

# Lodo de esgoto: arranjos legais e tecnológicos para fechamento do ciclo da fase sólida

Palestrante: Dr. Roque Passos Piveli

Coordenador de Comitê Técnico-Científico – INCT ETEs Sustentáveis



Instituições parceiras:

Financiamento:



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ



UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
DE PERNAMBUCO



FUNDAÇÃO  
UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE  
MATO GROSSO DO SUL



UFMG  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS





*European Union Council Directive  
Sewage Sludge Used in Agriculture,  
1986*



*Guidelines for the Safe Use of  
Wastewater, Excreta and  
Greywater, 2006*



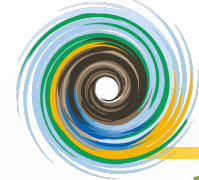
Revisão ou nova  
resolução ?



*Standards for the Use or Disposal of  
Sewage Sludge, 1993*



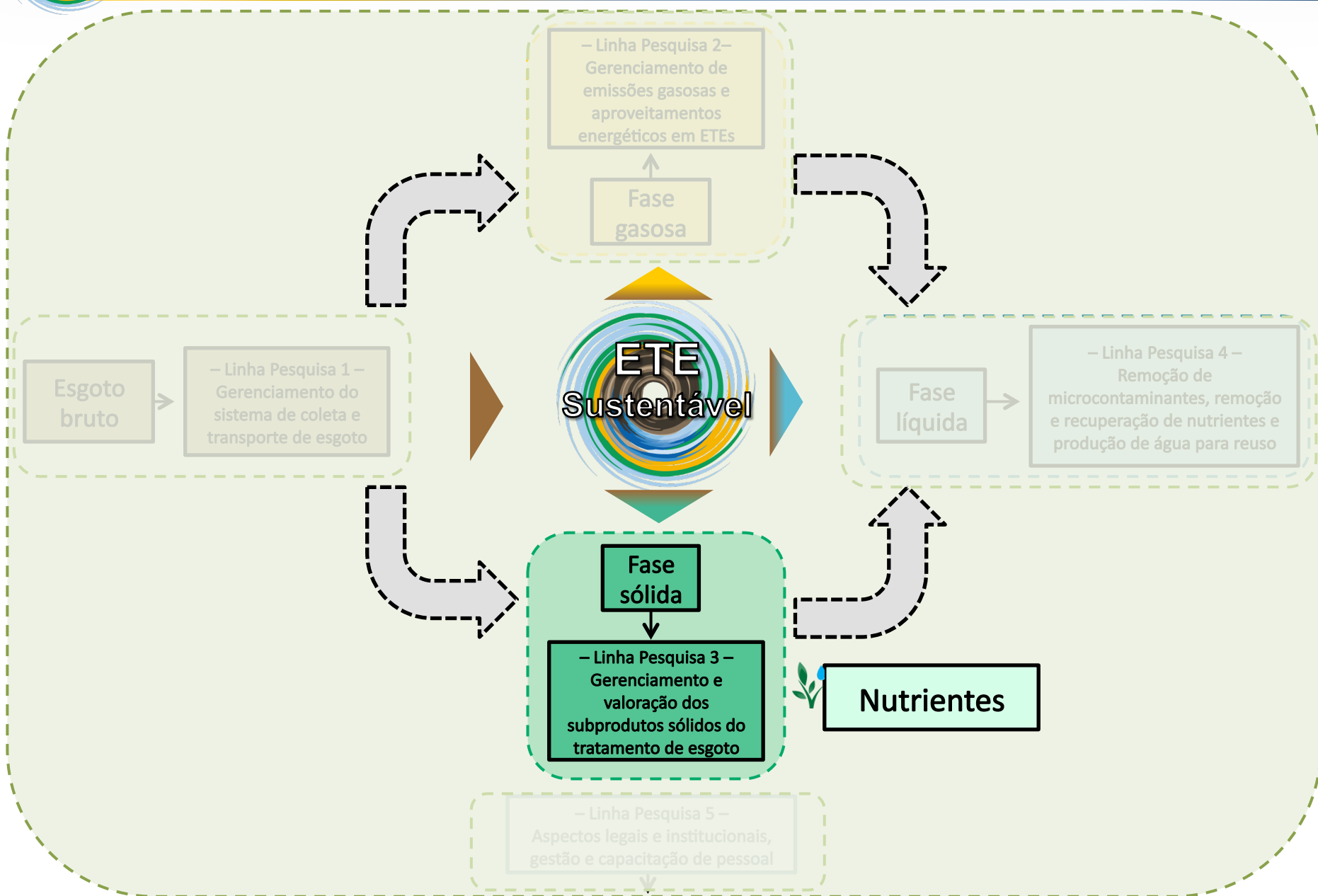
*Critérios para uso agrícola de lodos de  
esgoto gerados em ETEs, 2006*

