



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

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)

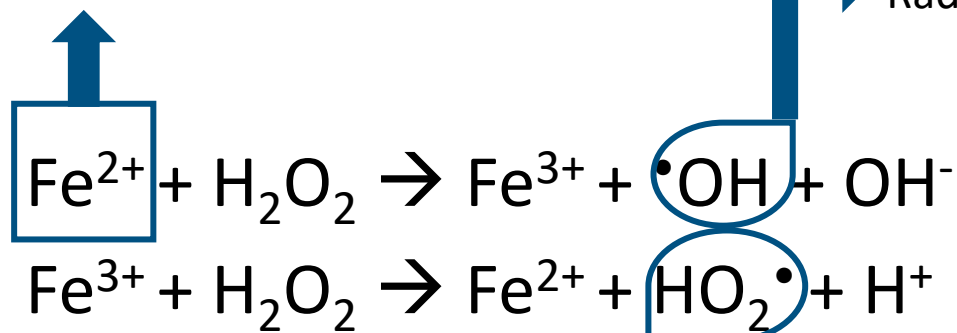
Processos Biológicos ←

→ Tratamento físico-químico

Processo Fenton

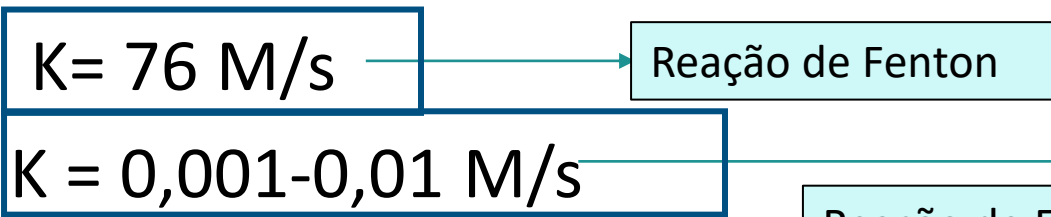
- Processo Oxidativo Avançado muito estudado para tratamento de águas residuárias.
- Catálise da decomposição do H_2O_2 para formar radicais hidroxil (OH^\bullet)
- Os íons ferrosos (Fe^{2+}) são os catalisadores da reação e são oxidados a íons férricos (Fe^{3+})

Limitante no processo



Radical Hidroperoxil ($E^\circ 1,40 V$):
menor potencial oxidativo

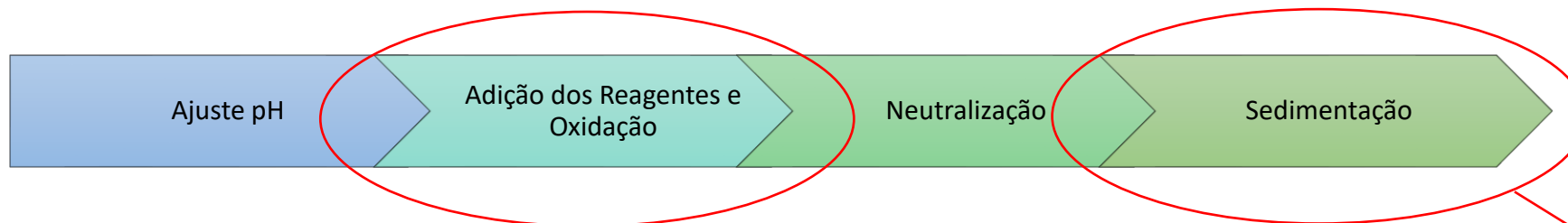
Radical Hidroxil ($E^\circ 2,80 V$)



