

## Tratamento Fotoquímico de Percolado de Aterro Sanitário Visando Reuso na Agricultura

Monique Rosolem Chinelatto<sup>1</sup>; Larissa Franciane Greve<sup>1</sup>; Ronaldo Teixeira Pelegrini<sup>1</sup> e Núbia Natália de Brito<sup>2</sup>

---

**Resumo:** No presente trabalho, estudou-se o tratamento de percolado de aterro sanitário (chorume) visando avaliar seu potencial de reuso na agricultura. Para o tratamento, foi escolhido o processo fotoquímico baseado na ação de radiação ultravioleta (UV) sobre o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. O tratamento foi realizado em um reator de vidro borossilicato com capacidade volumétrica de 2,5 litros, com controle de temperatura através de refrigeração a água e sistema interno para controle de vazão de recirculação do chorume. As condições experimentais otimizadas ocorreram à temperatura de 45° C, vazão de recirculação 400 mL min<sup>-1</sup>, volume de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 mL, empregando uma lâmpada de mercúrio de alta pressão, de 400 W, sem o invólucro externo. O tratamento foi realizado durante 120 minutos e apresentou redução de cor da ordem de 97%, de 50% na turbidez e de 72% na demanda química de oxigênio. Em análise de identificação de toxicidade aguda utilizando as espécies: *Lactuca sativa* L. (alface); *Solanum gilo* (jiló); *Abelmoschus esculentus* L. (quiabo), verificou-se que a toxicidade poderia ser decorrente da elevada alcalinidade (5100 mgCaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>) persistente após o tratamento fotoquímico. Em razão disso concluiu-se que o chorume tratado por processo fotoquímico (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV), nas condições empregadas neste estudo, apresenta grande potencial para ser testado em pequenas dosagens em procedimentos de correção da acidez do solo. Com um possível aproveitamento da elevada concentração dos íons carbonatos e bicarbonatos disponibilizados, como isso é possível a promoção da economia de insumos agrícolas, ao mesmo tempo, em que o tratamento elimina os impactos ambientais provocados pelo percolado, além de possibilitar o uso de alguns minerais importantes para a agricultura.

**Palavras-chave:** percolado de aterro; oxidação fotoquímica; reuso na agricultura

---

**Abstract:** In the present work, it was studied the treatment of sanitary landfill leachate seeking to evaluate its reuse potential in the agriculture. For the treatment, it was chosen the photochemical process based on the action of ultraviolet radiation (UV) on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. The treatment was accomplished in a reactor of borosilicate glass with volume capacity of 2.5 liters, with temperature control through refrigeration to the water and internal system for control of leachate recirculation flow. The optimized experimental conditions happened to the temperature of 45°C, recirculation flow 400 mL min<sup>-1</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> volume 40 mL, using a lamp of high pressure mercury of 400 W, without the external wrapper. The treatment was accomplished for 120 minutes and it presented color reduction of the order of 97%, of 50% in the turbidity and of 72% in the Chemical Oxygen Demand. In analysis of identification acute toxicity using the species: *Lactuca sativa* L. (lettuce); *Solanum gilo* (scarlet eggplant);

---

<sup>1</sup> Centro de Ciências Agrária CCA- Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação – DCNME, Rodovia Anhanguera Km17- SP 330, CEP: 13600-970 Araras-SP

<sup>2</sup> Instituto de Química IQ - Universidade Federal de Goiás (UFG). Rodovia Campus Samambaia, CP 131 CEP 74001-970 - Goiânia - Goiás

*Abelmoschus esculentus L.* (okra), it was verified that the toxicidade could be due to the high alkalinity ( $5100 \text{ mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ ) persistent after the photochemical treatment. Because of this it was concluded that the leachate treated by photochemical process ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ), in the employed conditions in this study, it shown great potential to be tested in small dosages in procedures of correction of the soil acidity. With a possible use of the high concentration of the ions carbonate and bicarbonate available, it is at the same time, possible the promotion of the economy of agricultural inputs in that the treatment eliminates the environmental impacts provoked by the leachate, besides making possible the use of some important minerals for the agriculture.

**Keywords:** leachate, photochemical oxidation, agriculture reuse

## INTRODUÇÃO

O Percolado de Aterro Sanitário (ou chorume) tem sido relatado pela literatura científica como uma matriz muito tóxica e muitos estudos têm sido implementados para promover tratamentos eficientes a fim de melhorar as condições para descarte [1-5]. Poucos estudos têm sido desenvolvidos no sentido de reaproveitar os importantes nutrientes que restam no chorume após o tratamento [6].

Todavia, o percolado proveniente de aterros sanitários normalmente apresenta alta variabilidade composicional contendo diversos nutrientes que são importantes para agricultura como: nitrogênio, fósforo, potássio e matéria orgânica, além da água, atribuindo a esse resíduo elevado potencial de reuso [7].

O reaproveitamento da água e de nutrientes presentes no chorume é extremamente importante, porque a disponibilidade de água doce no mundo é de 0,007% e a fonte de vários nutrientes é cada vez mais escassa. Sendo a agricultura uma das atividades que demanda muitos nutrientes e grandes quantidades de água, implementar estudos e/ou metodologias de tratamento do chorume visando reuso na agricultura é fundamental para atividades futuras que visam reaproveitar minerais indispensáveis [6].

A idéia da reutilização de águas residuárias para fins de irrigação na agricultura, mesmo as de substâncias ou forrageiras, muitas vezes tem conotação negativa para grande parte da população. Entretanto, sistemas de tratamento quando bem projetados e operados removem satisfatoriamente diversos poluentes reduzindo matéria orgânica, sólidos em suspensão e organismos patogênicos. Além disso, é uma das formas interessantes de poupar considerável volume de água potável utilizado para

atividades que não requerem água de alta qualidade [8].

O reaproveitamento de águas residuárias na agricultura fornece opções inovadoras e alternativas, mas é importante a adoção de um projeto de proteção à saúde pública e emprego de tecnologias apropriadas de tratamento que propicie a retirada de poluentes das substâncias de interesse e ainda devem ser avaliadas algumas variáveis, tais como toxicidade, excesso de nutrientes e aspectos sanitários. Visto que o esgoto doméstico, por exemplo, quando utilizado na agricultura sem tratamento adequado, pode contaminar o ambiente, os trabalhadores e os consumidores [9].