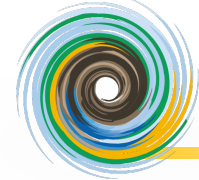


**inct**

**ETEs Sustentáveis**

*CONTEXTUALIZAÇÃO*





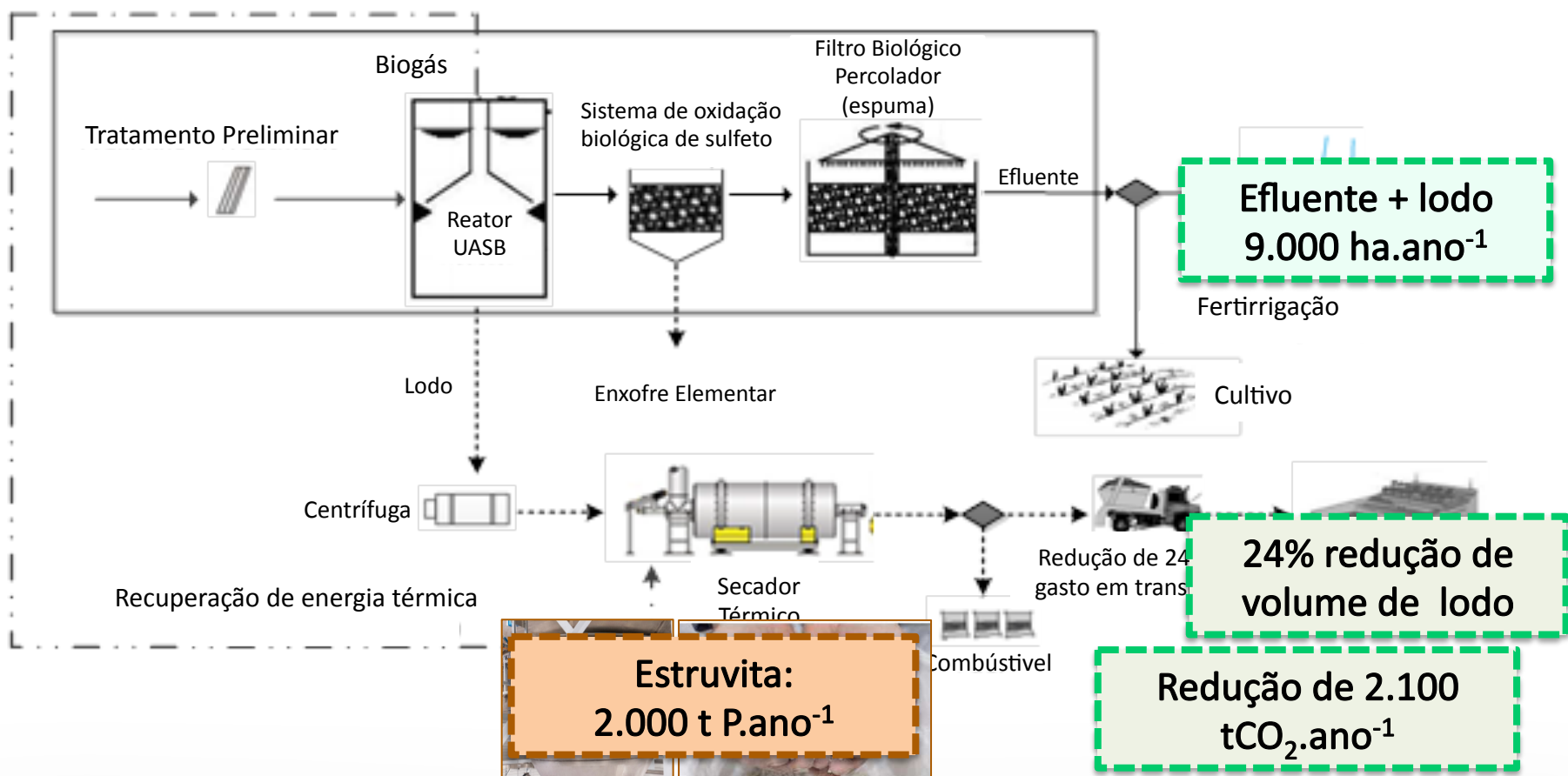
**inct**

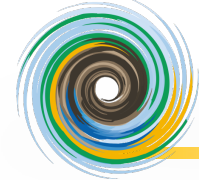
ETEs Sustentáveis

## APROVEITAMENTO DE NUTRIENTES

- Cenário 2:**

*EP: 10,000 – 100,000 hab (37,8 milhões de habitantes, 3.124 cidades)*





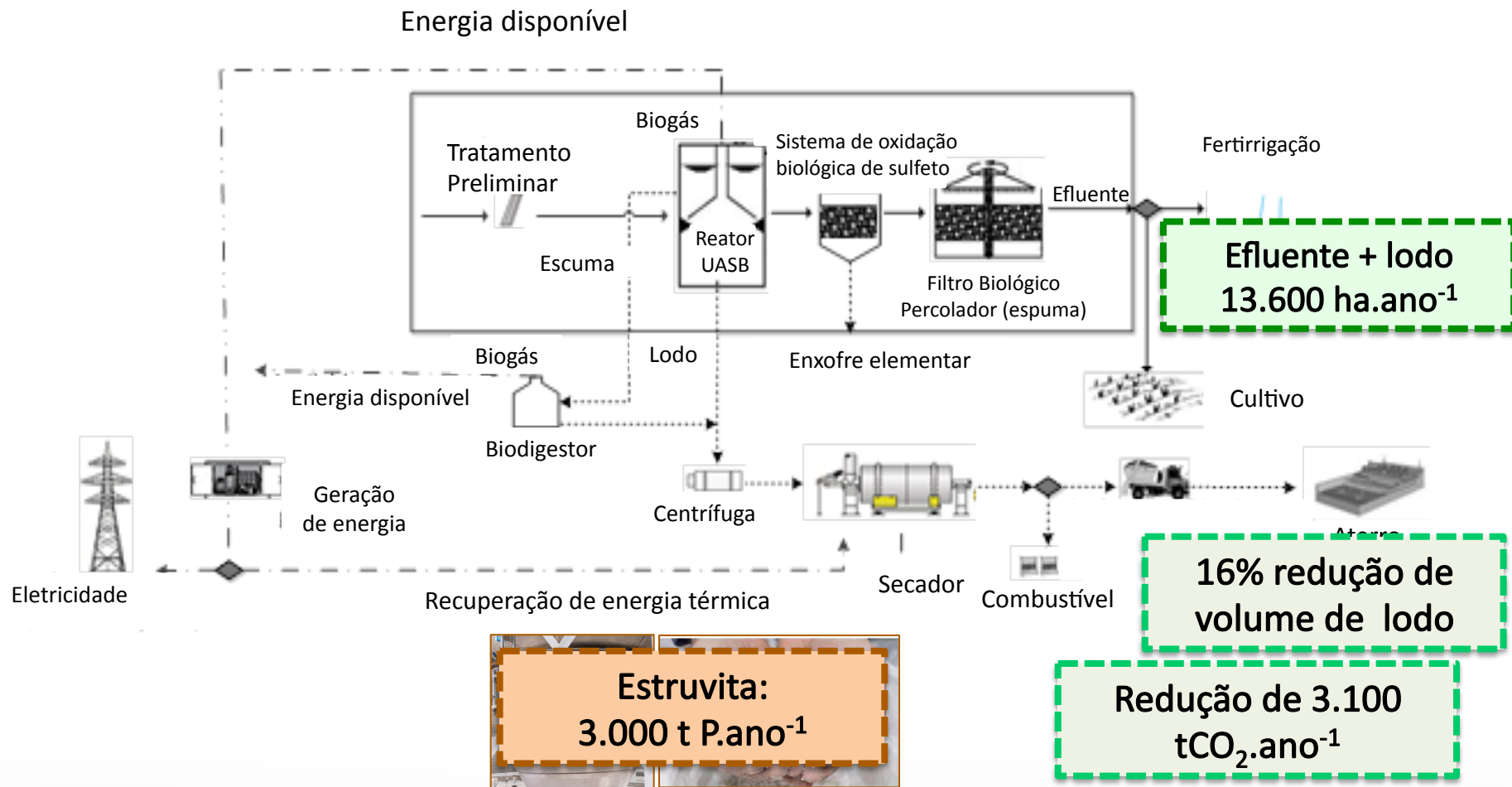
**inct**

ETEs Sustentáveis

## APROVEITAMENTO DE NUTRIENTES

- Cenário 3:**

*EP: > 100,000 hab. (56,9 milhões de habitantes, 309 cidades)*



