



## Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente

**34ETC-06503**

# **FOTO-FENTON SOLAR APLICADO AO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO**

Marisa Morita dos Santos  
Ana Carolina Ferreira Figueiredo  
Caio Victor Lourenço Rodrigues  
Deize Dias Lopes  
Universidade Estadual de Londrina  
[marisamoritads@gmail.com](mailto:marisamoritads@gmail.com)

**OBJETIVOS**  **DE DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL**



# Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente

## **INTRODUÇÃO**

**OBJETIVOS**  **DE DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL**

# Lixiviado de aterro sanitário

- No Brasil grande parte dos resíduos são dispostos no solo.
- Em 2022, 60,5% dos RSU coletados foram destinados a aterros sanitários (Abrelpe, 2022).
- Equivalente a 46.298.378 toneladas de resíduos.
- É uma solução segura e ambientalmente adequada, entretanto:



**Formação do lixiviado  
(chorume)**

Líquidos que infiltram durante as chuvas



Líquidos de decomposição dos resíduos

# Características do Lixiviado

**Composição complexa**

As características do lixiviado refletem:

- As características dos resíduos
- Seu estado de decomposição
- As condições de operação do aterro
- O regime de chuvas

**Lixiviado maduro:**

- Compostos com elevado peso molecular
- Elevada concentração de Nitrogênio amoniacal e alcalinidade
- Baixa biodegradabilidade (DBO/DQO <0,1)

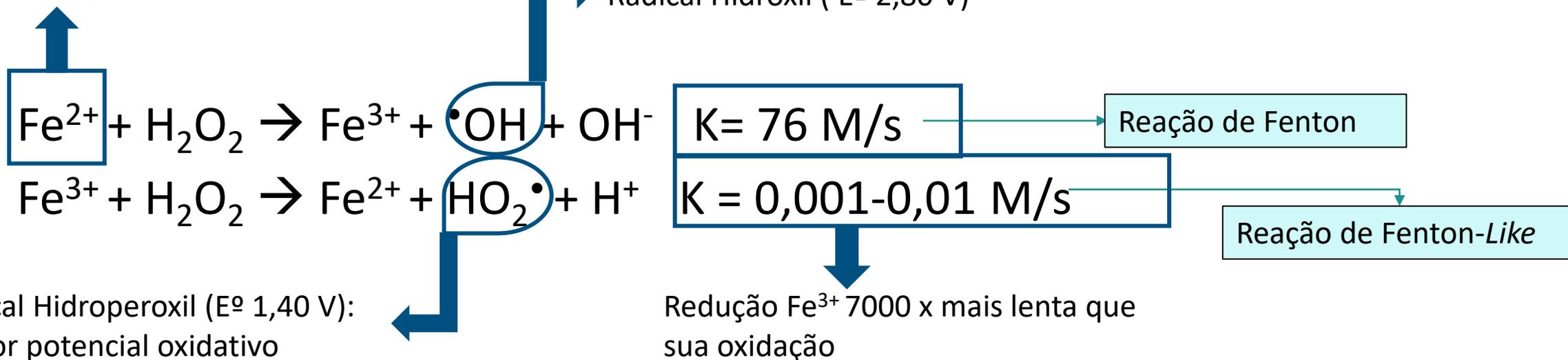
Processos Biológicos ←

→ Tratamento físico-químico

# Processo Fenton

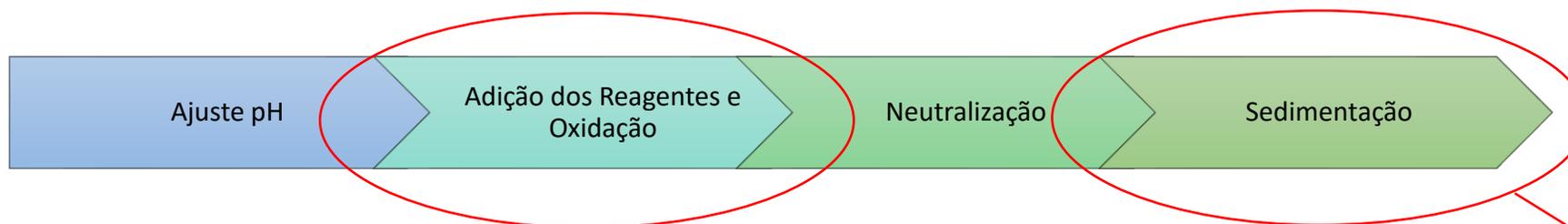
- Processo Oxidativo Avançado muito estudado para tratamento de águas residuárias.
- Catálise da decomposição do  $\text{H}_2\text{O}_2$  para formar radicais hidroxil ( $\text{OH}^\bullet$ )
- Os íons ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) são os catalisadores da reação e são oxidados a íons férricos ( $\text{Fe}^{3+}$ )