O tratamento químico através de Processos Oxidativos Avançados (POA) é capaz de promover a degradação e até mesmo a mineralização de materiais poluentes representando uma das tecnologias mais promissoras para tratamento de águas residuárias. Segundo De Moraes e Peralta-Zamora [10], o chorume, quando tratado por POA como metodologia terciária, pode promover uma depuração bastante significativa deixando o chorume em condições de reuso. Também podem ser utilizados como técnica de pré-tratamento favorecendo a biodegradação. Esse manejo é mais indicado quando o chorume é originário de aterros “velhos” por possuírem macromoléculas orgânicas resistentes à degradação microbiológica.

Este estudo teve como objetivo avaliar a aplicação de uma metodologia baseada no uso de peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta (UV) no tratamento de chorume, assim como realizar ensaios de toxicidade com a finalidade de avaliar o potencial de reuso do chorume tratado na agricultura.

## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

### Reator Fotoquímico

O tratamento fotoquímico foi realizado em um reator constituído de vidro borossilicato com capacidade de 2,5 L, equipado com sistema de

refrigeração a água através de um condensador, e foi projetado para que o chorume circulasse com o auxílio de uma bomba hidráulica (Invensys Bav 1115-02U 220 V 60 Hz 34 W) (Figura 1).

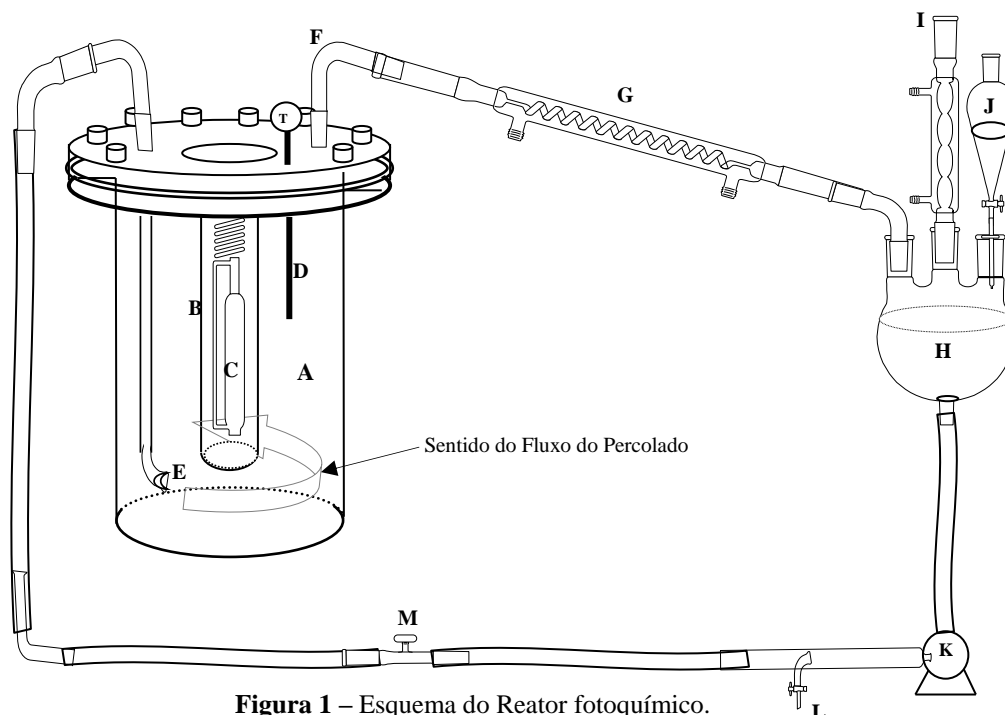


Figura 1 – Esquema do Reator fotoquímico.

A: REATOR - Câmara de Vidro para reações Fotoquímicas;	H: Reservatório;
B: Tubo de Quartzo para abrigo da lâmpada UV;	I: Condensador para saída dos gases;
C: Lâmpada UV (Philips HPL-N de 400 W);	J: Funil de decantação dosador de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ;
D: Termômetro;	K: Bomba hidráulica para recirculação do percolado (Invensys Bav 1115-02U 220 V 60 Hz 34 W);
E: Entrada do percolado;	L: Torneira para coleta de amostras;
F: Saída do percolado para recirculação;	M: Registro para controle de vazão.
G: Condensador para controle da temperatura;	

A radiação ultravioleta (UV) foi provida por uma lâmpada de alta pressão de mercúrio (Philips HPL-N de 400 W), sem o bulbo protetor, para melhor aproveitamento da radiação ultravioleta. A lâmpada sem o bulbo foi acondicionada em um tubo de quartzo, sendo posicionada no centro do reator, onde são realizadas as transformações fotoquímicas. A Figura 2 apresenta uma fotografia do reator fotoquímico em funcionamento.

Adequadas quantias de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foram adicionadas às amostras de percolado, as quais foram agitadas mediante recirculação e irradiadas em determinados tempos (por otimização). Para o controle analítico, alíquotas foram retiradas em intervalos convenientes a fim de serem monitoradas.



- A: Câmara de reação
- B: Sistema de refrigeração
- C: Reservatório
- D: Bomba Hidráulica
- E: Coleta de amostra
- F: Regulador de vazão
- G: Controle elétrico
- H: Reator da lâmpada
- T: Termômetro

**Figura 2-** Foto do reator fotoquímico em funcionamento.

### Análises

A determinação da coloração do chorume foi realizada de acordo com a absorvância no comprimento de onda máximo na região do visível (390 nm) utilizando espectrofotômetro HACH DR 2000, para acompanhamento das características de todas as amostras analisadas.

A determinação dos valores de pH foi realizada de acordo com método potenciométrico utilizando medidor de pH TEC-3M da Tecnal conforme método padrão adotado para análise de águas e efluentes [11].

A determinação da turbidez foi realizada empregando método nefelométrico, utilizando turbidímetro, conforme método padrão adotado para análise de águas e efluentes [11].