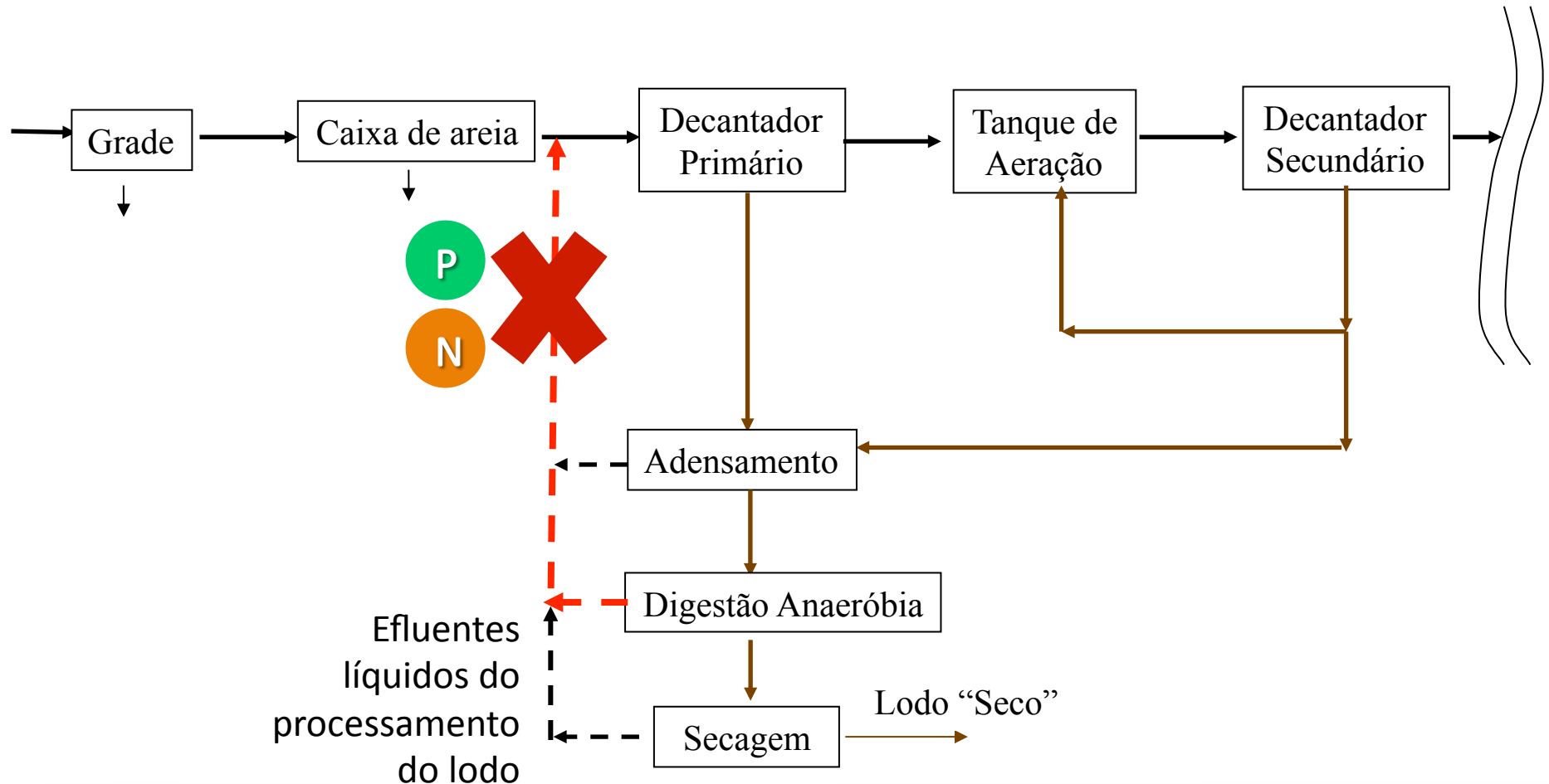
## *Necessidade de Remoção de Nutrientes do Esgoto*



- Toxicidade à biota aquática ( $\text{NH}_3$ )
- Metahemoglobinemia ( $\text{NO}_3^-$ )
- Poluição da água subterrânea

- Eutrofização de Reservatórios

## *Efluentes líquidos do processamento do lodo*



## *Necessidade de Remoção de Nutrientes do Esgoto*

*Digestão Aeróbia*

*Digestão Anaeróbia*



*Estabilização com Cal*

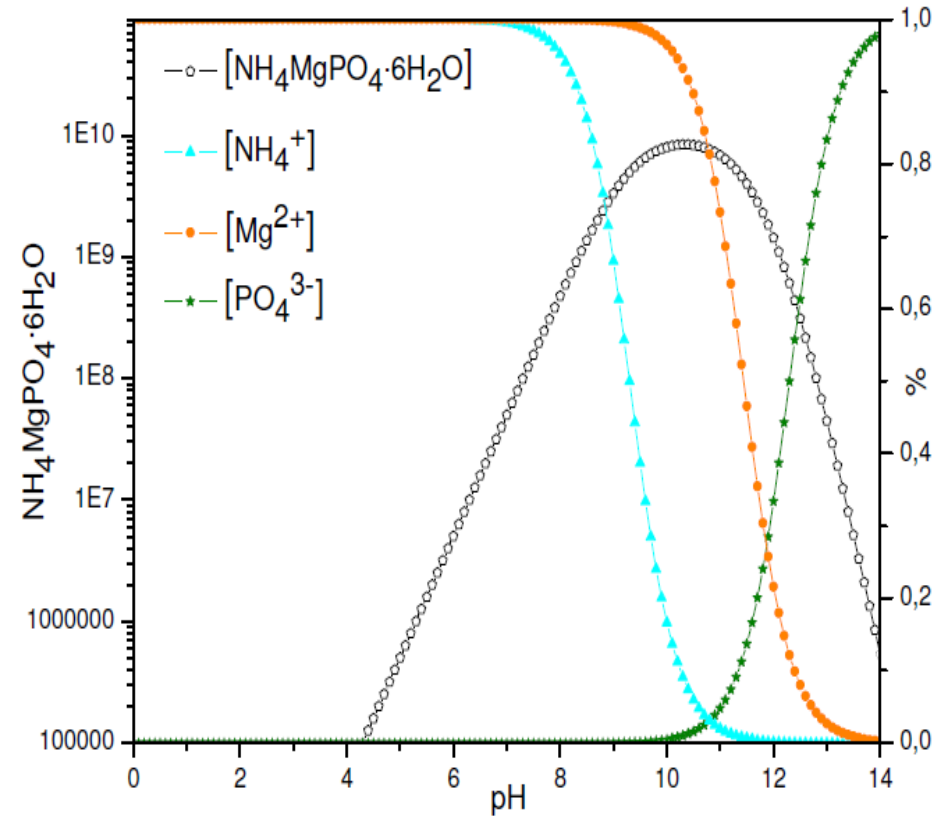
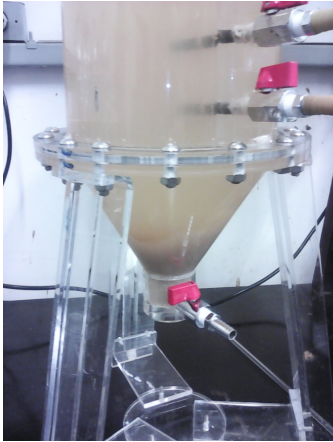


