Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07436

TRATAMENTO TÉRMICO DE LODOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA: EMISSÕES GASOSAS, IMPACTOS AMBIENTAIS E USOS BENÉFICOS

Uma revisão sistemática

Mirella Bianca Gama de Almeida
Ana Caroline da Silva, Mariah Demarchi Nardoni, Fabiana Alves Fiore
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

REVISÃO SISTEMÁTICA

O problema
O LETA tem alta umidade. O tratamento térmico reduz volume e viabiliza usos benéficos, mas seus impactos ambientais, sobretudo as emissões, seguem pouco investigados.

4 perguntas de pesquisa

1. Que faixas de temperatura são usadas?
2. Que alterações ocorrem no material?
3. Que impactos ambientais estão associados?
4. Que usos benéficos se viabilizam?



Busca em inglês, operadores booleanos · Método de Pesquisa em Arquivo (MPA)

TRÊS NÍVEIS DE AQUECIMENTO



Secagem

75 a 120 °C

- Reduz umidade e volume (74 % de evaporação em 20 min);
- Inativa patógenos;
- Reduz a ecotoxicidade.

Pirólise

400 a 700 °C

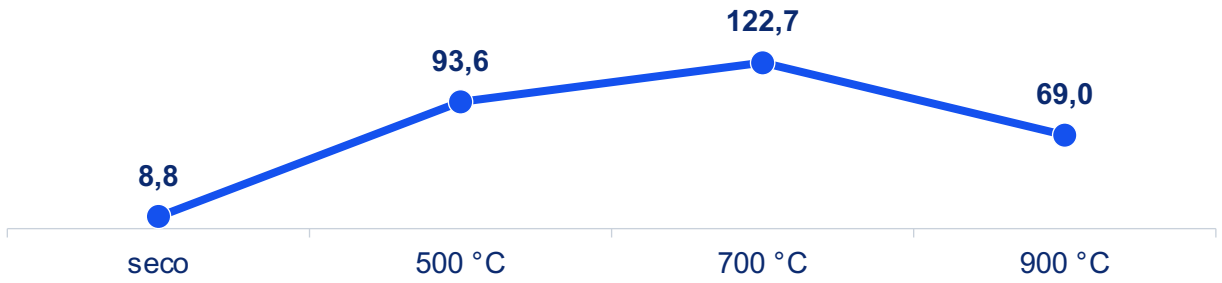
- Degrada a matéria orgânica;
- Área superficial cresce até 12 vezes;
- Faixa ótima para adsorção: 400 a 600 °C.

Calcinação

acima de 700 °C

- Recristalização: a área superficial cai;
- Forma fases reativas;
- Favorece uso cimentício (1000 a 1100 °C).

Área superficial do LETA de Al (m²/g)

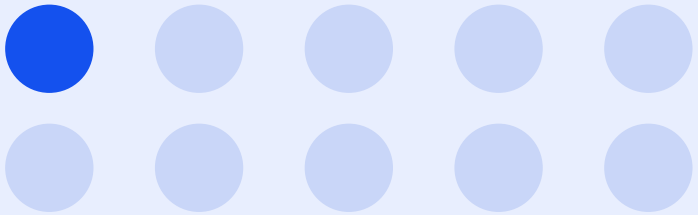


Valores compilados por Benis (2024).

Não há temperatura ótima única
a faixa ótima depende do uso pretendido

EMISSÕES GASOSAS

1 de 10



Estudos monitorou emissões atmosféricas
Secagem por micro-ondas, em bancada (Silva *et al.*, 2025)

CO	CO_2	PM_{10}	$PM_{2,5}$
2,88 ppm	22,28 ppm	5,38 µg/m³	3,72 µg/m³

SO_2, NO_2 e COVs: abaixo do limite de detecção

Tempo importa
Picos de CO após 14 min de secagem: combustão parcial da matéria orgânica residual

Atmosfera importa
Em CO_2, a pirólise gera mais CO acima de 700 °C (reação de Boudouard; Choi *et al.*, 2019)

Energia
Micro-ondas só compete com o aterro abaixo de US$ 0,042/kWh; co-calcinação reduz custo em 64,2 %

Evidência escassa e em escala de bancada: faltam dados para avaliar o impacto atmosférico do processo

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

USOS BENÉFICOS E LACUNAS

6

Adsorventes

CO_2 até 441 mg/g; fluoreto 81 %; arsênio

2

Cimentícios e geopolímeros

+10,6 % de resistência; geopolímero até 20 MPa

1

Catalisadores

Lodo férrico 10 vezes mais ativo que óxido de ferro comercial

rev.

Rotas exploratórias

Recuperação de coagulante, *wetlands*, cerâmicos

número de estudos do corpus em cada aplicação

4 lacunas

Escala real
1 de 10 saiu da bancada

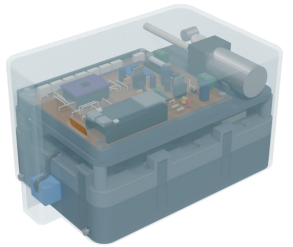
Padronização
Temperatura e tempo variam sem protocolo

Emissões
1 de 10 monitorou

ACV completa
Nenhum estudo

6 13 Água potável e saneamento · Ação contra a mudança do clima

Road to Digital
roadtodigital.com.br
aponte a câmera para o site



Próximo passo
LETAOne

Analisador de gases de baixo custo, em construção, para medir as emissões do tratamento térmico.

Feito em parceria com **João Pedro Carvalho**, designer/ desenvolvedor de *software da Road to Digital*.

Obrigada!

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Mirella Bianca Gama de Almeida
mirella.bianca@unesp.br
+55 (11) 95215-3775
@mirellagama_

Coautores

Ana Caroline da Silva
UNESP/ICT

Mariah Demarchi Nardoni
UNESP/ICT

Fabiana Alves Fiore
UNESP/ICT | fabiana.fiore@unesp.br