A determinação dos valores de demanda química de oxigênio (DQO) foi realizada de acordo com o método Colorimétrico, conforme método padrão adotado para análise de águas e efluentes [11].

O peróxido de hidrogênio residual foi determinado de acordo com procedimento adaptado de Oliveira *et al.*, (2001), baseado na reação entre peróxido de hidrogênio e o íon vanadato ( $\text{VO}_3^-$ ) em

meio ácido. A reação leva à formação de íon peroxovanádio ( $\text{VO}_2^{3+}$ ) de coloração avermelhada, que absorve fortemente em 446 nm [12].

### Determinações das toxicidades crônica e aguda.

Os testes toxicológicos foram realizados por meio da avaliação do potencial de germinação de sementes usando as espécies *Lactuca sativa L.* (alface) *Abelmoschus esculentus L.* (quiabo), *Solanum gilo* (jiló) para toxicidade crônica [13], e *Eruca sativa* (rúcula) para toxicidade aguda [14-16].

As sementes empregadas foram adquiridas no Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Segundo as metodologias empregadas, a realização dos bioensaios necessita do desenvolvimento de uma água de diluição para manter o pH neutro, e concentração de alguns nutrientes importantes para estimular a germinação das sementes, com o objetivo de verificar apenas a inibição causada pelo percolado (agente estressor).

A Tabela 1 apresenta concentrações otimizadas dos nutrientes empregados na água de diluição para as sementes em estudo.

**Tabela 1** - Concentração dos nutrientes em mg.L<sup>-1</sup> para as espécies de sementes.

Espécies de sementes	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
<i>Lactuca sativa</i> <i>L.(alface)</i>	35,00	41,00	61,00	30,00	0,033	0,015	0,04
<i>Abelmoschus</i> <i>esculentus L.</i> <i>(quiabo).</i>	28,00	71,00	74,50	30,00	0,033	0,015	0,02
<i>Solanum gilo</i> <i>(jiló)</i>	28,0	20,7	30,5	30,0	0,033	0,015	0,04
<i>Eruca</i> <i>sativa</i> <i>(rúcula)</i>	28,0	20,7	30,5	30,0	0,033	0,015	0,06

Nestes testes, foram utilizados conceitos da toxicologia, tais como Concentração do Efeito Não Observável (CENO) e Concentração do Efeito Observável (CEO) para toxicidade crônica e o conceito de Concentração Efetiva a 50% (EC50) para toxicidade aguda em que os resultados obtidos permitiram estimar a concentração efetiva da substância tóxica capaz de provocar a redução de 50% na população dos organismos testados.

Para o ensaio de toxicidade crônica, o estudo teve a duração de 120 horas (5 dias) e toxicidade aguda os ensaios foram realizados em um período de 48 horas. Os materiais utilizados foram: sementes, frascos de polietileno, água de diluição otimizada, espátula, lupa, papel-toalha e amostra-teste.

Os métodos consistiram na disposição de quatro camadas de papel-toalha como suporte em placa de Petri ou frasco de polietileno. Os experimentos foram realizados em triplicata, sob temperatura e luminosidade ambiente. Sobre o suporte foram colocadas as sementes para desenvolvimento dos estudos, em seguida o suporte foi umedecido com a amostra teste (1,5 mL no primeiro dia e 1,0 mL nos demais dias), acondicionados em local seco e arejado. Para contraprova do estudo foram preparados frascos contendo sementes umedecidas apenas com água de diluição.

Ao término do teste verificou-se o CENO e o CEO causado pelas diferentes concentrações da amostra teste em comparação com a contraprova realizada apenas com a água de diluição.

De maneira geral, durante um teste de toxicidade aguda, avalia-se a mortalidade ou sobrevivência dos organismos ou alterações na forma. No caso deste estudo foi avaliado o desenvolvimento e inibição das raízes da *Eruca sativa* em 48 horas de ensaios conforme estudos desenvolvidos por Brito, et al., [15-16].

#### **Amostragem**

Foram realizadas amostragens do chorume na entrada da lagoa de tratamento (chorume “bruto”). A amostra de chorume “bruto” foi coletada conforme a produção no Aterro Sanitário do Município de Limeira com mais de 14 anos de idade. Este aterro recebe resíduos domésticos e resíduos industriais classe IIA não inertes e IIB inertes.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

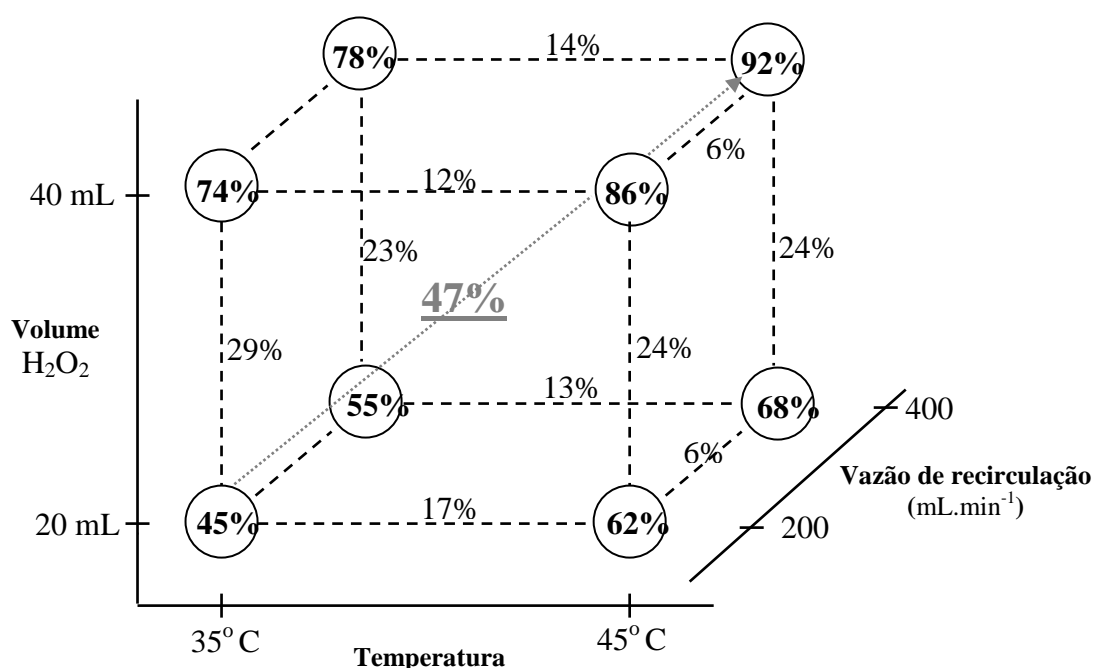
#### **Otimização do processo fotoquímico**