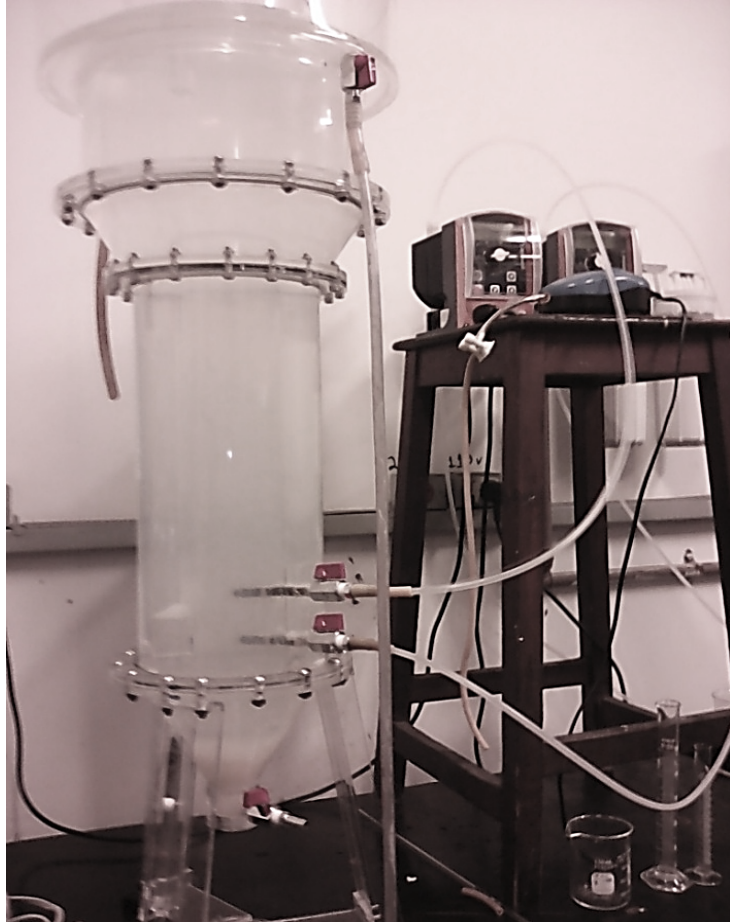
Aspectos de sustentabilidade que foram recentemente consolidados e estão prontos para utilização nos próximos 10 anos

- ü Domínio sobre a Tecnologia
- Remoção de Nutrientes
- Recuperação de Subprodutos

Atuais limitações que se constituem em entraves para a adoção dos fatores de sustentabilidade nos próximos 10 anos, e que devem ser solucionadas

- ü Capacidade Operacional da CIA de Saneamento
- ü Inserção no Mercado de Fertilizantes
- ü Legislação Aplicada e Incentivos





*• Características do Líquido*

*• pH*

*• Razão P:N*

*• Razão P:Mg*

*• Razão Ca:Mg*

*• Temperatura*

*• Configuração do Reator*

*• Tempos de Reação/Precipitação*

*-Formação de estruvita a partir de lodo de Digestor Anaeróbio*

*A estruvita (MAP)  Mono-Amônio-Fosfato, fertilizante comercial de grande valor no mercado (Gaterell et al., 2000)*