Redução Fe^{3+} 7000 x mais lenta que sua oxidação

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

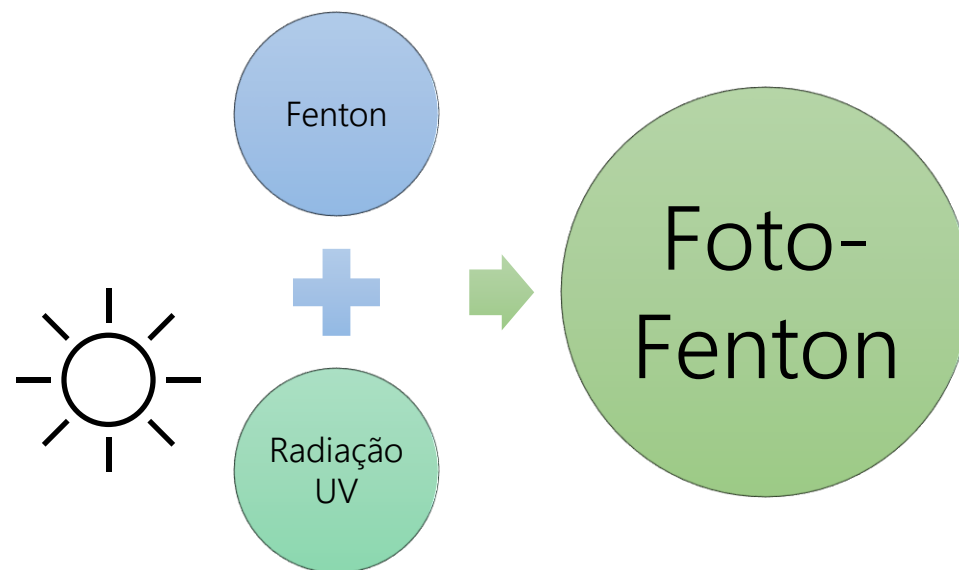
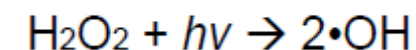
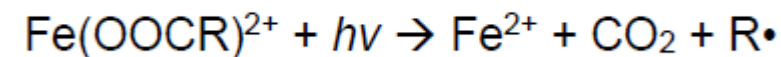
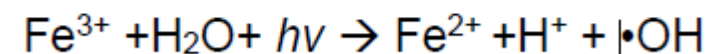
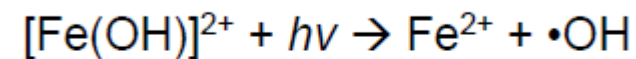


Foto-Fenton solar:

- Reduzir os custos de operação
- Simplificar os processos

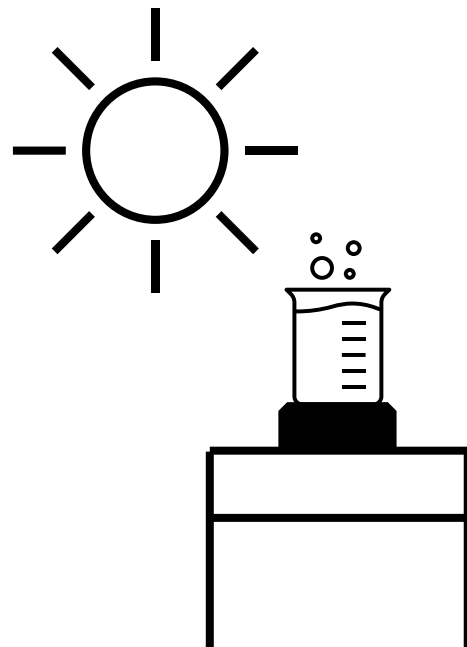
Além das reações do Fenton convencional:

- Redução do Fe^{3+} a Fe^{2+}
- Degradação de produtos intermediários
- Fotólise do H_2O_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**

Delineamento do estudo



Lixiviado Bruto

Lixiviado pré-tratado
biologicamente

Processo Fenton

Processo Foto

Comparação

pH

Temperatura



Planejamento experimental

4 condições experimentais:

Ensaio	H ₂ O ₂ (mmol. L ⁻¹)	H ₂ O ₂ /Fe ²⁺	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 H₂O₂
- Relação molar H₂O₂/Fe²⁺ e ;
- pH.

