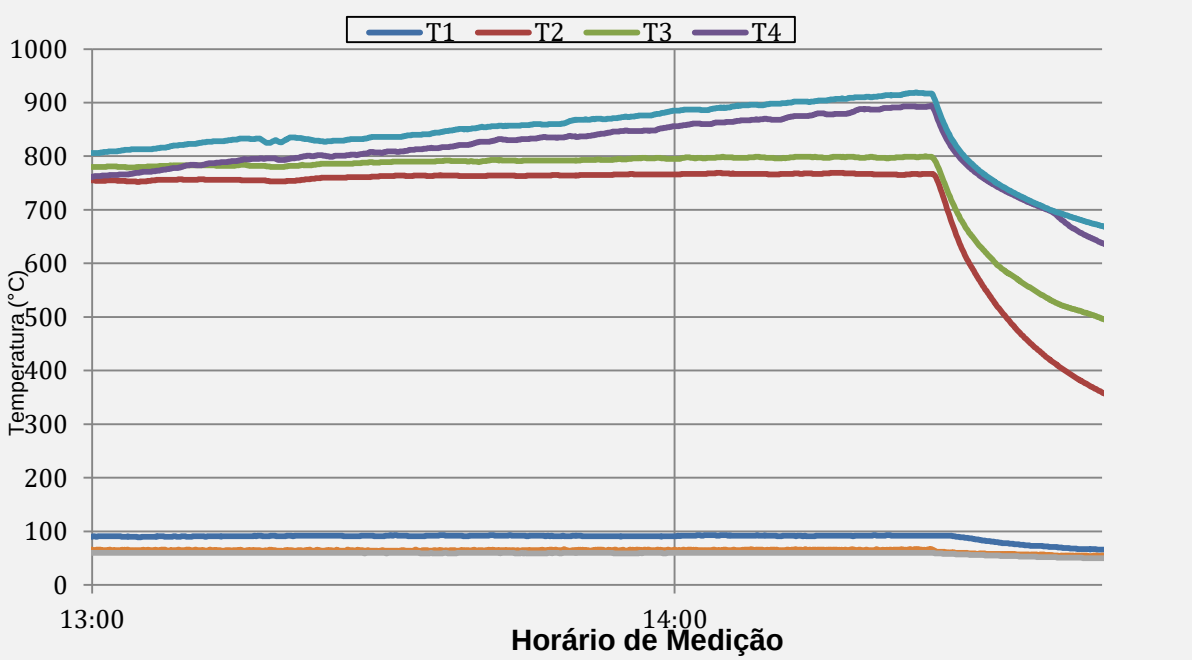


Módulo IV

Tratamento Térmico

Incineração: RESULTADOS TESTES PRELIMINARES

Temperatura dos gases de combustão na queima de bagaço de cana



Módulo IV

Tratamento Térmico

Aquisição de equipamento: gaseificador e pirolisador em escala Laboratorial.

Principais características: reator de leito fluidizado borbulhante, com sistema de limpeza de gases: composto por dois ciclones, um filtro metálico a alta temperatura, um resfriador indireto de gases, um filtro eletrostático e lavador de gases. Instalado no IPT.

Capacidade: 1,5 kg/h^{-1}

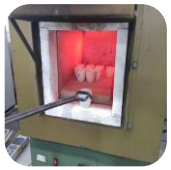
Objetivo: avaliar os resíduos de Bertioga, monitoramento das condições operacionais e avaliação com o atendimento aos limites de emissões definidos na licença prévia e de instalação da CETESB, e levantamento de dados de processo para estudos de pré-viabilidade técnica, econômica e de ciclo de vida.

Módulo IV

Tratamento Térmico

Adequação de metodologias para caracterização físico-química do RSU de Bertioga

Secagem, Moagem e Peneiramento



Análise imediata: teor de umidade[1], teor de cinzas[1], Voláteis e carbono fixo

Análise elementar: teores de carbono, hidrogênio e nitrogênio (CHN), enxofre[1] e oxigênio.

Poder Calorífico Superior (PCS)[1] e Poder Calorífico Inferior (PCI)[1].

[1]Testes exigidos na licença prévia e de instalação da CETESB N° 25000303

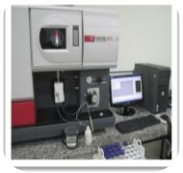
Módulo IV

Tratamento Térmico

Adequação de metodologias para caracterização química do RSU de Bertioga

Amostragem e determinação de dioxinas e furanos[1]

Amostragem e análise de Halogênios[1]



Determinação de metais pesados[1]

[1]Testes exigidos na licença prévia e de instalação da CETESB N° 25000303

Módulo IV

Tratamento Térmico

Caracterização físico-química do RSU

Total de amostras: 17

2016: 02 amostras de resíduo orgânico de Bertioga

2017: 02 amostras de bagaço de cana para testes no incinerador

2018: 02 amostras de bagaço de cana para testes no incinerador

2019: 03 amostras de resíduos de Bertioga (ensaios em andamento)

Módulo IV

Tratamento Térmico

Caracterização físico-química do RSU de Bertioga

Resultados

PCS utilizando dois métodos :

1) Método direto: utilização do método ASTM;

2) Método indireto: cálculo da média ponderada do PCS, utilizando as frações da análise gravimétrica do LRAC. O PCS será analisado em cada fração.