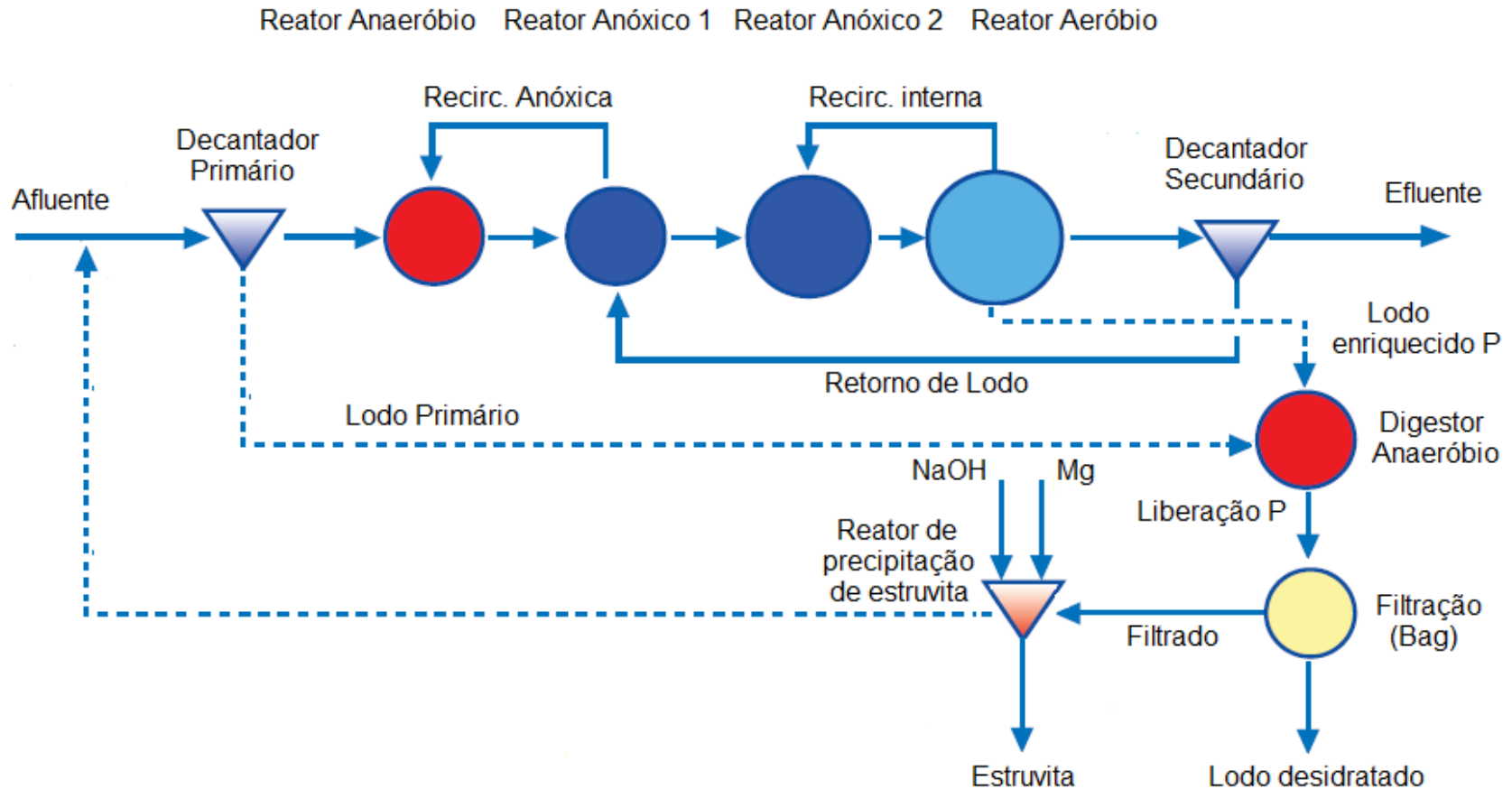
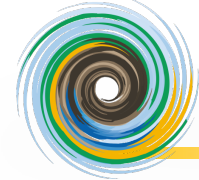
*No Japão, a estruvita recuperada de ETEs já vem sendo comercializada como fertilizante desde 1998 (UENO e FUJII, 2001).*

*Em 2001, o preço de venda da estruvita bruta para companhias de fertilizantes era 245 €/ton.*

## *Pesquisa em Escala Piloto: Precipitação de estruvita a partir do líquido removido do lodo digerido via anaeróbia, após filtração*

- Características do afluente, principalmente N e P;*
- TDH no reator de precipitação de estruvita;*
- pH no reator de precipitação de estruvita;*
- Adição de Magnésio;*
- Configuração do reator.*

*Recuperação de nitrogênio e fósforo na forma de estruvita a partir de lodo gerado em processo biológico de tratamento de esgoto (Juan Carlos López Carmona – USP, 2016)*



## - Esgoto afluyente ao Processo UCT Modificado



| Variável                                   | Etapa 1 | Etapa 2 |
|--------------------------------------------|---------|---------|
| DQO (mg O <sub>2</sub> /L)                 | 444     | 540     |
| DBO <sub>5,20</sub> (mg O <sub>2</sub> /L) | 277     | 439     |
| NTK (mg N/L)                               | 88      | 88      |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N/L)      | 68      | 76      |
| Fósforo total (mg P/L)                     | 5,5     | 5,1     |
| Fósforo solúvel (mg P/L)                   | 1,9     | 1,8     |