Limitante no processo



# Processo Fenton

## Etapas do Processo



### Mecanismos de remoção de M.O

- Dosagem de reagentes
- Razão molar entre eles
- pH

**Desvantagem:**  
Geração de Lodo químico

### Características do lodo:

- Alta concentração de matéria orgânica
  - Remoção de DQO por coagulação
- Presença de ferro – agente coagulante – e outros metais

# Foto-Fenton

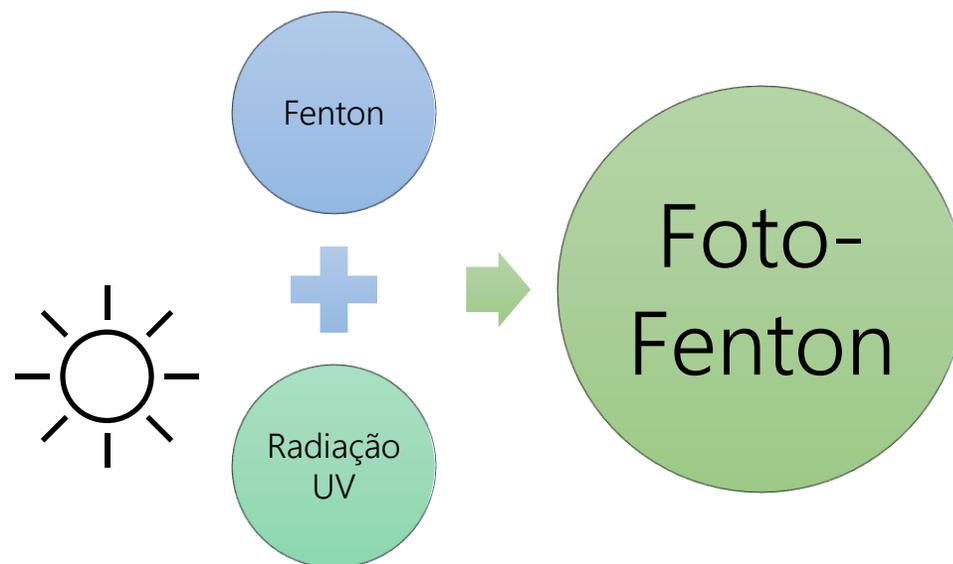
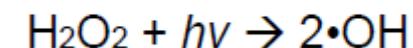
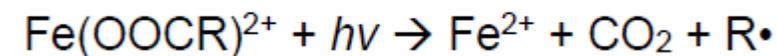
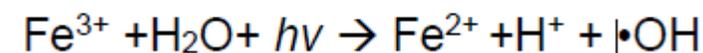
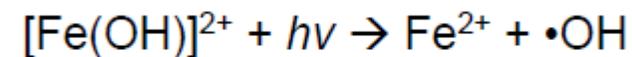


Foto-Fenton solar:

- Reduzir os custos de operação
- Simplificar os processos

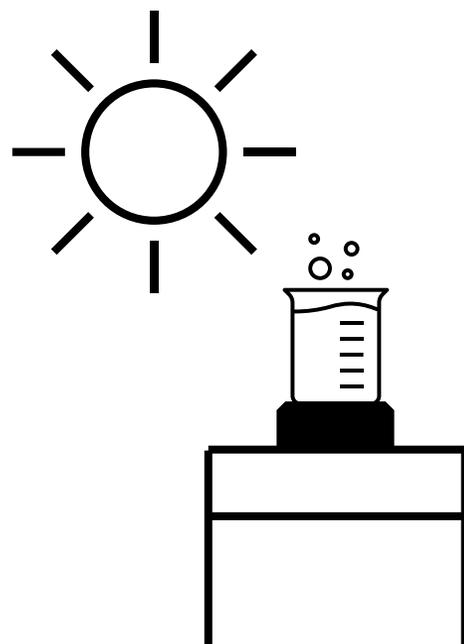
**Além das reações do Fenton convencional:**

- Redução do  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$
- Degradação de produtos intermediários
- Fotólise do  $\text{H}_2\text{O}_2$



# Objetivo

- Avaliar o potencial da aplicação do processo Foto-Fenton Solar no tratamento de lixiviado de aterro sanitário pré-tratado biologicamente em comparação ao processo Fenton Convencional, visando a menor produção de lodo.





# Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente

## **METODOLOGIA**

**OBJETIVOS**  **DE DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL**

# Delimitação do estudo



Lixiviado Bruto

Lixiviado pré-tratado  
biologicamente

Processo Fenton

Processo Foto

Comparação

pH

Temperatura



# Planejamento experimental

4 condições experimentais:

Ensaio	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mmol. L <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /Fe <sup>2+</sup>	pH	Tempo (min.)
E1	580	10	7,4	90
E2	580	10	5,8	90
E3	380	16	5,8	90
E4	580	16	7,4	90

**Variando:**

- Concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Relação molar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup> e ;
- pH.

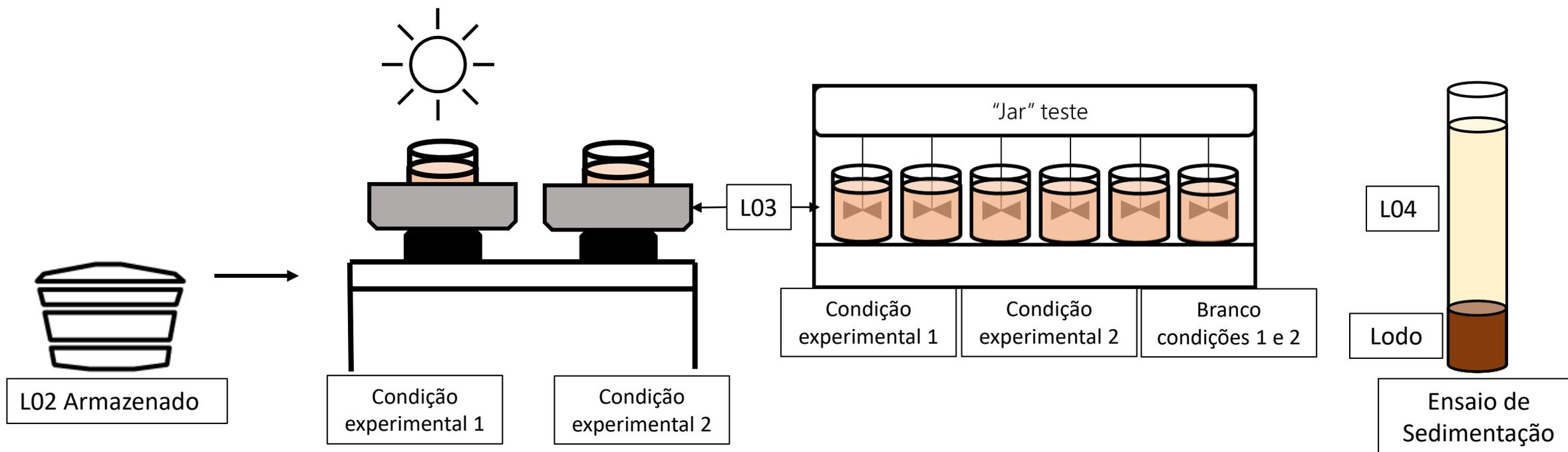
**Estudo da variação temporal das características do efluente em tratamento (perfil)**

Ponto do Perfil	Tempo	Análises
P1	Antes do início da oxidação	DQO
P2	30 min. de oxidação	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e DQO
P3	60 min. de oxidação	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e DQO
P4	Fim da oxidação	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e DQO
P5	Sobrenadante	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e DQO