Módulo IV

Tratamento Térmico

Caracterização físico-química do RSU de Bertioga

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	0,1	28,8	19,7	18,4
Lixo orgânico - 2019	51	7,7	1,2	-	-	-	-	-	21,0	19,3
Rejeito Bertioga - 2019	45	7,2	1,1	-	-	-	-	-	18,9	17,4
Rejeito da separação mecânica - 2019	31	7,6	1,5	-	-	-	-	-	10,5	8,9

Módulo IV

Tratamento Térmico

Caracterização química do RSU de Bertioga – Resultados em base seca

Elemento	Unidade	Método	LAQ 3372-18 (RSU esterelizado)	LAQ 3373-18 (RSU sem esterelizar)
Flúor (determinado como Fluoreto, F^-)	mg/kg	Cromatografia de íons	0,0030 ± 0,0006	0,0034 ± 0,0001
Cloro (determinado como Cloreto, Cl^-)	%	Cromatografia de íons	0,73 ± 0,07	0,62 ± 0,06
Bromo (determinado como Brometo, Br^-)	mg/kg	Cromatografia de íons	0,0025 ± 0,0002	0,0017 ± 0,0003
Alumínio (Al)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	1,54 ± 0,08	1,47 ± 0,15
Arsênio (As)	mg/kg	Absorção atômica	73 ± 15	78 ± 7
Bário (Ba)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	62 ± 21	69 ± 1
Berílio (Be)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	< 1	< 1
Cálcio (Ca)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	2,17 ± 0,10	2,32 ± 0,11
Antimônio (Sb)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	51 ± 30	238 ± 32
Cadmio (Cd)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	< 1	< 1
Chumbo (Pb)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	25 ± 8	32 ± 4
Cobalto (Co)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	15 ± 1	9 ± 1
Cromo (Cr)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	51 ± 21	66 ± 3
Cobre (Cu)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	107 ± 86	30 ± 12
Ferro (Fe)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	0,24 ± 0,02	0,39 ± 0,13
Estanho (Sn)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	94 ± 85	273 ± 63
Manganês (Mn)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	206 ± 12	234 ± 18
Molibdênio (Mo)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	30 ± 15	23 ± 3
Mercúrio (Hg)	mg/kg	Absorção atômica	15 ± 9	11 ± 4

Módulo IV

Tratamento Térmico

Caracterização química do RSU de Bertioga – Resultados em base seca

Elementos	Unidade	Métodos	LAQ 3372-18 (RSU esterelizado)	LAQ 3373-18 (RSU sem esterelizar)
Níquel (Ni)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Selênio (Se)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Silício (Si)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	0,38 ± 0,06	0,64 ± 0,25
Prata (Ag)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	< 1	< 1
Estrôncio (Sr)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	149 ± 4	154 ± 9
Sódio (Na)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	1,16 ± 0,17	1,12 ± 0,13
Potássio (K)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	0,38 ± 0,02	0,42 ± 0,01
Fosforo (P)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	0,56 ± 0,03	0,64 ± 0,03
Telúrio (Te)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	0,04 ± 0,01	0,12 ± 0,08
Titânio (Ti)	%	Espectrometria de plasma (ICP)	0,12 ± 0,03	0,11 ± 0,01
Platina (Pt)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	< 1	< 1
Ródio (Rh)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	< 1	< 1
Vanádio (V)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	< 1	< 1
Zinco (Zn)	mg/kg	Espectrometria de plasma (ICP)	141 ± 41	172 ± 33

Módulo IV

Tratamento Térmico

Capacitação técnica adquirida com o projeto para atender ao setor público e privado

Disponibilidade de equipamentos em escala de bancada para testes de combustão, gaseificação e pirólise

Condições de apoiar os municípios, fornecendo a expertise e testes laboratoriais para responder questões específicas sobre os RSU

Desenvolvimento e avaliação de novas tecnologias de tratamento térmico

Avaliar os rendimentos energéticos, as emissões de poluentes e produtos gerados em processos de pirólise, gaseificação e combustão de RSU e CDR

Caracterização química e físico-química de RSU.

Obrigada!

reciclos.ipt.br

rsuenergia@ipt.br
reciclos@ipt.br