## - Digestão Anaeróbia do Lodo



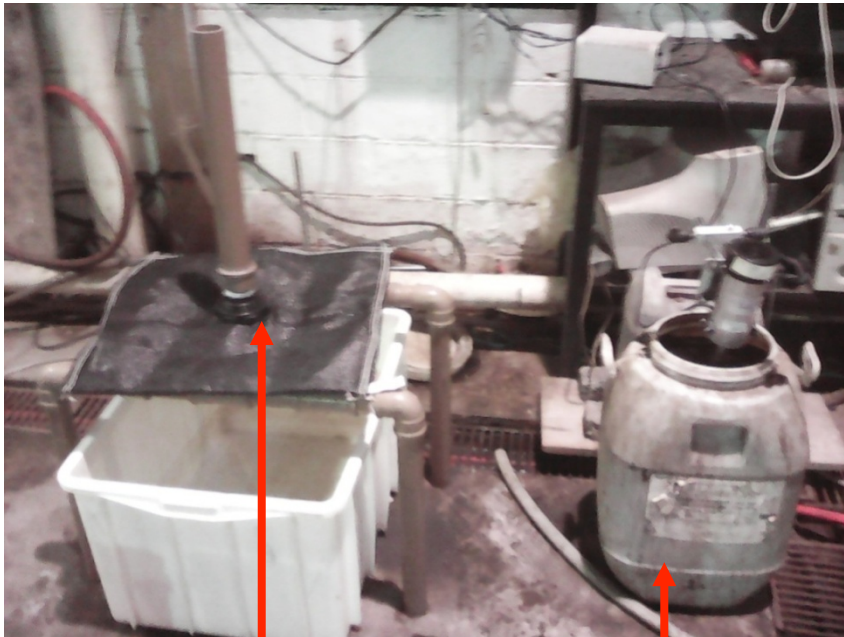
ü *Lodo misto (Primário + Secundário)*

ü *Temperatura  $(25,5 \pm 2,2)^{\circ}\text{C}$*

ü *Com dispositivo de mistura*

ü *TDH = 35 dias*

## - Características do afluente ao Reator de Precipitação

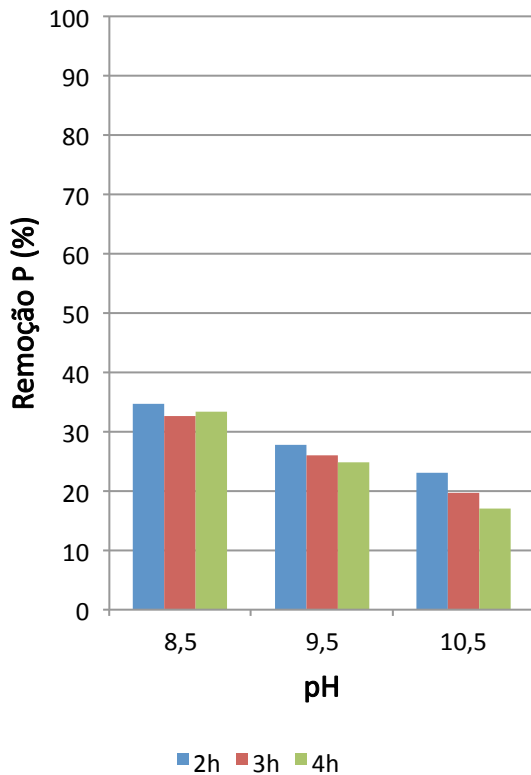


BAG

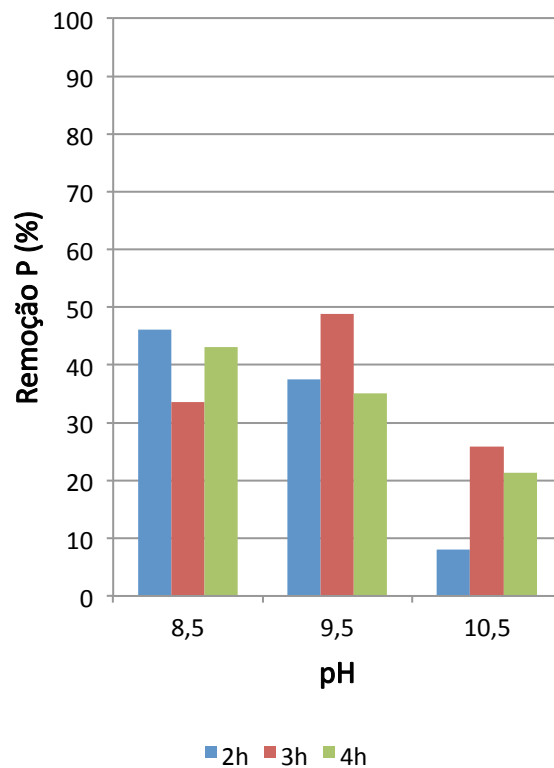
POLÍMERO

| Parâmetros                          | Média | Máximo | Mínimo | Desvio padrão |
|-------------------------------------|-------|--------|--------|---------------|
| pH                                  | 7,45  | 7,87   | 7,09   | 0,23          |
| Psolúvel (mg P/L)                   | 42    | 47     | 35     | 3,2           |
| N-NH <sub>4</sub> (mg N/L)          | 386   | 448    | 291    | 43,1          |
| Mg (mg Mg <sup>2+</sup> /L)         | 14    | 24     | 7,2    | 4,9           |
| Ca (mg Ca <sup>2+</sup> /L)         | 16    | 24     | 8      | 5,2           |
| ALC Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | 1321  | 1720   | 950    | 227           |
| Número de dados                     | 27    |        |        |               |

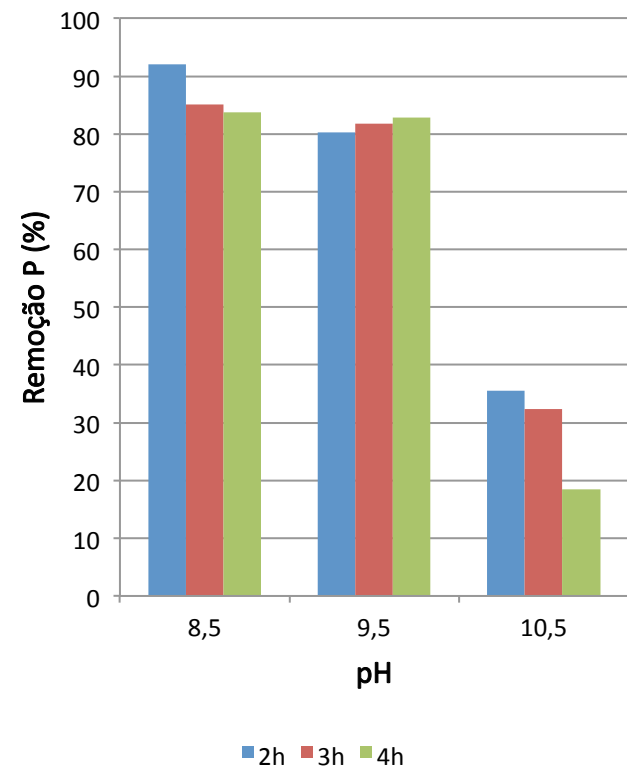
[20 mg Mg/L]



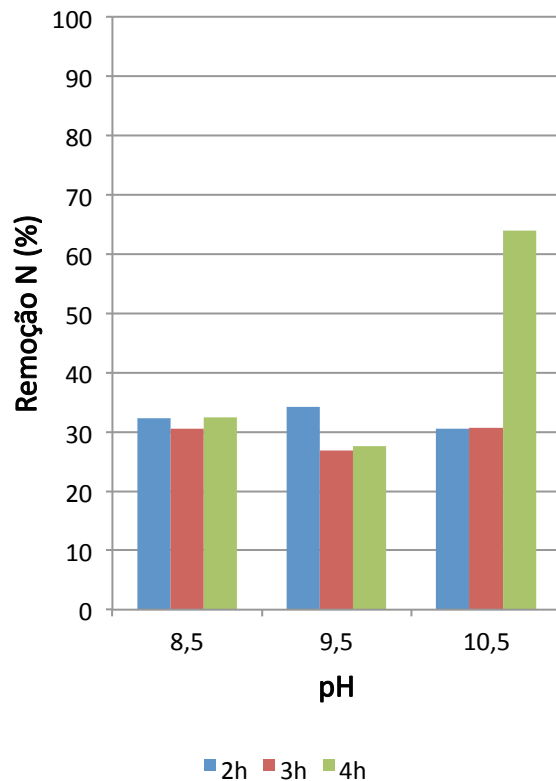
[40 mg Mg/L]