Para dar início aos estudos de degradação do chorume foi elaborado um planejamento fatorial 2<sup>3</sup> visando otimizar alguns parâmetros de tratamento (Tabela 2). Em todos os testes realizados foi mantido

o tempo de tratamento de 120 minutos e estudada a influência do processo fotoquímico em dois níveis, um menor e outro maior, avaliando a porcentagem de redução da cor do chorume através da absorvância medida em 390 nm. Neste estudo, foi priorizada a redução da cor por ser um parâmetro de difícil remoção. Foram estudadas as seguintes variáveis: volume da solução de peróxido de hidrogênio adicionada (20 mL e 40 mL - concentração: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20% m/m), temperatura (35° C e 45° C) e vazão interna de recirculação (200 e 400 mL.min<sup>-1</sup>). Após cada teste foi avaliada a concentração de peróxido de hidrogênio residual.

Para melhor interpretação dos efeitos da combinação das variáveis no Planejamento Fatorial 2<sup>3</sup>

para redução da cor foi construído um diagrama geométrico (Figura 3). Pode-se observar que o aumento da temperatura teve uma influência significativa no rendimento fotoquímico apresentando melhora em torno de 17% quando a temperatura passa de 35°C para 45°C no nível inferior (volume H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mL) e rendimento de 12% no nível superior (volume de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 mL). Com o aumento do volume de peróxido de hidrogênio de 20 mL para 40 mL a eficiência do processo apresentou melhora bastante significativa de 29% a 35° C e de 24% a 45° C. O aumento da vazão de recirculação interna do chorume favoreceu o processo em 6% quando a temperatura é mais elevada (45° C).



**Figura 3-** Diagrama de interpretação geométrica dos efeitos para o processo fotoquímico H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV para redução da cor no tratamento do chorume. Variáveis estudadas: Volume da solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adicionada, Temperatura de tratamento e Vazão de Recirculação Interna.

Observando as condições do menor nível (volume de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mL, temperatura 35° C e vazão de recirculação 200 mL.min<sup>-1</sup>) e do nível de maior eficiência (volume de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 mL, temperatura 45° C e vazão de recirculação 400 mL.min<sup>-1</sup>), o rendimento foi superior a 47%, indicando que essas condições são as ideais para o tratamento fotoquímico do chorume.

Com as condições otimizadas e observando a redução da concentração de peróxido de hidrogênio residual os parâmetros: temperatura 45° C, vazão de

recirculação de 400 mL.min<sup>-1</sup> e volume de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 mL, foram considerados os mais eficientes para a continuidade dos estudos. Fixadas estas condições, adicionou-se o volume de 40 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por gotejamento a uma vazão de 0,6 mL.min<sup>-1</sup> observando uma melhora na eficiência do processo em estudo superior a 5% na redução da cor atingindo a significativa descoloração de 97% em 105 minutos sem apresentar peróxido de hidrogênio residual a 120 minutos de tratamento.



### Estudos da descoloração do chorume

Nas condições otimizadas, os resultados da redução da cor do chorume estão apresentados na Figura 4. Estes resultados são extremamente significativos em função da cor ser um parâmetro de

difícil remoção para os métodos convencionais de tratamentos. Neste estudo, também não foi observada concentração de peróxido de hidrogênio residual em 120 minutos de tratamento fotoquímico ao adotar o sistema de gotejamento à vazão de  $0,6 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  do volume de  $40 \text{ mL H}_2\text{O}_2$ .

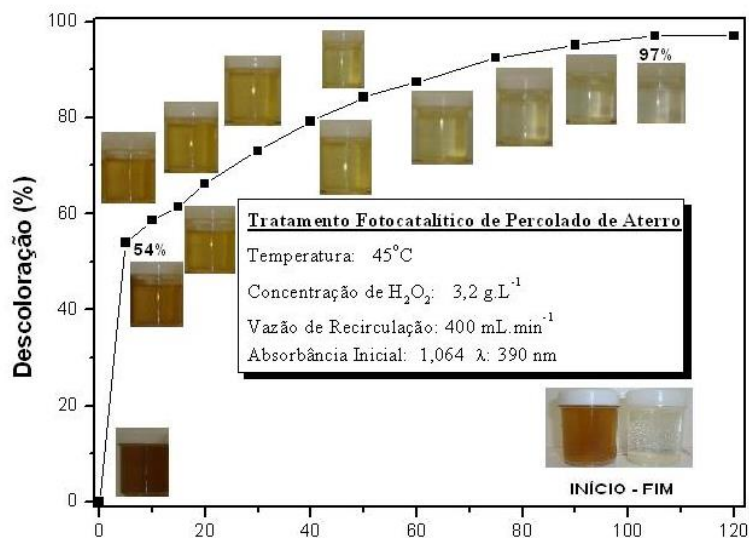


Figura 4 - Estudo da evolução da descoloração do chorume

### Estudos da redução da turbidez do chorume

No estudo da turbidez, foi observada uma redução de 60% em relação aos valores iniciais (Figura 5). A turbidez refere-se à presença de partículas em suspensão e colóides, tais como: argila, lama, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos, concentração de material em suspensão que dificulta a

passagem da luz e interfere significativamente nos processos fotossintéticos quando efluente com elevada turbidez são descartados nos corpos receptores [17].

A redução encontrada por meio deste estudo foi bastante significativa, visto que em muitos casos o material em suspensão pode alojar micro-organismos patogênicos [18].