# Procedimento experimental

## FOTO-FENTON SOLAR (FFS)

## FENTON CONVENCIONAL (FC)





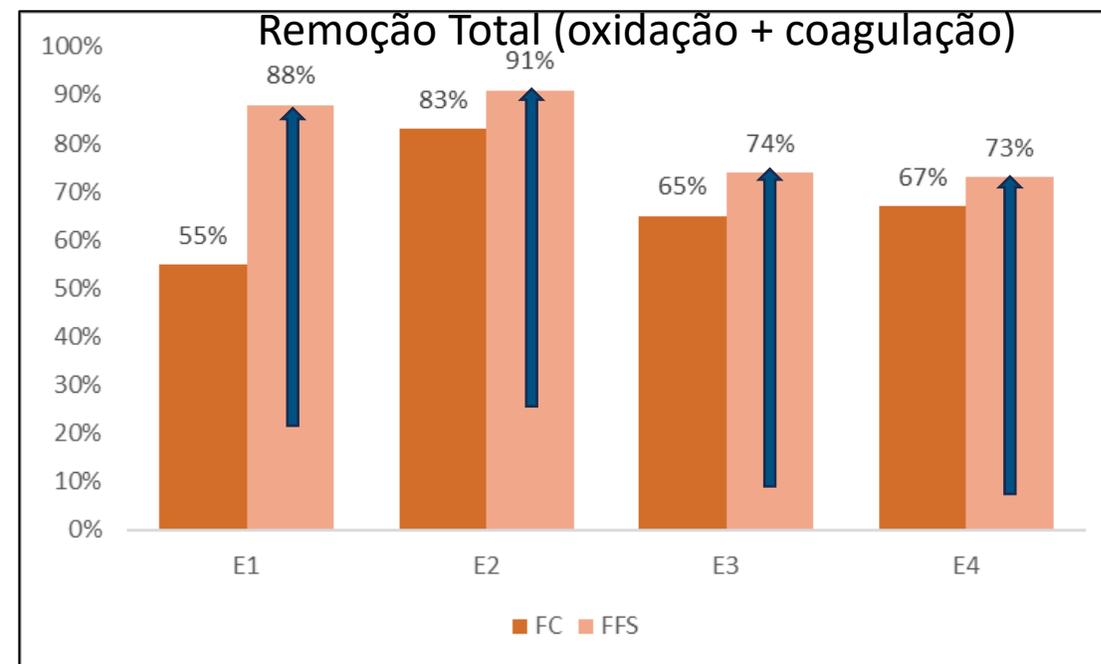
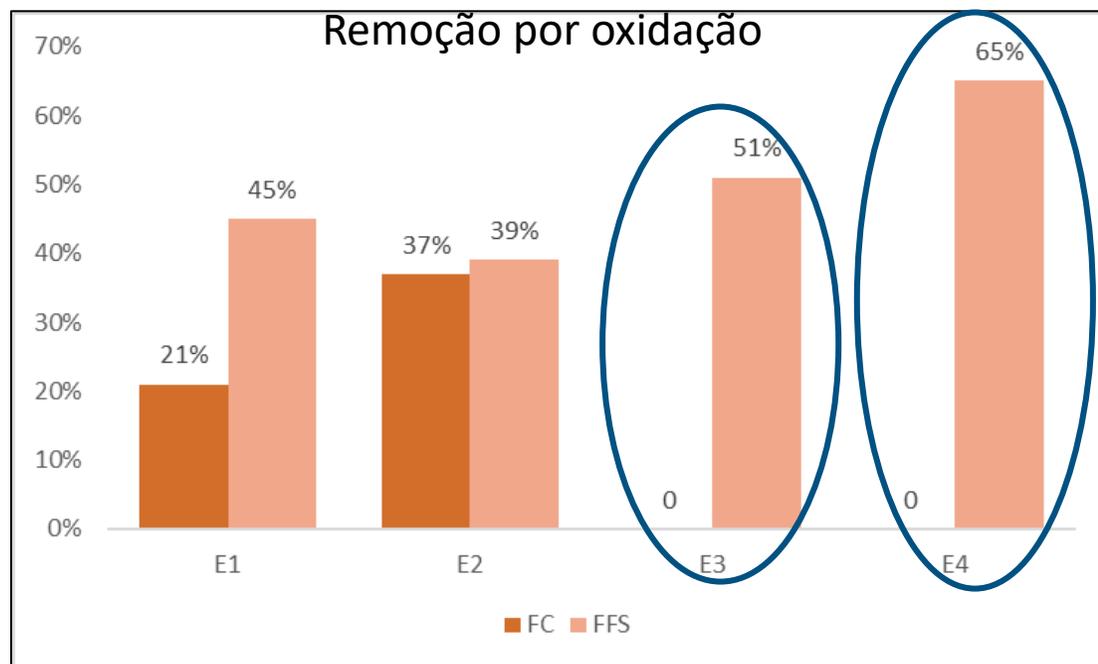
# Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente

## **PRINCIPAIS RESULTADOS**

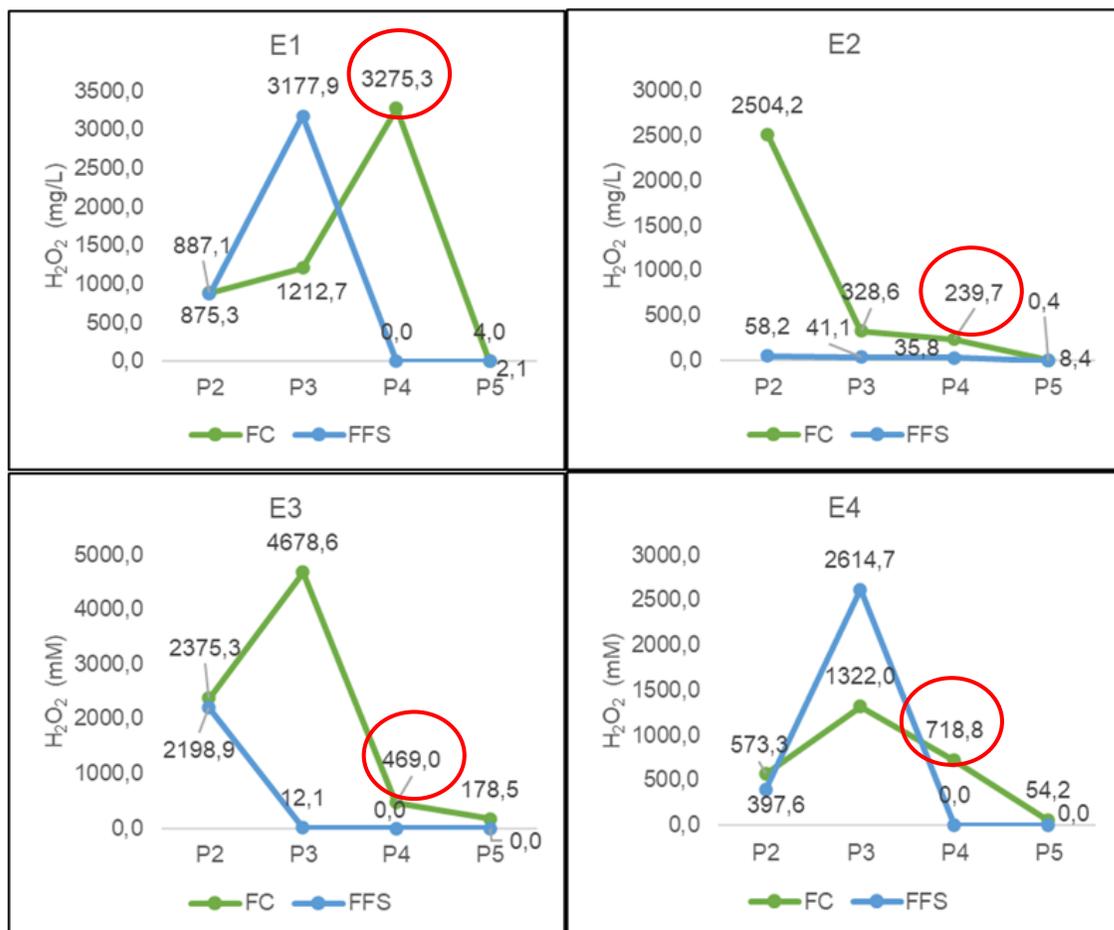
**OBJETIVOS**  **DE DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL**

# Resultados – Remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO)



- Não houve remoção de DQO por oxidação no Fenton Convencional nos ensaios E3 e E4.
- A remoção de DQO total (oxidação + coagulação) foi superior no FFS, como esperado.
- O Foto Fenton Solar aumenta a taxa de redução do  $\text{Fe}^{3+}$  e, na presença de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , aumenta a produção de  $\text{OH}^\bullet$ .
- No Fenton Convencional, o principal limitante foi o  $\text{Fe}^{2+}$  disponível para catálise.