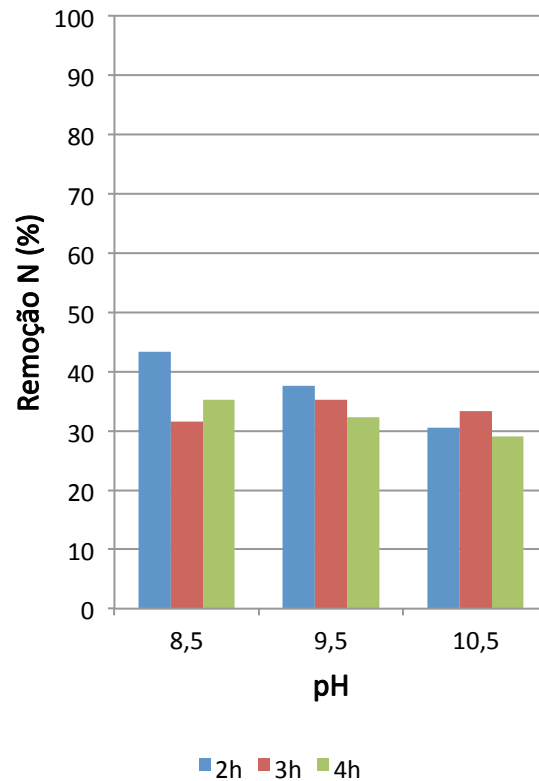
[80 mg Mg/L]



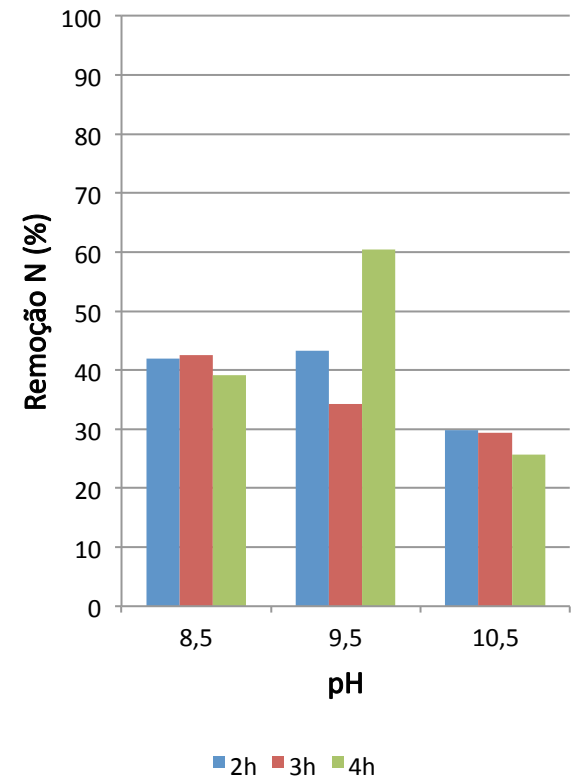
[20 mg Mg/L]

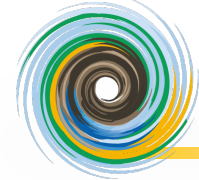


[40 mg Mg/L]



[80 mg Mg/L]