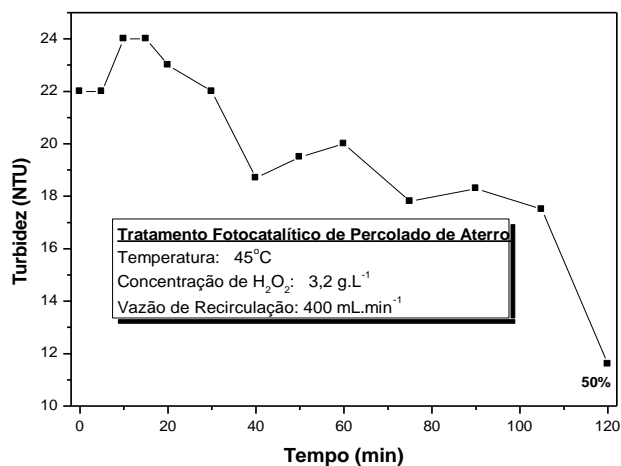


Figura 5 – Estudo da redução dos valores de turbidez.

## Estudo do comportamento dos valores de pH do chorume

Os estudos dos valores de pH apresentaram oscilações entre 7,75 a 8,05 sendo observado um

aumento dos valores nos primeiros minutos do tratamento fotoquímico, mas indicando uma tendência de redução nos minutos finais do tratamento (Figura 6).

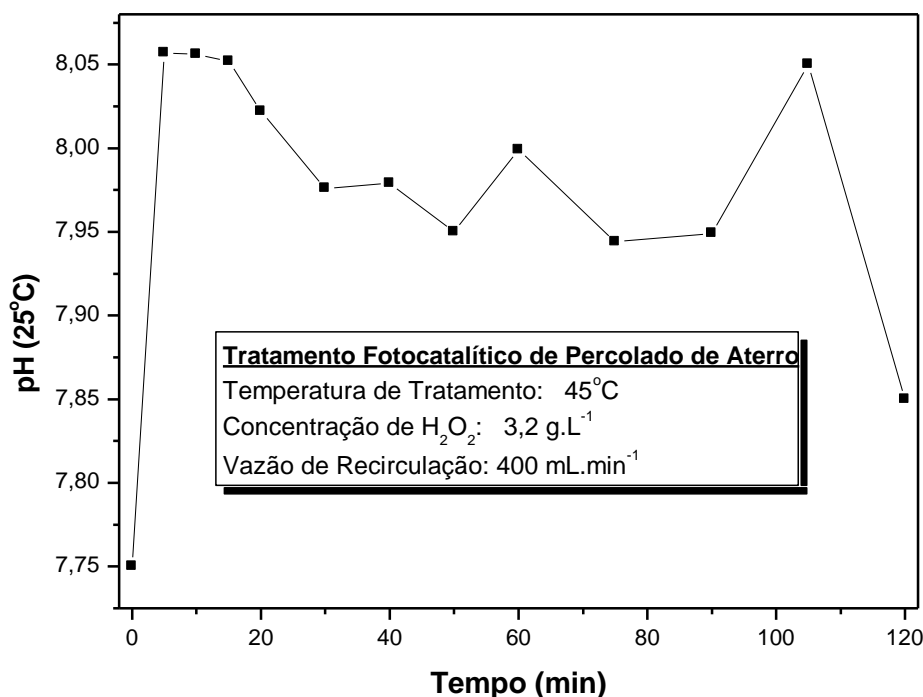
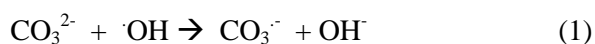


Figura 6- Estudo do comportamento dos valores de pH do chorume.

O aumento dos valores de pH pode ser em decorrência da elevada concentração de espécies sequestrantes (*scavenger*) de radicais hidroxila (Eq. 1), principalmente carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), que são encontrados em altas concentrações no chorume, as quais tendem a formar ânions radicais e íon hidroxila [19].



## Estudo da Redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O processo fotoquímico (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) também apresentou alta eficiência na redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO). Reduções em torno de 60% puderam ser verificadas com apenas 90 min de tratamento e na ordem de 72% foram observadas estendendo o tratamento até 120 minutos (Figura 7).

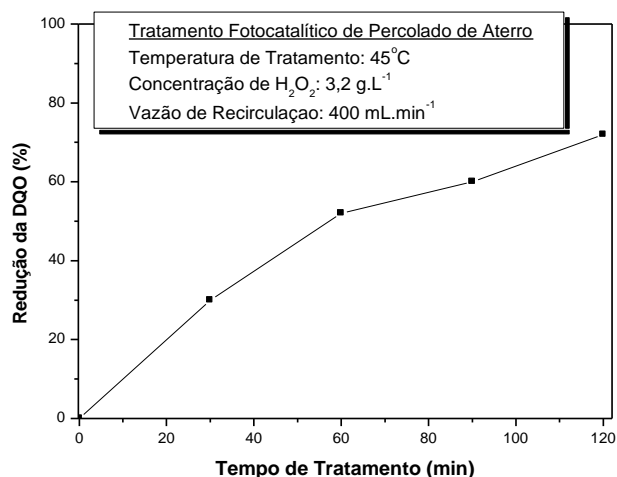


Figura 7 - Estudo da redução dos valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) no tratamento do chorume.

Uma das principais fontes de DQO presentes no chorume esta representada pelas moléculas orgânicas



de alto peso molecular. Em um efluente contendo macromoléculas o processo de tratamento anaeróbico não pode usualmente baixar os níveis de DQO [20]. A capacidade do processo fotoquímico ( $H_2O_2/UV$ ) na redução desse parâmetro é importantíssima e demonstra a eficiência da tecnologia para remediação do chorume “bruto”. Observando a tendência da curva de degradação a partir do monitoramento da DQO, resultados melhores podem ser esperados se o tempo de tratamento for estendido.