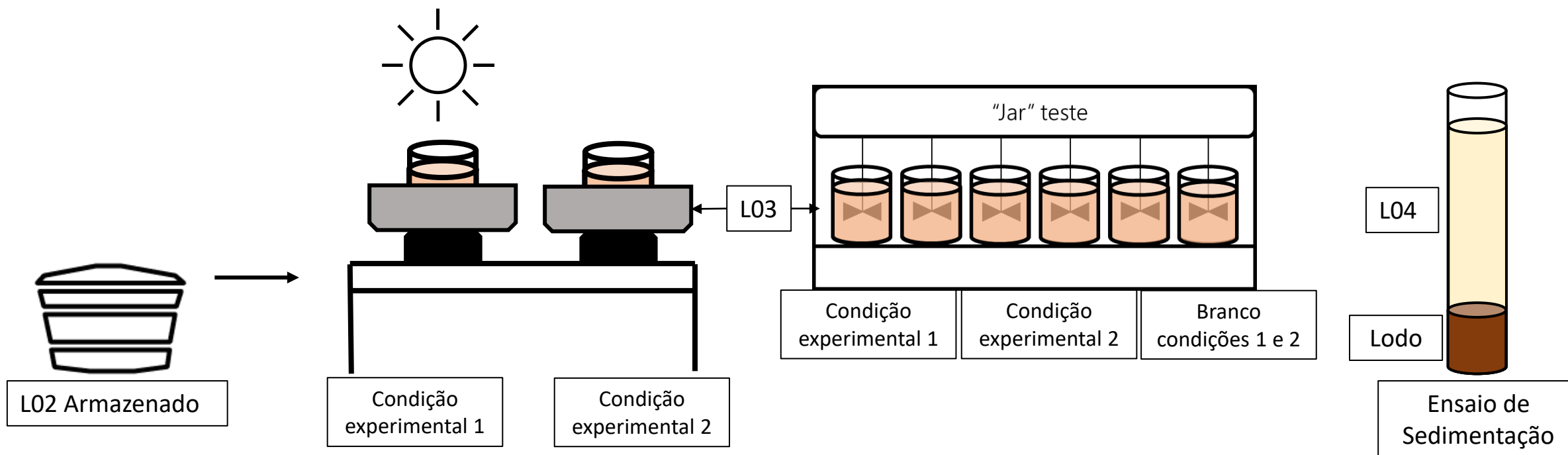
Estudo da variação temporal das características do efluente em tratamento (perfil)

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

Procedimento experimental

FOTO-FENTON SOLAR (FFS)

FENTON CONVENCIONAL (FC)