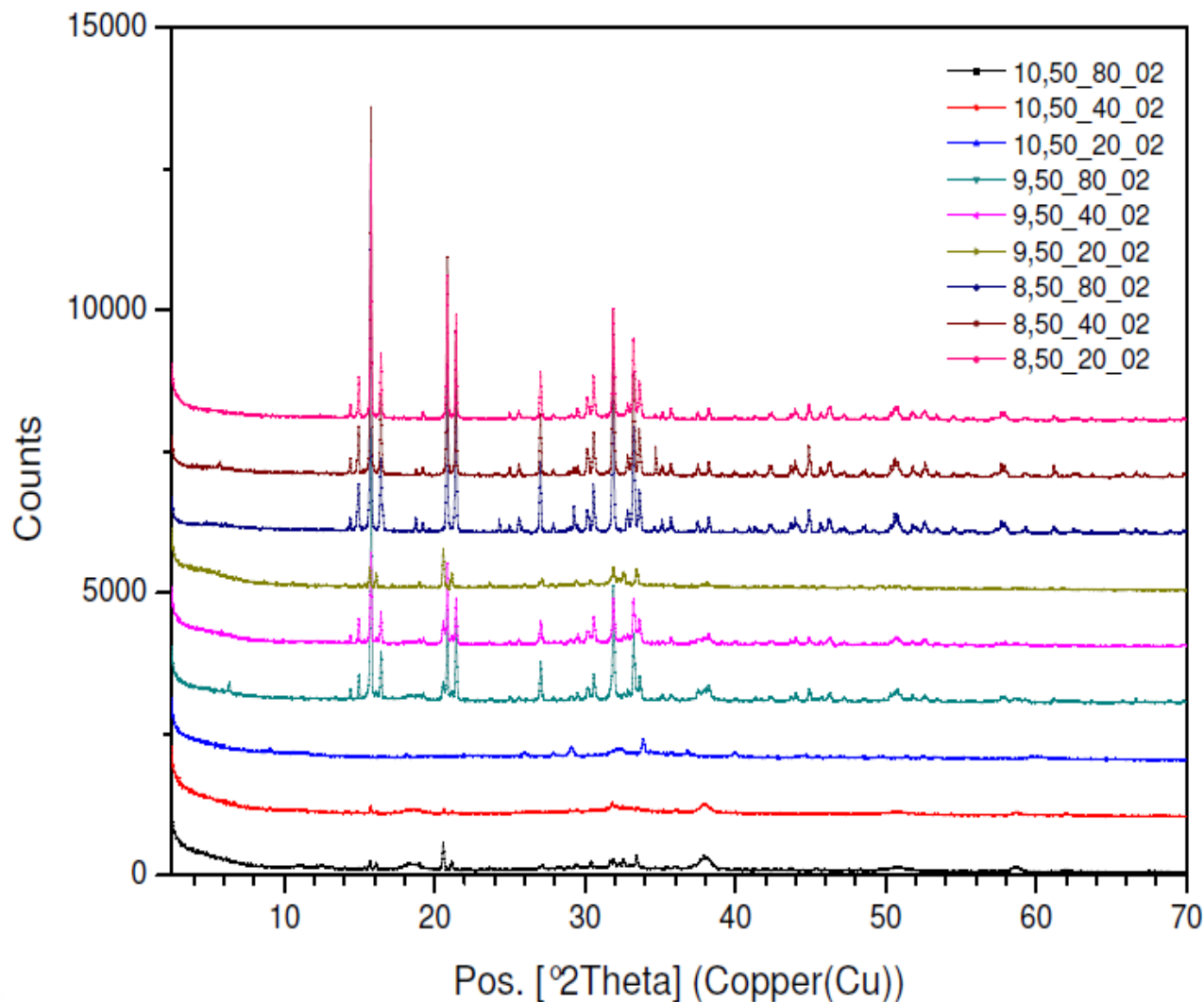




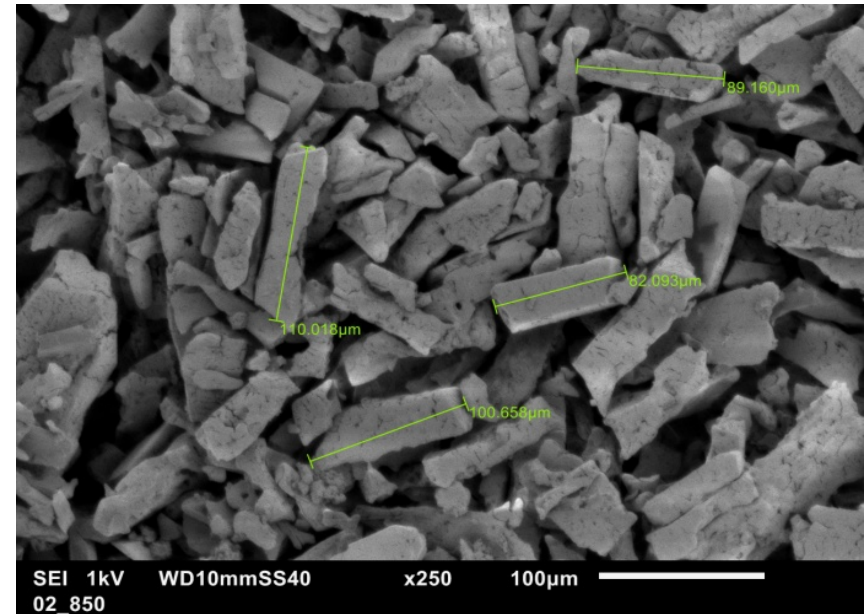
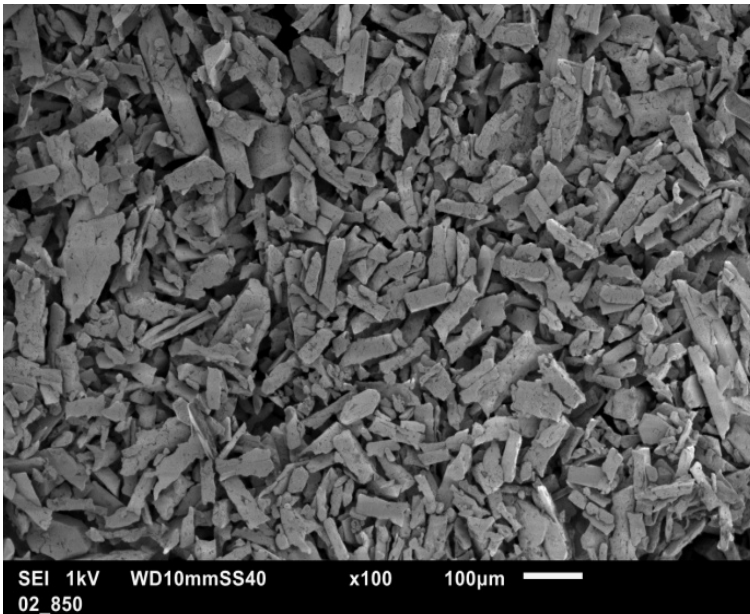
**inct**

ETEs Sustentáveis

## *DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X*

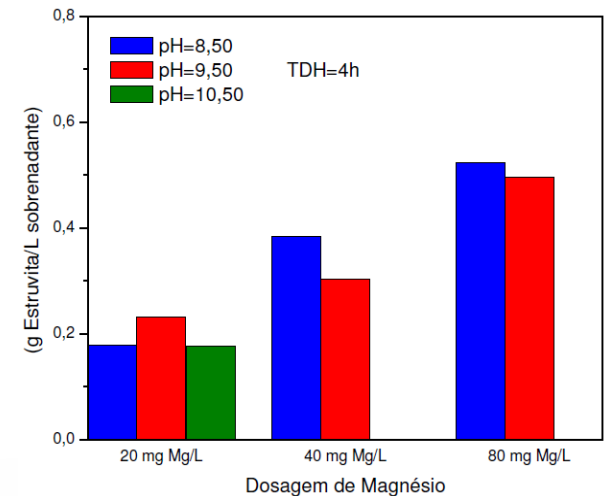
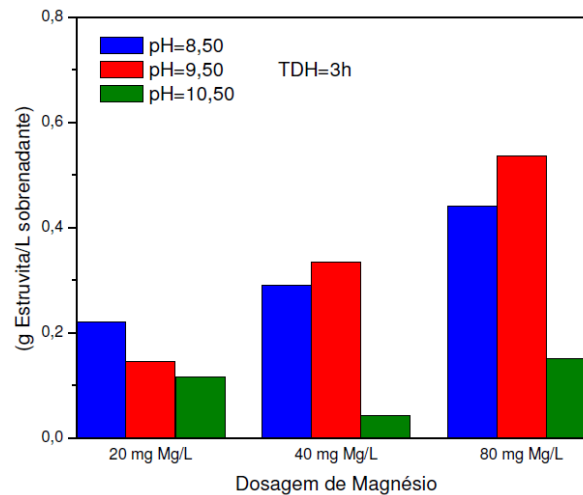
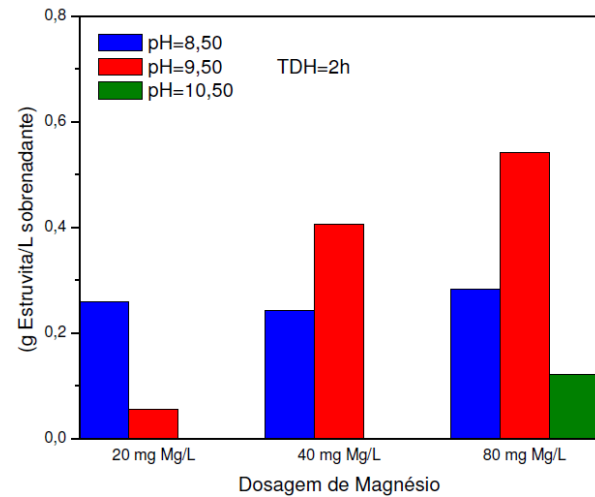


## *- Microscopia Eletrônica de Varredura*



*Aumento dos cristais com o TDH*

## - Recuperação Estruvita/Volume Esgoto



# Obrigado!

*Prof. Roque Pivelli*  
*rppiveli@usp.br*

## Agradecimentos