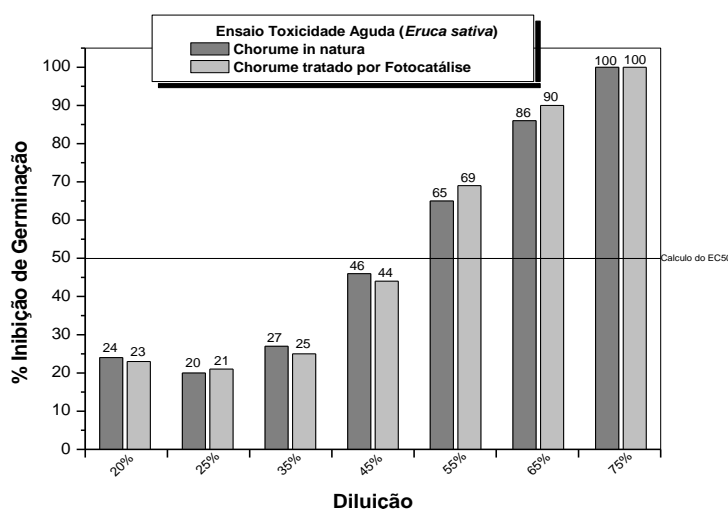
Tal porcentagem de redução da DQO do chorume é um excelente resultado levando-se em conta o curto tempo de tratamento comparando com o tempo gasto pelos processos biológicos convencionais.

### Ensaios de Toxicidade Aguda

Os ensaios de toxicidade foram utilizados para avaliação da viabilidade do uso do chorume na agricultura após o tratamento fotoquímico. Nos estudos foram comparadas as respostas de chorume “bruto” e tratado pelo processo fotoquímico na inibição do desenvolvimento da germinação das sementes.

Os ensaios de toxicidade aguda foram realizados utilizando a espécie *Eruca sativa* como organismo teste conforme metodologia desenvolvida por alguns estudos [6, 15].

Os primeiros ensaios de toxicidade aguda visaram encontrar a diluição do chorume “bruto” e tratado para a determinação da concentração capaz de inibir a germinação de 50% dos organismos testes (EC50) (Figura 8).



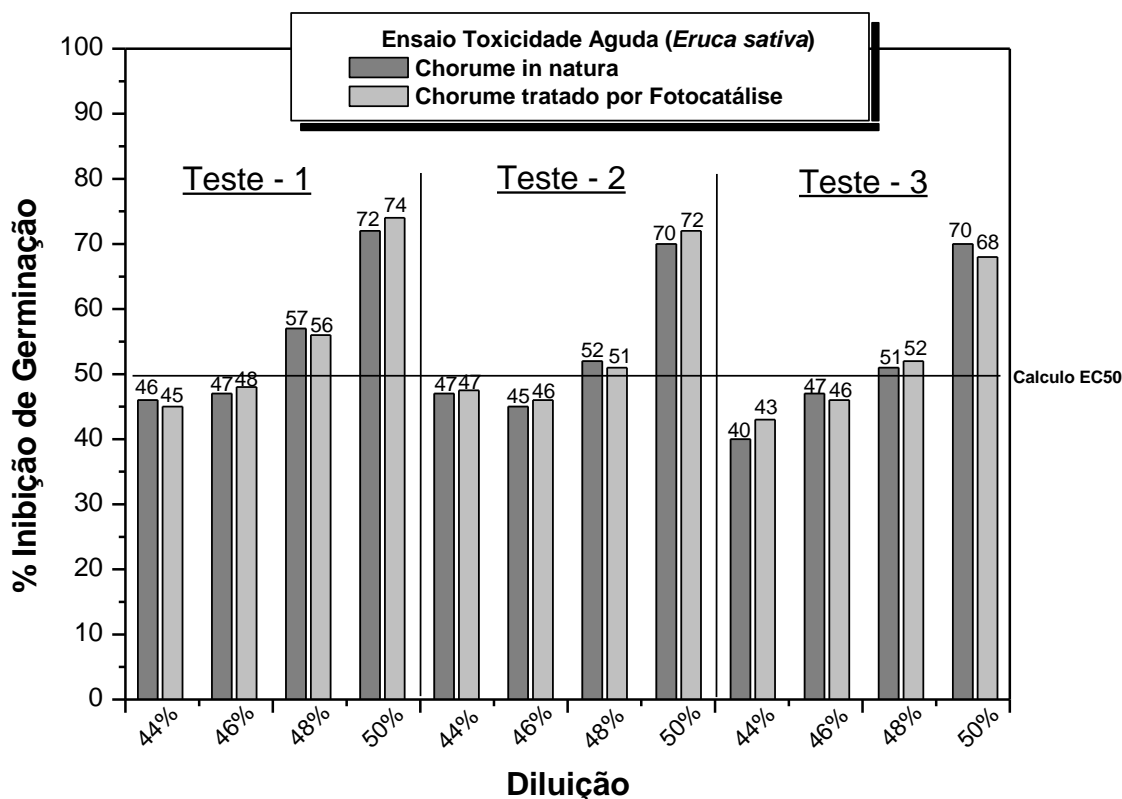
**Figura 8** – Estudos dos efeitos das diluições do chorume “bruto” e tratado por processo fotoquímico  $H_2O_2/UV$  nas respostas dos ensaios de toxicidade aguda empregando *Eruca sativa* como organismo teste para avaliação do EC50.

Com base nos resultados encontrados na Figura 8, pôde-se observar que as respostas que mais se aproximava de 50% de inibição da germinação da *Eruca sativa* foram as diluições em torno de 45% a 50% de chorume. Foram realizadas aberturas de diluição na faixa de 44% a 50% para os cálculos do EC50. Foram realizados testes em triplicata nas diluições 44%, 46%, 48% e 50% de chorume “bruto”

e tratado via reação fotoquímica ( $H_2O_2/UV$ ) (Figura 9).

Os resultados mostraram que as diluições ideais para o cálculo do EC50 encontraram-se entre 46% e 48% de chorume. Nos três testes realizados observou-se que a toxicidade aguda do chorume “bruto” e tratado por processo fotoquímico  $H_2O_2/UV$  foram similares apresentando-se altamente tóxicos e indicando que o tratamento fotoquímico não foi

eficiente para reduzir a toxicidade aguda em relação à espécie *Eruca sativa*.



**Figura 9** – Estudo comparativo da toxicidade aguda empregando *Eruca sativa* como organismo teste para avaliação do tratamento fotoquímico  $H_2O_2/UV$  e do chorume “bruto”.

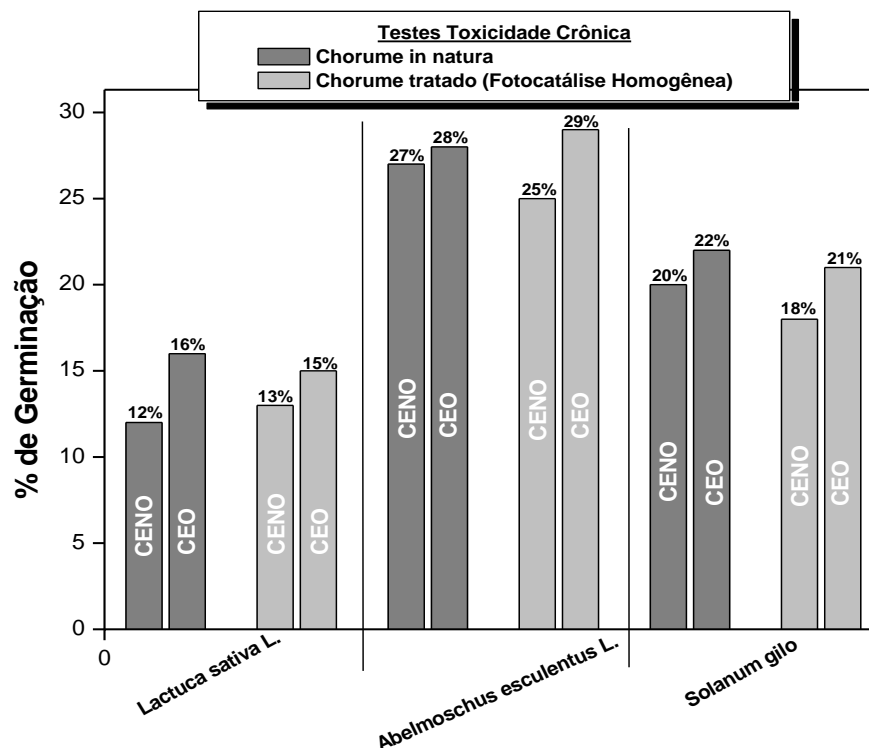
### Ensaio de Toxicidade Crônica

Os ensaios de toxicidade crônica foram realizados utilizando as espécies *Lactuca sativa L.* (alface) *Abelmoschus esculentus L.* (quiabo), *Solanum gilo* (jiló) como organismos-testes, segundo metodologia desenvolvida por Dos Santos e colaboradores [13]. Nesta metodologia, concentrações de chorume foram adicionadas em água de diluição de modo a manter as concentrações dos nutrientes especificados na Tabela 1.

As diluições de chorume utilizadas nos ensaios toxicológicos foram determinadas de acordo com os resultados dos testes buscando encontrar a

Concentração do Efeito Não Observável (CENO) e a Concentração do Efeito Observável (CEO), comparando as toxicidades do chorume “bruto” com o chorume tratado (Figura 10).

Os resultados apresentaram-se similares para o chorume “bruto” e tratado nas determinações da Concentração do Efeito Não Observável (CENO) e da Concentração do Efeito Observável (CEO), indicando que não houve redução da toxicidade crônica do chorume a partir do processo de tratamento fotoquímico com  $H_2O_2/UV$  por um período de 120 minutos.



**Figura 10** – Estudo comparativo da toxicidade crônica empregando as espécies *Lactuca sativa L.* (alface) *Abelmoschus esculentus L.* (quiabo), *Solanum gilo* (jiló) como organismos testes, para avaliação do chorume tratado por processo fotoquímico  $H_2O_2/UV$  e do chorume “bruto”

Apesar da redução de diversos valores de parâmetros de importância ambiental, o chorume tratado manteve-se tóxico e impróprio para uso em irrigação. Os estudos indicaram que a elevada toxicidade pode ser em decorrência da alcalinidade a carbonato e bicarbonato que se manteve extremamente elevada (em torno de  $5100 \text{ mg.L}^{-1}$ ), mesmo após o tratamento. Apesar de estes compostos não terem efeito químico nocivo direto para a maioria dos micro-organismos, são inibitórios quando encontrados em concentrações muito altas [20].

Estudos realizados por Brito e colaboradores [2], com o mesmo chorume e a mesma metodologia, indicaram reduções da concentração de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato para níveis aceitáveis.

Em razão desses fatos, pode-se concluir que o chorume tratado por processo fotoquímico apresenta grande potencial para ser utilizado em procedimentos de correção da acidez do solo, devido sua elevada alcalinidade a carbonato e bicarbonato, podendo ainda

ser aproveitado outros nutrientes de importância para agricultura como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio, entre outros.

Os solos do Cerrado brasileiro são classificados de acidez elevada e ocupa uma área heterogênea e não-contínua de aproximadamente 204 milhões de hectares, ou seja, 23% do território nacional, com intensa atividade agropastoril. Esses solos apresentam, em sua maioria, propriedades que limitam o crescimento das raízes das plantas e exigem práticas de manejo adequadas. Tratam-se de solos de baixa capacidade de troca de cátions (CTC), com baixo teor de nutrientes, especialmente de fósforo (P). São, assim, solos com alto grau de intemperização e lixiviação, ocorrendo problemas de acidez e deficiência de nutrientes em todo perfil [21].

Neste caso, o chorume tratado pode apresentar-se como uma opção para correção de solos do cerrado brasileiro. Com isso, poderiam ser economizados gastos com insumos agrícolas ao mesmo tempo em

que o tratamento elimina os impactos ambientais que poderiam ser provocados pelo chorume se tratados inadequadamente.

## CONCLUSÕES

Neste estudo de tratamento do chorume visando o reuso na agricultura, pôde ser observado que a tecnologia foi eficiente para redução de valores de parâmetros de grande importância ambiental como 97% da cor, 60% da turbidez e 72% da DQO, mas o processo apresentou limitações para reduzir a toxicidade crônica e aguda frente às espécies estudadas.

Esse fato impede o chorume tratado de ser usado em processos de irrigação, mas como a toxicidade foi

avaliada em razão da elevada alcalinidade a carbonato e bicarbonato, isso indica que o chorume tratado por esse processo poderia ser utilizado em procedimentos de correção do valor de pH de solos ácidos, principalmente os do cerrado brasileiro que apresentam grande atividade agropastoril.

Este trabalho vem sugerir que sejam implementadas pesquisas para avaliar o potencial de aproveitamento do chorume tratado na correção de solos ácidos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro do CNPq.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRITO, N.N.; PATERNIANI, J. E. S.; BROTA, G. A. e PELEGRINI R.T. Avaliação da Redução da Poluição do Chorume Tratado por Processo Fotoquímico. **AUGMDOMUS – Asociación de Universidades Grupo Montevideo**. v. 03, p. 20-30, 2011.
- [2] BRITO, N. N.; BROTA, G. A.; PATERNIANI, J. E. S. e PELEGRINI, R. T. Ammonia removal from leachate by photochemical process using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 05, n. 02, p. 51-60, 2010-a.
- [3] BRITO, N. N.; BROTA, G. A.; dos Santos, E. M. R.; Bochi-Silva N.; Pelegrini, R. T. e Paterniani, J. E. S.. Toxicological Tests With Seeds for Leachate Treatment Evaluation by Slow Filtration and Photocatalysis. **HOLOS Environment**, v. 10, n. 02, p. 139- 153, 2010-b.
- [4] PELEGRINI, R. T.; CHINELATTO, M. R.; GREVE, L. F. e BRITO, N. N. Tratamento de Percolado de Aterro Sanitário por Fotocatálise Homogênea com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. In: **XXXII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Punta Cana (República Dominicana)**, 2010.
- [5] BRITO, N.N.; PATERNIANI, J. E. S.; BROTA, G. A. e PELEGRINI R.T. Ensaios Biológicos com Sementes para Avaliar a Redução da Toxicidade do Chorume Tratado por Processo Fotoquímico. **MINERVA Pesquisa e Tecnologia**, v. 06, n. 03, p. 219-228, 2009.
- [6] BRITO, N.N.; PELEGRINI R.T. e PATERNIANI, J. E. S. Avaliação das Características do Percolado de Aterro Sanitário Pós Tratamento Biológico. Perspectivas de Reutilização Agrícola. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 08, n. 02, p. 36-43, 2006-a.

- [7] BRITO, N. N. e PATERNIANI, J. E. S. Sistema de Filtração Lenta no Tratamento de Percolado do Aterro Sanitário de Limeira-SP. **Tese de Mestrado**. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas (UNICAMP), 2006.
- [8] SOUSA, J. T.; HAANDEL, A. C.; CAVALCANTI, P. F. F. e FIGUEIREDO, A. M. F. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 10: (3) 260-265, 2005.
- [9] HUIBERS, F. P. e VAN LIER, J. B. Use of wastewater in agriculture: The water chain approach. **Irrigation and Drainage**, v. 54, p. 03-09, 2005.
- [10] DE MORAIS, J. L. e PERALTA-ZAMORA, P. Use of advanced oxidation processes to improve the biodegradability of mature landfill leachates. **Journal of Hazardous Materials**, v.123, n. 01-03, p. 181-186, 2005.
- [11] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard Methods for the water and wastewater, 20<sup>th</sup> Ed. New York: **APHA**. 1998.
- [12] OLIVEIRA, M.C.; NOGUEIRA, R.F.P.; NETO, J.A.G.; JARDIM, W.F.; ROHWEDDER, J.J.R. Sistema de injeção em fluxo espectrofotométrico para monitorar peróxido de hidrogênio em processo de fotodegradação por reação fotofenton. **Química Nova**, v.24, n.2, p. 188-190, 2001.
- [13] dos Santos, E. M. R.; Bochi-Silva N.; Brito N. N.; Pelegrini, R. T. e Paterniani, J. E. S.. Avaliação da Toxicidade Crônica do Percolado de Aterro Sanitário e de Substâncias Químicas: Fenol e Cobre em Sementes de: *Lactuca Sativa* L.; *Lycopersicon Esculentum* Mill. e *Abelmoschus Esculentus* L. Visando o Uso na Agricultura de Hortaliças. **Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina. ECOSAN- Fortaleza – Brasil**, 2007.
- [14] BRITO, N.N; PELEGRINI R.T. e PATERNIANI, J. E. S. Ecotoxicological Evaluation of Leachate from the Limeira Sanitary Landfill with a View to Identifying Acute Toxicity. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 2, n. 3, p. 34-43, 2007.
- [15] BRITO, N. N.; CABRINI, M. C.; Francisco, A. R.; PELEGRINI, R. T. ; PATERNIANI, J. E. S. Avaliação da Toxicidade Aguda do Chorume de Lixo Pós Tratamento Biológico para os Vegetais Rúcula e Cebola. **In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA) João Pessoa – PB**, 2006-b.
- [16] BRITO, N. N.; Carniato, G. J.; Bochi-Silva, N; PELEGRINI, R. T. ; PATERNIANI, J. E. S. Estudo da Sensibilidade em Sementes de *Eruca Sativa* (Rúcula) Utilizando Substâncias Tóxicas para Agricultura. **In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA) João Pessoa – PB**, 2006-c.
- [17] OLIVEIRA, V.M. e PELEGRINI, R.T. Avaliações Físicas, Químicas e Biológicas da Microbacia do Córrego Modeneis em Limeira-SP. **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**. 5:(1) 86-96, (2008).
- [18] DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**, vol 2. Rio de Janeiro: ABES, 1993.
- [19] BRITO, N. N. e PATERNIANI, J. E. S. Fotocatálise de Percolado de Aterro Sanitário Tratado Por Filtração Lenta. **Tese de Doutorado**. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas (UNICAMP), 2008.

[20] Barker, D. J.; Mannucchi, G. A; Sandrine M. L. Salvi, S. M. L. e Stuckey, D.C. Characterisation of soluble residual chemical oxygen demand (COD) in anaerobic wastewater treatment effluents. **Water Research**. v. 33, n. 11, p. 2499 -2510, 1999.

[21] MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J. e MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 30 n. 05, p. 839-847, 2006.