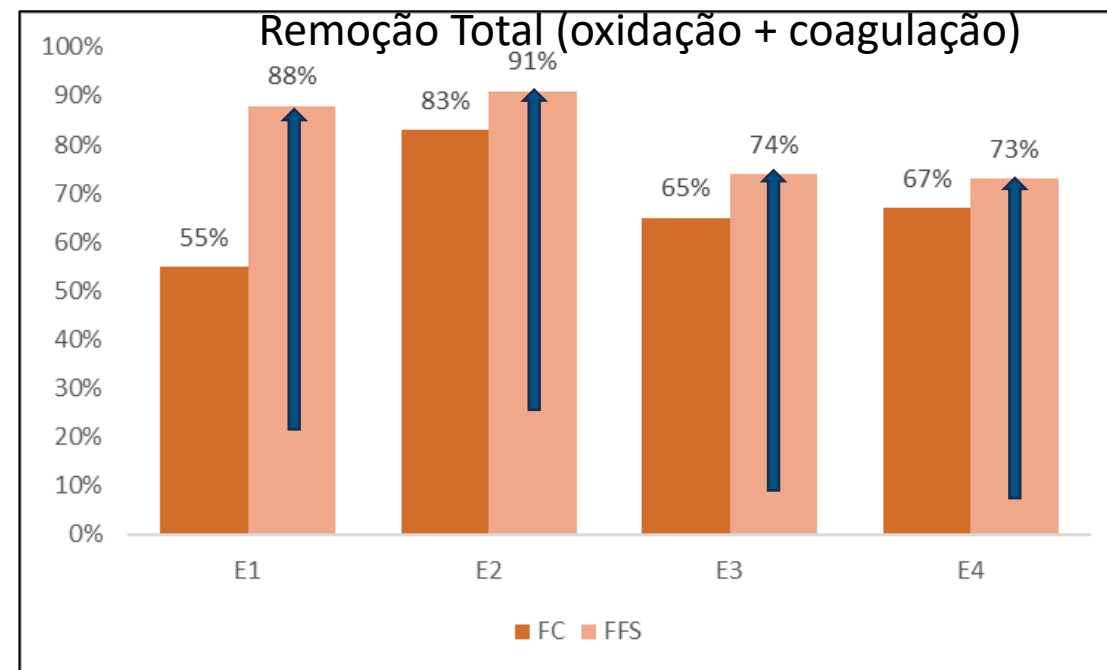
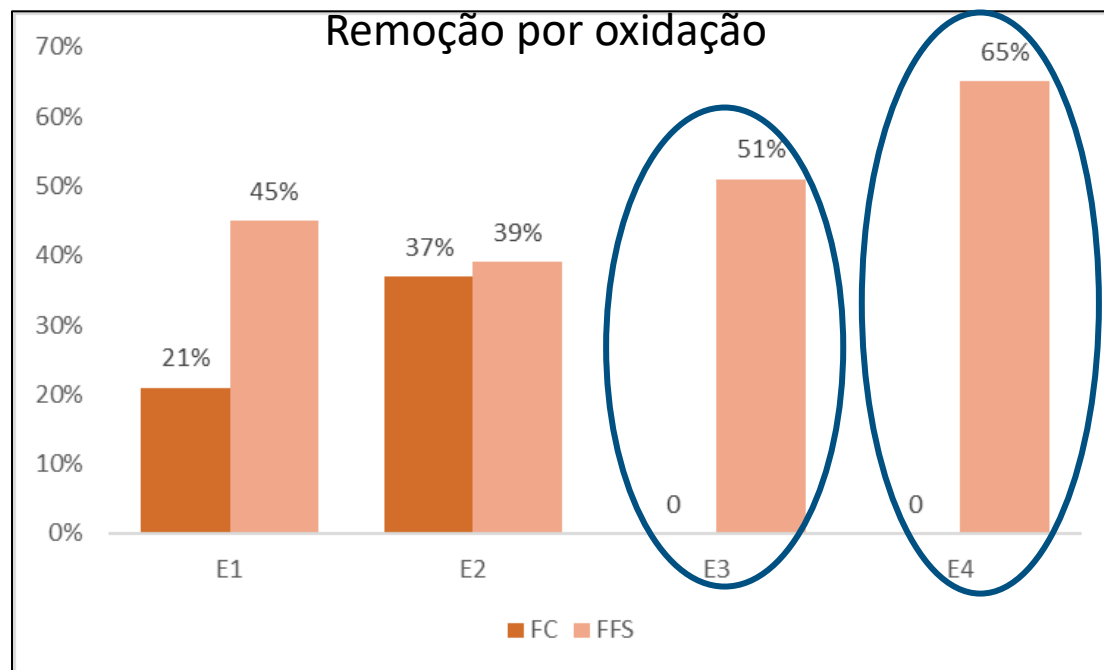


Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

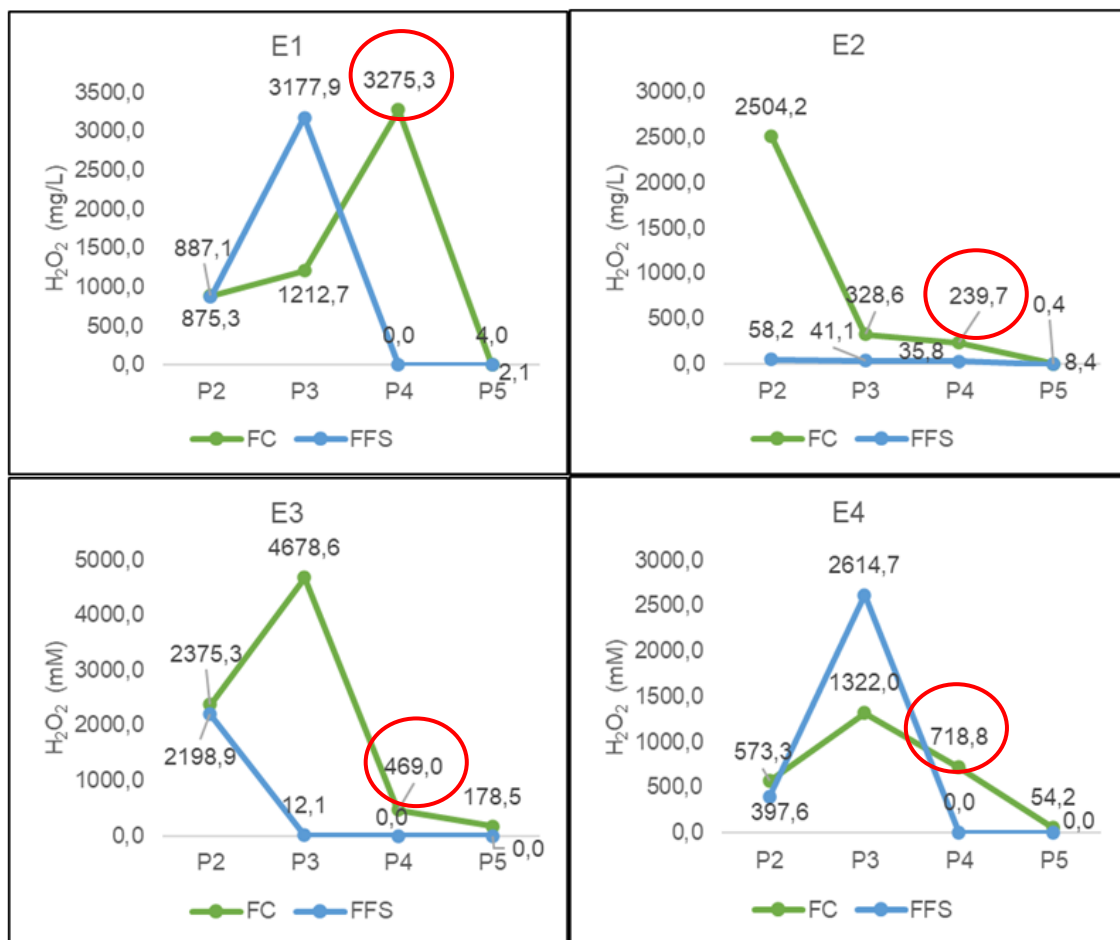
PRINCIPAIS RESULTADOS

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 Fe^{3+} e, na presença de H_2O_2 , aumenta a produção de OH^\bullet .
- No Fenton Convencional, o principal limitante foi o Fe^{2+} disponível para catálise.