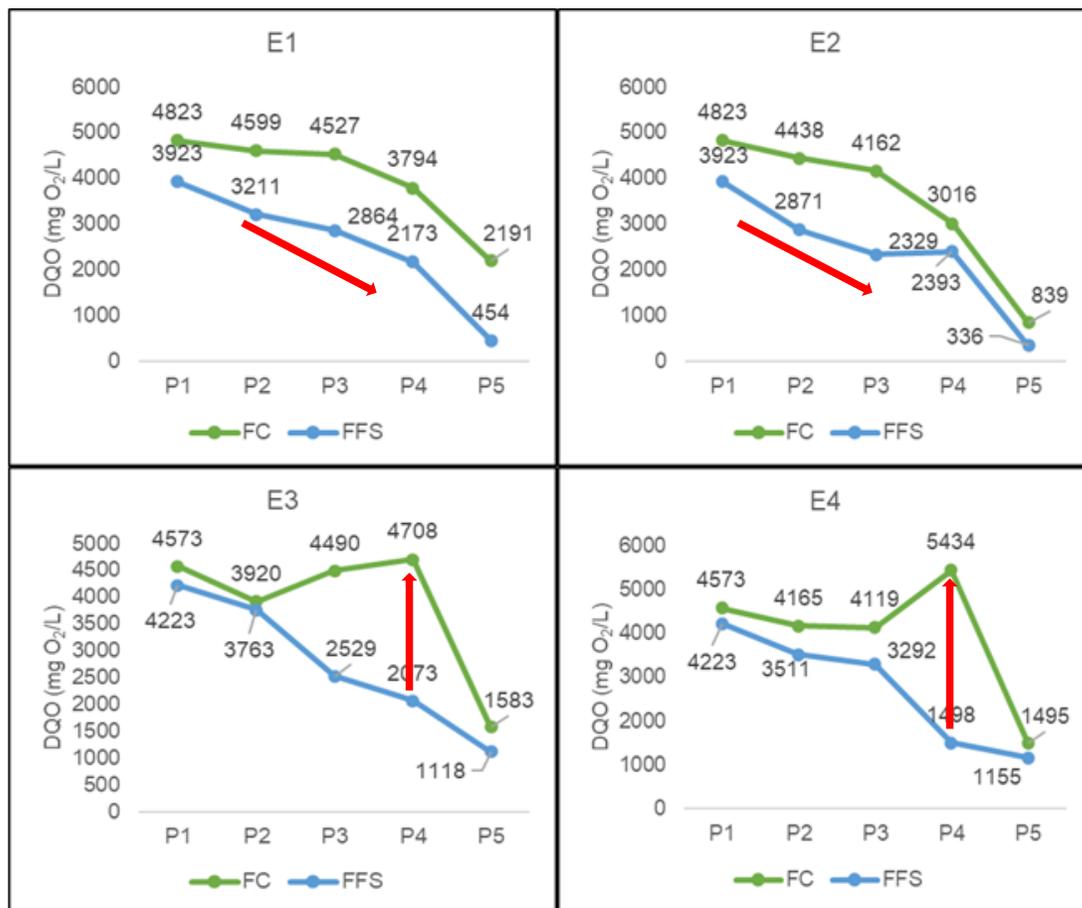
# Resultados – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> remanescente



Ponto do Perfil	Tempo
P1	Antes do início da oxidação
P2	30 min. de oxidação
P3	60 min. de oxidação
P4	Fim da oxidação
P5	Sobrenadante

- Resultados de etapas anteriores indicavam peróxido residual ao longo do ensaio
- Ao fim da oxidação (P4) não havia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> residual no FFS, apenas no FC
- Fato pode estar relacionado com a relação molar.
  - A quantidade de Fe<sup>2+</sup> adicionada foi rapidamente consumida na decomposição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, entretanto, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> remanescente era lentamente decomposto pela ação dos íons Fe<sup>3+</sup>
  - Tempo de reação insuficiente para decomposição de todo o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

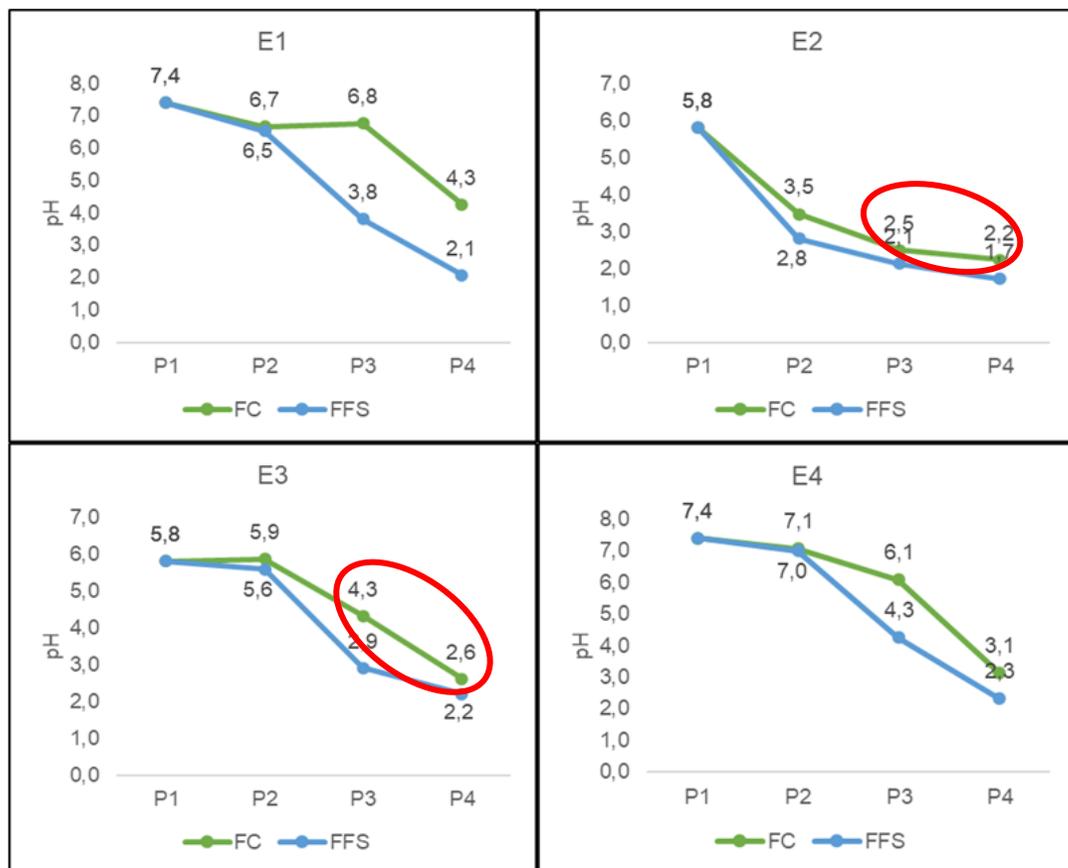
# Resultados – DQO



Ponto do Perfil	Tempo
P1	Antes do início da oxidação
P2	30 min. de oxidação
P3	60 min. de oxidação
P4	Fim da oxidação
P5	Sobrenadante

- No perfil, notou-se que nos ensaios com  $H_2O_2/Fe^{2+} = 10$  (E1 e E2):
  - FC e FFS seguiram a mesma tendência
- Em E3 e E4, houve aumento da DQO medida:
  - Hipótese inicial: peróxido residual
  - Após correção do valor da DQO: inorgânicos interferiram nestes resultados

# Resultados – pH



Ponto do Perfil	Tempo
P1	Antes do início da oxidação
P2	30 min. de oxidação
P3	60 min. de oxidação
P4	Fim da oxidação
P5	Sobrenadante

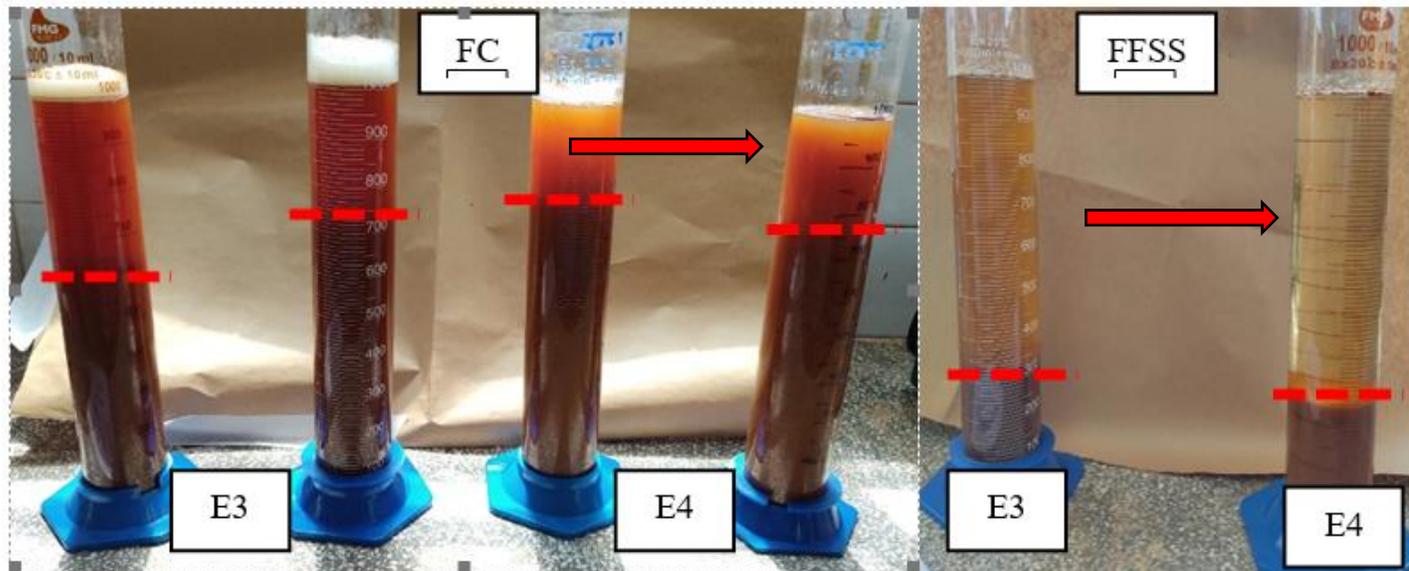
## Fenton Convencional:

- Redução do pH ao longo de todos os ensaios
- E2 e E3 – pH inicial 5,8
  - pH na “faixa ótima” em P3

## Foto Fenton Solar:

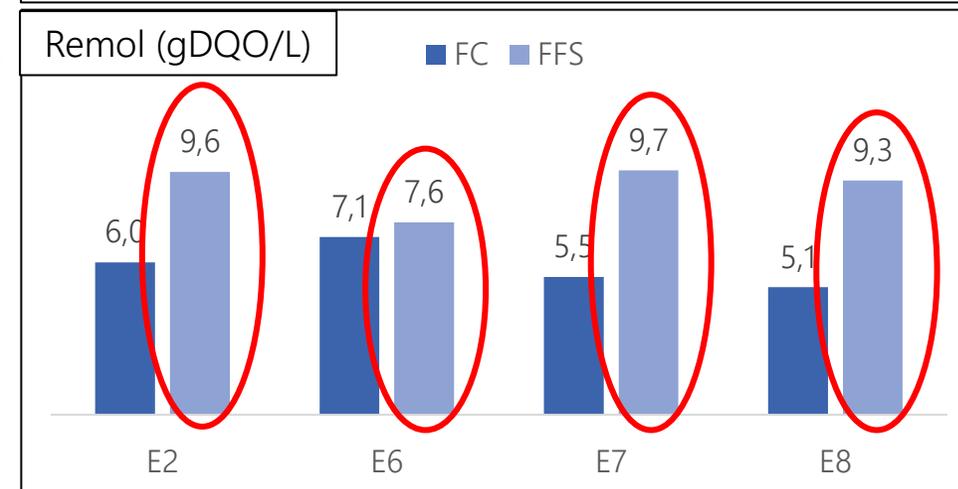
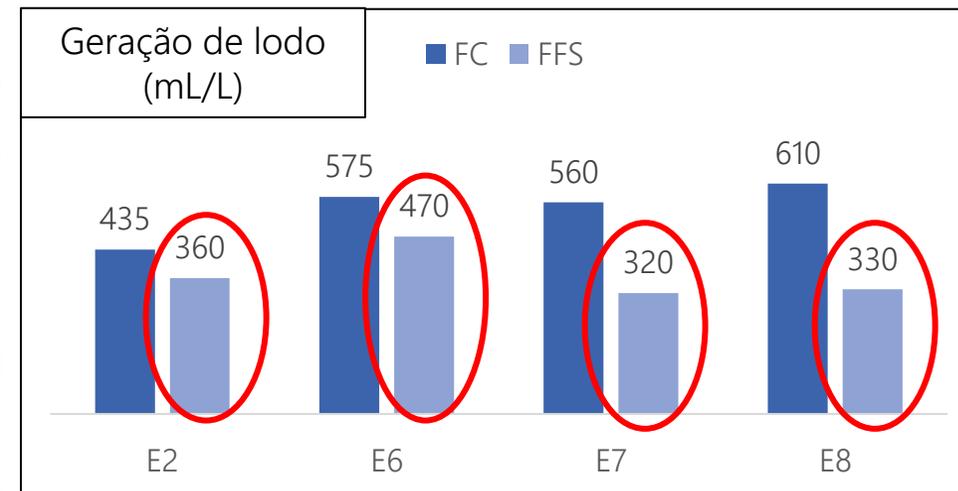
- Redução do pH ao longo de todos os ensaios
- Redução do pH mais rapidamente que no FC
- Todos os experimentos com pH na faixa ótima em P3
  - Importante para a fotoredução dos íons férricos

# Resultados – Geração de Lodo



De forma geral:

- FFS levou a menor geração de lodo
- Com aumento da remoção de DQO e diminuição da geração de lodo:
  - Remol FFS > Remol FC
- FFS – sobrenadante mais clarificado
- Ainda, houve um aumento de mais de 10x da velocidade de sedimentação



# Conclusões

- A introdução de radiação UV levou a um aumento da remoção de DQO por oxidação e, diminuição da geração do lodo e aumento do índice Remol;
- O Foto Fenton Solar apresentou melhores características de sedimentabilidade, como aumento de até 10 vezes na velocidade de sedimentação;
- O efluente final do FFS esteve mais clarificado.



## Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente

# Obrigada!

Marisa Morita dos Santos  
Ana Carolina Ferreira Figueiredo  
Caio Victor Lourenço Rodrigues  
Deize Dias Lopes  
Universidade Estadual de Londrina  
[marisamoritads@gmail.com](mailto:marisamoritads@gmail.com)

**OBJETIVOS** DE DESENVOLVIMENTO  
**SUSTENTÁVEL**