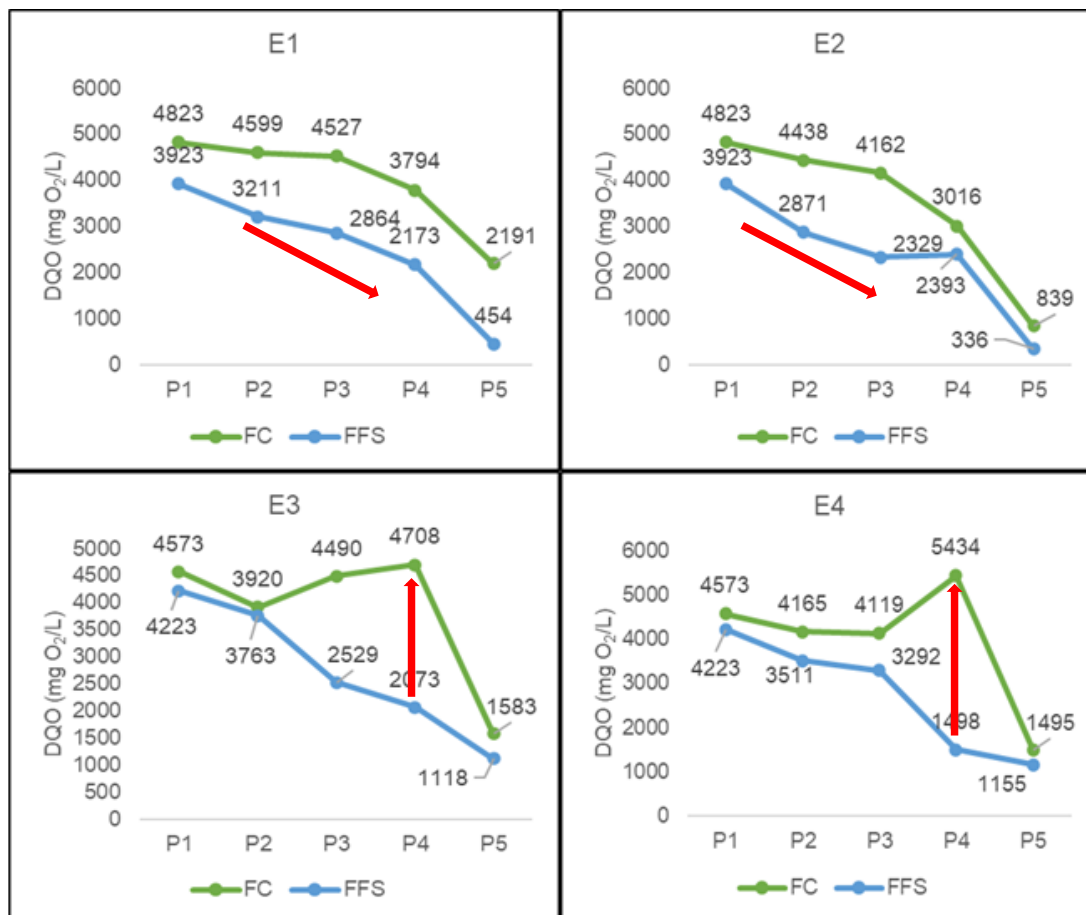
Resultados – H₂O₂ remanescente



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 H₂O₂ residual no FFS, apenas no FC
- Fato pode estar relacionado com a relação molar.
 - A quantidade de Fe²⁺ adicionada foi rapidamente consumida na decomposição do H₂O₂, entretanto, o H₂O₂ remanescente era lentamente decomposto pela ação dos íons Fe³⁺
 - Tempo de reação insuficiente para decomposição de todo o H₂O₂.

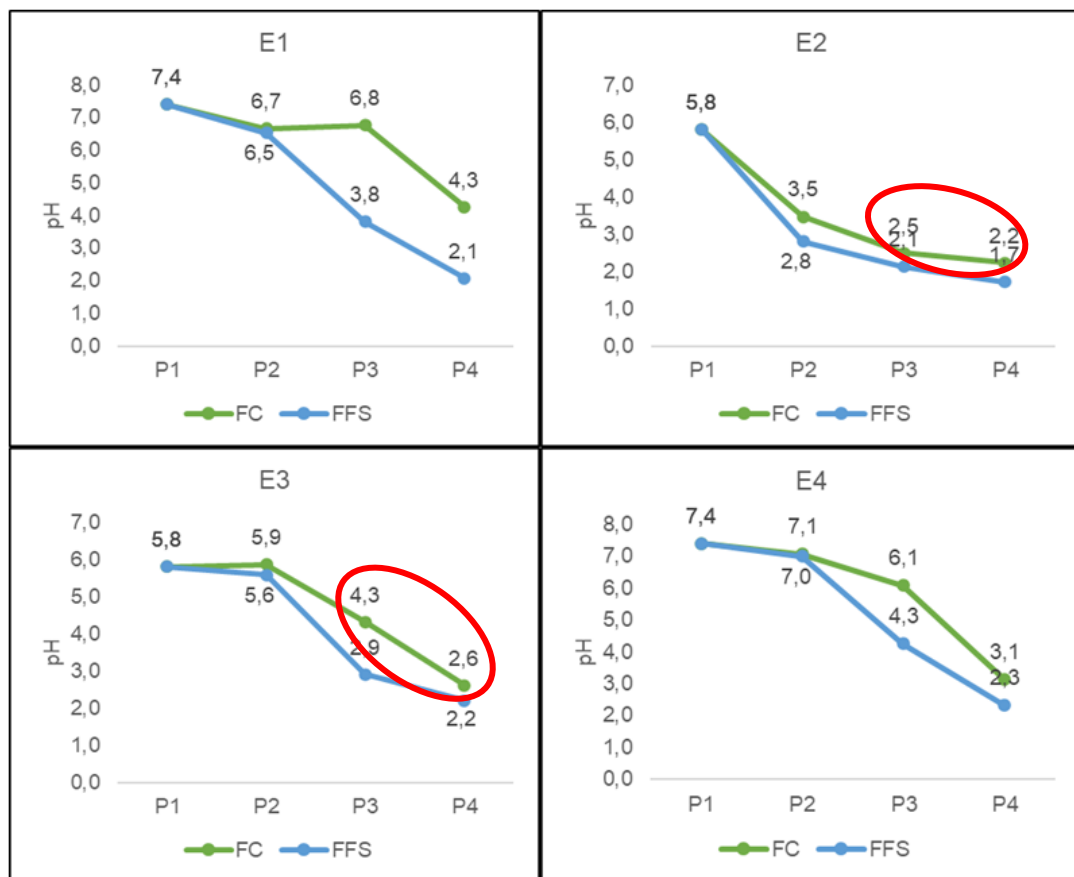
Resultados – DQO



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

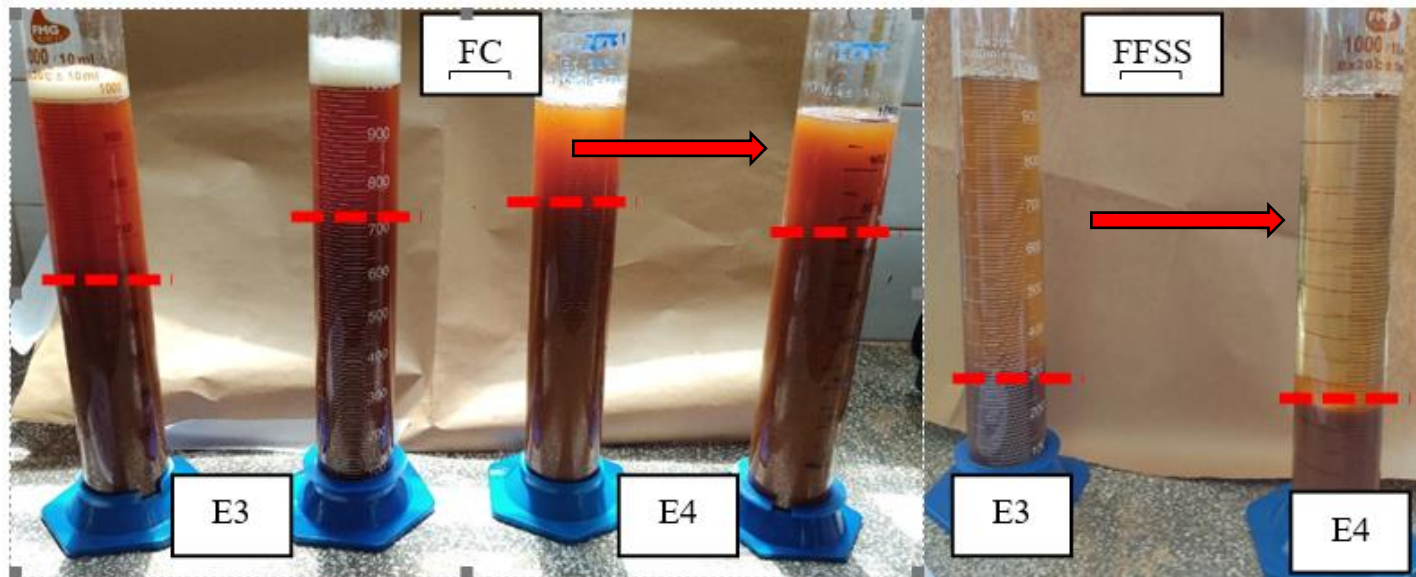
Fenton Convencional:

- 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:

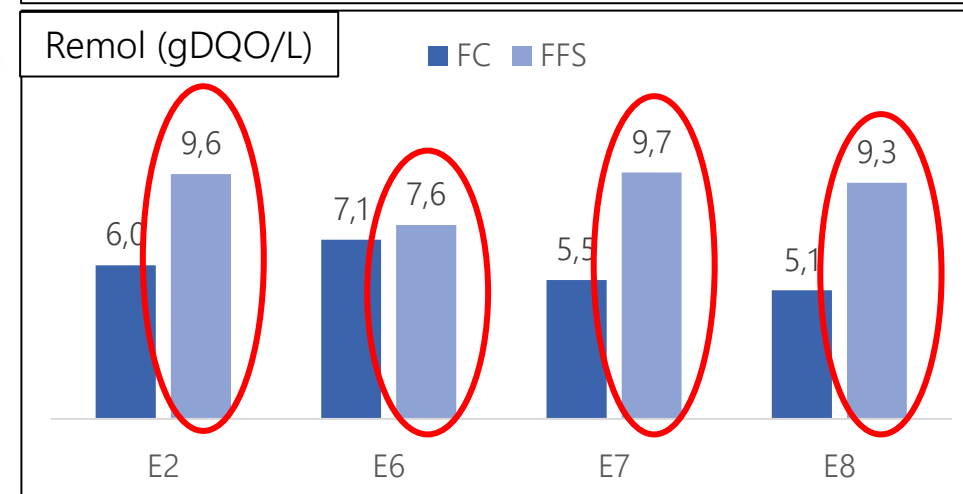
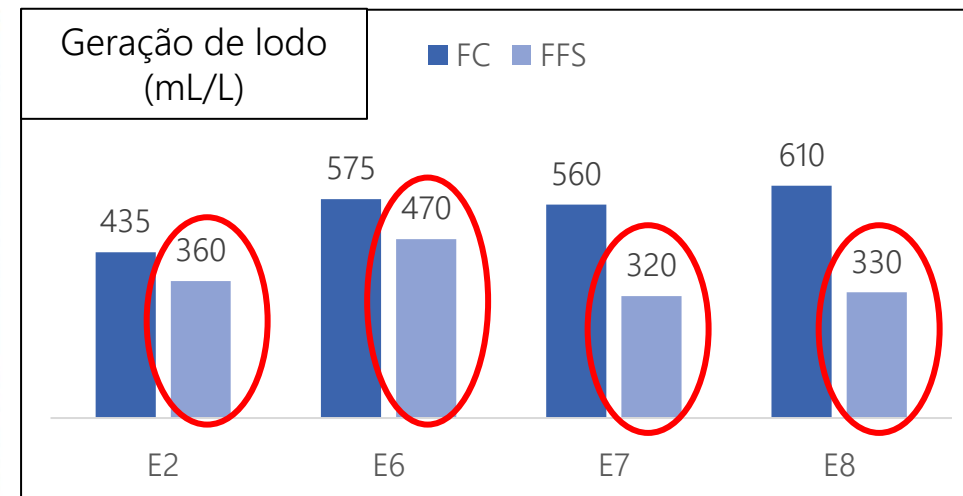
- Redução do pH ao longo de todos os ensaios
- Redução do pH mais rapidamente que no FC
- Todos os experimentos com pH na faixa ótima em P3
 - Importante para a fotoredução dos íons férricos

Resultados – Geração de Lodo



De forma geral:

- FFS levou e 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

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL