

## **COMPARAÇÃO DO USO DE VERMICOMPOSTO E COMPOSTO COMO AGENTE DE DEGRADAÇÃO DE BIODIESEL B100**

### **COMPARISON OF VERMICOMPOST USE AND COMPOUND AS BIODIESEL B100 DEGRADATION AGENT**

**Ricardo Peruzzo<sup>1</sup>, Dieisson Hemerich<sup>1</sup>, Clóvia Marozzin Mistura<sup>2</sup>, Fábio Roberto Barão<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmicos do Curso de Química Bacharelado do Instituto de Ciências Exatas e Geociências, da Universidade de Passo Fundo, E-mail: ricardoperuzzo@net11.com.br

<sup>2</sup>Professora Titular da Área de Química do Instituto de Ciências Exatas e Geociências da Universidade de Passo Fundo, E-mail: clovia@upf.br

<sup>3</sup>Professor de Administração da Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade de Passo Fundo, E-mail: fbarao@upf.br

#### **RESUMO**

Com o gradual aumento de consumo de combustíveis provenientes de petróleo, os impactos ao meio ambiente vêm crescendo constantemente, como exemplo, pode-se citar gases poluentes gerados pela combustão e o derramamento no solo. Os biocombustíveis, em seu ciclo geral, são menos poluentes e causam menores impactos ao meio ambiente. Com o intuito de acompanhar a degradação de biocombustíveis no solo, desenvolveu-se um estudo para avaliar a degradação de biodiesel B100 em contato com vermicomposto (Húmus de minhocas) e composto (resíduos de jardinagem), os materiais de biodegradação foram contaminados com diferentes percentagens de biodiesel de soja B100 e dispostos em colunas de PVC (policloreto de vinila), com estágios removíveis, confinadas por 45 dias, a cada 15 dias foram retiradas amostras e realizadas extrações do biodiesel remanescente por sistema soxhlet. Os resultados demonstram que quando comparados os dois tratamentos, o vermicomposto apresenta melhor desempenho na degradação do B100 em 45 dias, na proporção de 10% de contaminação, o que demonstra que esta técnica pode ser uma alternativa a ser utilizada para uma possível biorremediação de um local contaminado por biodiesel.

**Palavras-chave:** Biodegradação, extração soxhlet, biocombustível.

#### **ABSTRACT**

With the ever-increasing usage of fossil fuels comes its impacts to the environment, such as polluting gases generated by its combustion and the crescent reports of spillage into the soil. Biofuels on the other hand, are less polluting and cause less impact to the environment. In order to monitor biofuel's degradation in soil, a study was carried out in order to evaluate the degradation of B100 biodiesel when in contact with vermicompost (earthworm humus) and compost (gardening waste). The materials were contaminated with different percentages of soy's B100 biodiesel and arranged in PVC (polyvinyl chloride) columns with removable stages and were confined for a 45 days period. Every 15 days, samples were taken and extractions of the remaining biodiesel via soxhlet system were carried out. Results show that when comparing both treatments, vermicompost performed better degrading B100 at a rate of 10% during the studied period. Such findings might work as evidence that this technique may present itself as an alternative for bioremediation of a biodiesel contaminated site.

**Keywords:** Biodegradation, soxhlet extraction, biofuel.

## 1. INTRODUÇÃO

O biodiesel vem sendo utilizado como uma forma de energia limpa, pois é fabricado a partir de fontes naturais, o que o torna menos prejudicial ao meio ambiente. Com o mesmo princípio dos combustíveis tradicionais, o biodiesel nem sempre é armazenado e transportado de forma adequada, acarretando na contaminação do solo, água e ar (REGINATTO, 2011).

A degradação em condições controladas utilizando o produto do processo de compostagem e da vermicompostagem com minhocas, alteram quantitativamente e qualitativamente a composição da matéria orgânica e pode melhorar as condições ambientais de solos contaminados com biodiesel (EMBRAPA, 2017).

### 1.1 Biocombustíveis

O biocombustível é uma denominação dada para definir os combustíveis derivados de fontes renováveis. O biodiesel possui características similares ao diesel derivado do petróleo, porém com cor e odor característicos do óleo animal ou vegetal que foi utilizado como matéria-prima. O petrodiesel possui um baixo índice de biodegradação (BORSATO *et al.*, 2012), já com o sistema diesel e biodiesel, a biodegradação é acelerada, devido a formação de ésteres de ácidos graxos dos derivados de petróleo, transformando os produtos em subprodutos menos tóxicos (MEYER, 2011), minimizando os danos ao meio ambiente.

### 1.2 Biodiesel no Brasil

O biodiesel entrou na matriz energética brasileira em 13 de janeiro de 2005 (MARQUES *et al.*, 2010), definida sua obrigatoriedade, na proporção de 2% de biodiesel no sistema com diesel fóssil. Em 2009 esta percentagem passou para 5%, em 2016, 7%, e a partir de março de 2018 vigora a proporção de 10% de biodiesel no petrodiesel e cabe a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2018) a responsabilidade pela fiscalização e especificações técnicas de produção e distribuição do biodiesel. A estimativa para 2018 é de 5,3 bilhões de litros consumidos e o Ministério de Minas e Energia (MME, 2018) justifica o aumento para a redução das importações de óleo diesel, agregando valor a indústria do biodiesel e sua cadeia produtiva.

No Brasil, a primeira patente solicitada de um processo de transesterificação, data de 1980, através do documento “processo de produção de oleaginosas, utilizando catalisadores como NaOH (Hidróxido de Sódio), KOH (Hidróxido de Potássio) e ácidos como o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Ácido Sulfúrico) ou HCl (Ácido clorídrico)”, para produzir um combustível semelhante ao proposto por Charles George Chavanne, 43 anos antes (DABDOUB *et al.*, 2009).

O biodiesel é miscível com o diesel de petróleo em qualquer proporção. Esta propriedade levou ao uso de sistemas binários diesel/biodiesel, ao invés do biodiesel puro. Importante salientar que estes sistemas binários não podem ser caracterizados como biodiesel. Muitos sistemas deste tipo são designados por acrônimos como B20, que representa a percentagem de 20% de biodiesel no diesel de petróleo. Assim, óleos vegetais e gorduras de origem animal não transesterificadas não podem ser denominadas biodiesel (Sanches, 2009). Neste trabalho o biodiesel utilizado foi o B100, ainda não acrescido ao petrodiesel, pois é a forma mais comum de circulação deste sistema no transporte até as distribuidoras.

### 1.3 Biodiesel no solo

No solo, o biodiesel pode ser adsorvido por colóides minerais ou orgânicos, ou degradados por processos físicos, químicos, biológicos, ou ainda ser absorvido pelas raízes das plantas. A presença e influência de biodiesel como contaminante no solo não é muito compreendida e escassamente estudada (Lopes, *et al.*, 2001; Andrade *et al.*, 2006).

A contaminação do solo pode gerar problemas como danos à saúde humana, comprometimento da qualidade dos recursos hídricos, restrições ao uso do solo e danos ao patrimônio, com a desvalorização das propriedades, além de inúmeros danos ao meio ambiente (MENEGUETI, 2007).

#### **1.4 Biorremediação**

A biorremediação é um processo de tratamento que permite o uso de micro-organismos para degradar e reverter os contaminantes no solo em matéria orgânica mais estável. Consiste em processos de degradação microbiana e reações químicas. As transformações que ocorrem no solo, se encontram sobre influência de micro-organismos que vão de uma pequena modificação na molécula a mineralização completa das substâncias orgânicas. A biorremediação pode ser considerada como um ponto de controle para prevenir a poluição (REGINATTO *et al.*, 2011).

A biorremediação pode ser nomeada como a tecnologia que utiliza agentes biotecnológicos, particularmente micro-organismos, processo em que organismos vivos plantas ou suas enzimas, são utilizados para o controle de poluentes no ambiente, principalmente solo e água. Esse processo de biorremediação é eficaz para tratar contaminações por compostos e sistemas orgânicos de difícil degradação e substâncias tóxicas (ANDRADE *et al.*, 2010).

Os frequentes derramamentos de petróleo e seus derivados registrados em solos brasileiros, vêm motivando o desenvolvimento de novas técnicas que visam, principalmente, a descontaminação dessas matrizes. Diante disso, diversas técnicas, físicas, químicas e biológicas, vêm sendo desenvolvidas para a remoção ou a degradação *in situ* ou *ex situ* de petróleo derramado e para a redução de seus efeitos sobre o ecossistema, especialmente os tóxicos. Dentre as técnicas desenvolvidas, a biorremediação vem se destacando como uma alternativa viável e promissora para o tratamento de solos contaminados por petróleo e seus derivados (Bento *et al.*, 2003; RAHMAN *et al.*, 2002).

A maioria das inovações envolvendo a biorremediação de solos, ao contrário de diversas técnicas ligadas à degradação de compostos orgânicos, não está relacionada com o desenvolvimento de novas técnicas analíticas e de novos equipamentos empregados para o monitoramento ambiental e para a identificação desses compostos. O estado da arte está focado no desenvolvimento de novos reagentes auxiliares e coadjuvantes, que têm sido produzidos com o objetivo de serem utilizados *in situ* para acelerar e melhorar a eficiência da biorremediação. Além disso, as inovações nessa área também estão direcionadas ao estudo biotecnológico envolvendo a geração de organismos geneticamente modificados, desenvolvidos com o intuito de degradarem contaminantes específicos em diferentes nichos ecológicos (SAUL *et al.*, 2005; SÁNCHEZ *et al.*, 2006).

#### **1.5 Biorremediação In situ x Ex situ**

A biorremediação *in situ* é realizada no próprio local, não sendo, necessária a remoção do solo contaminado, evitando custos maiores ou talvez outros distúrbios ao equilíbrio local (MARIANO, 2006).

Biorremediação passiva ou atenuação natural é uma técnica *in situ* no qual o contaminante permanece no local e por meio de processos naturais, como biodegradação, volatilização, ocorre a descontaminação do ambiente (BAPTISTA *et al.*, 2005).

Bioaumentação é uma técnica *in situ*, em que consiste na inoculação, adição de populações de micro-organismos com alto potencial de degradação dos contaminantes no próprio solo contaminado. Bioestimulação é uma técnica *in situ* que consiste na adição de nutrientes orgânicos e inorgânicos no solo, com o objetivo de aumentar a atividade microbiana já existente, estimulando a atividade dos micro-organismos nativos em degradar o(s) composto(s) poluente(s).

Para ocorrer a biorremediação *ex situ*, há a necessidade de retirada do solo do local contaminado para que seja tratado em outros espaços, a remoção se faz necessária quando pessoas ou áreas maiores podem vir a ser atingidas pelos contaminantes (Jacques *et al.*, 2007).

Compostagem é a técnica *ex situ* onde o solo contaminado é removido do local de origem e alocado em formas de pilhas ou leiras que permitem o controle da lixiviação, neste solo serão desencadeados processos onde os micro-organismos aeróbicos irão degradar os contaminantes orgânicos gerando um material estabilizado (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Biorreatores é uma técnica *ex situ* onde o solo contaminado é acondicionado em tanques com agitação mecânica onde as condições de pH, temperatura e os nutrientes são otimizados para o máximo crescimento microbiano (RAIMUNDO; RIZZO, 2002).

Lodo ativado é uma técnica *ex situ* que consiste em fomentar o desenvolvimento de culturas microbiológicas na forma de flocos em tanques com aeração mecânica forçada (REISDÖRFER, 2011).

### 1.6 Compostagem

Processo controlado de decomposição microbiana, de oxigenação e oxidação da matéria orgânica em massa heterogênea, onde ocorre uma aceleração da decomposição aeróbica dos resíduos por populações de micro-organismos, através de condições ideais para que o desenvolvimento dos decompositores ocorra, respeitando as condições de temperatura, aeração, pH, umidade e nutrientes. A utilização da matéria orgânica como alimento microbioano depende da relação destes fatores para que ocorra a estabilização e maturação do ambiente afetado (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Os fungos são os organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica tanto animal quanto vegetal, formando húmus em alta temperatura, e o produto obtido é utilizado no auxílio da fixação de nitrogênio (N) do solo (BRITO; SALGUEIRO, 2007).

O processo de compostagem pode ocorrer por método natural ou acelerado. No método natural, a fração orgânica é transferida para um pátio e disposta em pilhas onde a aeração e umidade são necessárias para o processo de decomposição biológica (PEREIRA; FREITAS, 2012; BARROS *et al.*, 2010). No método acelerado, a aeração é forçada por tubulações perfuradas e o material biológico é disposto sobre essas tubulações no sentido contrário ao da corrente de ar. Posteriormente, as pilhas permanecem como no método natural. O tempo necessário para compostagem de resíduos orgânicos está associado aos fatores que influenciam no processo e no método empregado (D'Almeida; Vilhena, 2000; ABNT, 2004). Na faixa ideal de temperatura, ocorre a erradicação de sementes e algumas cepas de micro-organismos patogênicos do meio, o que garante a qualidade sanitária do composto. Os resíduos orgânicos a serem compostados apresentaram maior proporção de nitrogênio do que fósforo e potássio (BIDONE, 2001; LANDGRAF *et al.*, 1999).

### 1.7 Vermicompostagem

A vermicompostagem é um sistema de reciclagem por compostagem, onde a matéria orgânica é digerida por minhocas e excretada em forma de húmus, é uma técnica desenvolvida a partir de estudos realizados por programas de manejo de diversos tipos de anelídeos. A ação das minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo estabiliza a matéria orgânica, neutralizando o pH e

consumindo pouca energia. O interesse na vermicompostagem vem aumentando pela escassez de fertilizantes naturais para correção de solo e por seu alto teor de nutrientes (LAMIM, 1997).

No Brasil são conhecidos em torno de 250 espécies de minhocas, sendo em sua grande maioria, nativas. As espécies comerciais mais utilizadas na vermicompostagem são a *Eisenia phoetida* (minhoca do esterco ou minhoca vermelha da Califórnia) e a *Lumbricus rubellus* (minhoca dos resíduos orgânicos) e em menor escala, a *Eudrilus eugeniase* (minhoca gigante africana) (Souza, 2010). A espécie mais utilizada por produtores de vermicompostos é a *Eisenia foetida*, a procura por esta espécie deve-se a sua habilidade de transformar matéria orgânica pouco degradada em material estabilizado, sua extraordinária facilidade de se multiplicar e seu rápido crescimento. Esta espécie de minhoca normalmente utiliza-se de uma dieta a base de solo, matéria orgânica como esterco bovino, silte e areia, produzindo o vermicomposto. A *Eisenia foetida* se adapta facilmente a cativeiros, possui grande capacidade de produção de húmus e uma alta velocidade de reprodução. Consome diariamente sua própria massa em matéria orgânica.

Quando atingem a fase adulta, entre 40 e 60 dias, as minhocas formam casulos e chegam a ter entre 2 a 5 novas minhocas a cada 5 dias (SCHIEDECK *et al.*, 2006).

Apenas 60% da matéria orgânica ingerida pela minhoca vermelha da Califórnia é convertida em húmus, os demais 40% são utilizados para seu crescimento e reprodução. Esta característica não torna o húmus produzido pelas minhocas menos atrativo do que o esterco bovino, por exemplo, que é muito utilizado como adubo natural, pois a matéria não convertida em húmus pelas minhocas tem uma alta concentração de nutrientes também indispensáveis para o desenvolvimento das plantas (PRIMAVESI *et al.*, 2007).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

O vermicomposto (Figura 1) de apenas um lote foi adquirido de um produtor rural da região de Passo Fundo, RS. O composto orgânico foi obtido de compostagem de folhas de resíduos de jardinagem do Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia da UPF. O biodiesel foi cedido por empresa localizada em Passo Fundo, RS. Os reagentes utilizados na extração e preparo das soluções são de grau para análise (P.A.) adquiridos da Vetec® Brasil, a água ultrapura foi obtida de sistema Milli Q®.



Figura 1 - Aspecto do vermicomposto utilizado para biodegradação.

### 2.2 Preparo das Colunas de biodegradação

Para a construção das colunas utilizadas nos experimentos, foram utilizados 13 metros de tubulações de PVC (Policloreto de Vinila), de 75 mm de diâmetro, sendo 10 metros para as colunas e 3 metros para a construção das junções e abraçadeiras para melhor estabilidade das colunas e dos

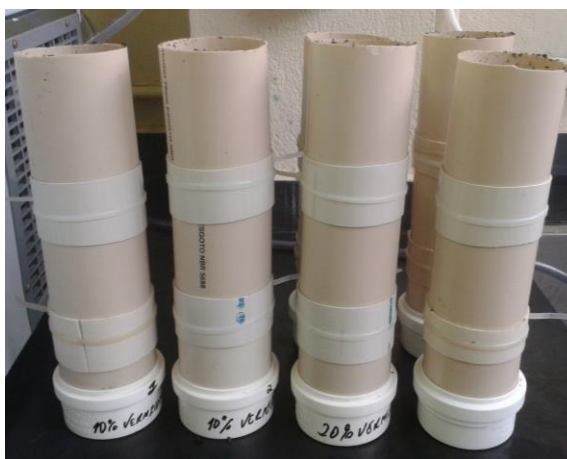
lacs. As tubulações foram cortadas em peças de 10 cm com serra manual e serra elétrica com disco apropriado para PVC (Figura 2). Cortaram-se 100 pedaços de 10 cm para a montagem das colunas com 5 seções formando cada uma, 50 cm de altura total. Construíram-se 20 colunas e as junções foram executadas com o próprio cano de PVC, presas com as abraçadeiras de plástico (Figura 2). Cada sessão foi retirada e descartada a cada retirada das amostras (HEMERICH; MISTURA, 2013).



Figura 2 - Construção da coluna de biodegradação e visão geral das colunas.

As amostras nas colunas foram realizadas em triplicata: 3 com vermicomposto e 10% (m/m) de biodiesel (colunas C1, C2 e C3); 3 foram adicionadas de vermicomposto e 20% (m/m) de biodiesel (colunas C4, C5 e C6), 3 com composto e 10% (m/m) de biodiesel (colunas C7, C8 e C9), outras 3 com composto e 20% (m/m) de biodiesel (colunas C10, C11 e C12). Nas colunas dos brancos de vermicomposto e colunas que foram para o branco de composto, 3 com branco vermicomposto (colunas CB1, CB2 e CB3), branco composto (colunas CV1, CV2 e CV3). As amostras dos brancos do método foram realizados com colunas sem a presença do contaminante biodiesel B100.

Mediu-se a massa total das colunas vazias. Foram feitos os cálculos de percentagem para cada coluna, onde foi adicionado o material de biodegradação em questão e medida a massa total. O material de preenchimento de cada coluna foi acondicionado em recipiente adequado e contaminado com a quantidade de biodiesel calculada (Figura 3). O material foi confinado na coluna correspondente e compactado da mesma forma (Figura 4).



Figuras 3 - Preenchimento das colunas com o material composto e vermicomposto.



Figuras 4 - Contaminação dos materiais de biodegradação (composto e vermicomposto) e preenchimento das colunas.

Para proteção, foi adicionado papel laminado no topo de cada coluna para vedação e em seguida armazenadas em um local seco e livre de luz.

### 2.3 Amostragem

Foram retiradas 2 amostras após a preparação de cada coluna (tempo de 0 dias). A cada 15 dias, mais 2 amostras foram retiradas das colunas de forma que as mesmas fossem extraídas da parte central de cada sessão, perfazendo 6 alíquotas de cada tipo de tratamento. Prepararam-se cartuchos de papel filtro e medidas as massas dos mesmos vazios e após serem inseridas as amostras, os cartuchos foram acondicionados no extrator do sistema soxhlet. Após a extração, foram retirados os cartuchos, colocados em vidros relógio, numerados, envolvidos em papel toalha e por fim colocados em dessecador. Foi medida a massa (até valor constante) dos cartuchos com as amostras secas. Os segmentos das colunas foram descartados após a retirada das amostras.

### 2.4 Extração por soxhlet

Para fazer a extração do biodiesel que foi adicionado ao vermicomposto e composto, simulando a contaminação no meio ambiente, foi montado um sistema de extração soxhlet com

diversos extratores em série. O solvente utilizado foi o n-hexano que evapora e condensa sobre a matéria sólida contida nos cartuchos preenchidos ou vazios (brancos da extração), composto e vermicomposto contaminado ou não com biodiesel. O solvente condensado por resfriamento com água, liquefaz e ultrapassa um certo volume e escoar de volta para o balão por meio de sifonação e é novamente aquecido, evaporando para o condensador, o solvente quando entra em contato com a fase sólida está purificado, pois vem de uma nova condensação. Para a extração foram utilizados 200 mL de n-hexano em cada balão dos sistemas com uso de pérolas de ebulição para distribuição do calor e pressão nos balões, utilizando-se como fonte de calor as mantas de aquecimento. Nos sistemas soxhlet foram acondicionados os cartuchos com massa conhecida da amostra a ser extraída com ou sem biodiesel. Utilizou-se um tempo de contato para extração de 4 horas.

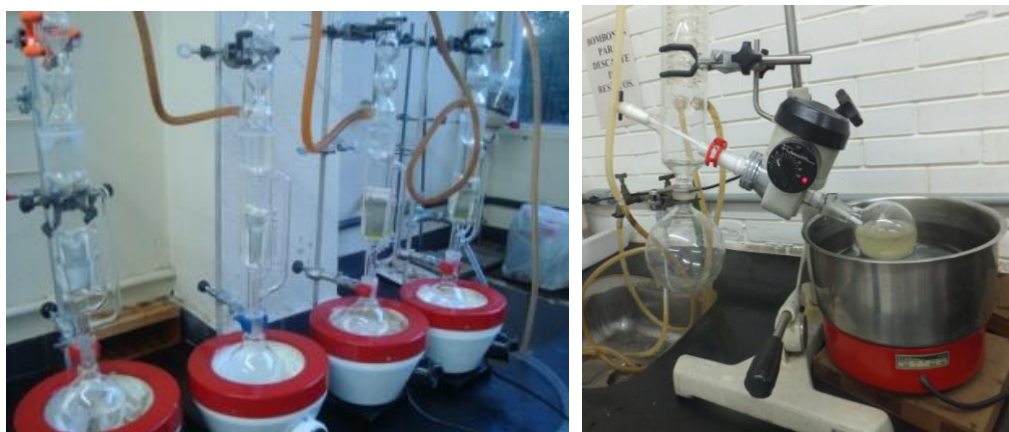


Figura 5 - Extração com sistema Soxhlet e rotaevaporação e recuperação do solvente

Após a extração por sistema soxhlet (Figura 5) realizou-se a recuperação do solvente n-hexano por rotaevaporação, neste sistema, o balão volumétrico retirado da extração é acoplado ao equipamento e parte de sua estrutura fica submersa num banho de água (banho Maria) com aquecimento tendo início a rotação do balão. A condensação é promovida com o resfriamento e passagem do conteúdo evaporado pela serpentina acoplada ao rotaevaporador. Assim, a amostra de material extraído permanece no balão e o restante do solvente se deposita no frasco receptor do condensador.

Foram feitas 4 extrações, uma antes de iniciar a biodegradação e de 15 em 15 dias, totalizando os 45 dias de armazenagem das colunas com composto e vermicomposto contaminados com biodiesel B100.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliação da biodegradação, foi medido o rebaixamento percentual da concentração do biodiesel degradado nas colunas. Para o composto, foi obtida uma massa total na coluna de degradação de 1,02 kg. O material orgânico heterogêneo, composto principalmente de folhas de jardinagem, rico em carbono e com umidade de 28%, apresenta densidade de 0,52 g/cm<sup>3</sup>. O vermicomposto apresentou uma massa total na coluna de degradação de 1,40 kg. Trata-se de húmus de minhoca rico em nutrientes e sais minerais assimiláveis pelas raízes das plantas e por ter a característica de ser finamente granulado e se encontrar úmido (38%), apresentou maior densidade (0,62 g/cm<sup>3</sup>) e teve sua massa total acima do composto para a coluna de 50 cm de altura. A temperatura do ambiente durante os 45 dias de degradação manteve-se em 25 °C (±3 °C).

Para estes valores iniciais de proporção de biodiesel nas amostras, deve-se levar em consideração que estão presentes os compostos que são extraíveis pelo solvente n-hexano no sistema

soxhlet. Salienta-se que podem existir outras substâncias nas amostras que serão contabilizadas como biodiesel para fins deste estudo (HEMERICH; MISTURA, 2013). A Tabela 01 apresenta os resultados obtidos com as extrações, calculados em % (m/m) de degradação em relação as amostras no tempo inicial.

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente através de comparativo de médias entre os tratamentos e tempo de confinamento nas colunas. Foi encontrada diferença estatística significativa entre o uso do vermicomposto e composto conforme análise ANOVA ( $F^{15 \text{ dias}} (3,20) = 12,950$ ,  $p = 0,0000$ ).

Tabela 01: Resultados da média de material extraído no tempo 0 dias antes do início da biodegradação e percentagem de degradação do biodiesel nos tempos = 15, 30 e 45 dias de confinamento nas colunas.

| Amostras/Colunas                      | Média da % do óleo extraído (dp) | % Total da Degradação (tempo/dias) |        |         |         |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------|---------|---------|
|                                       |                                  | 0                                  | 15     | 30      | 45      |
| Branco vermicomposto (CB1, CB2 e CB3) | 0,9878 $\pm$ 0,1402              | n.a.                               | 1,2565 | 1,5478  | 1,6589  |
| Branco composto (CV1, CV2 e CV3)      | 0,1569 $\pm$ 0,2102              | n.a.                               | 1,3687 | 1,6321  | 1,5847  |
| Vermicomposto 10% B100 (C1, C2 e C3)  | 10,3988 $\pm$ 0,2400             | n.a.                               | 6,5287 | 58,3258 | 96,2587 |
| Vermicomposto 20% B100 (C4, C5 e C6)  | 20,3764 $\pm$ 0,1600             | n.a.                               | 8,3652 | 26,2547 | 90,2547 |
| Composto 10% B100 (C7, C8 e C9)       | 9,1215 $\pm$ 0,2124              | n.a.                               | 4,9874 | 41,1258 | 81,369  |
| Composto 20% B100 (C10, C11 e C12)    | 18,9850 $\pm$ 0,1896             | n.a.                               | 6,3258 | 22,1587 | 78,3658 |

Dados de triplicatas das amostras e o branco do método, n = 6. n.a.= não houve degradação. dp = desvio padrão.

Pelos dados obtidos nestes experimentos, com o uso do teste Tukey observou-se que para o tratamento com composto 10 ou 20% de B100 em 15 dias não houve degradação significativa, nestas condições, mantendo valores entre 4 e 8%.

Os dados obtidos na segunda extração, com 30 dias de confinamento nas colunas, demonstram que a degradação do biodiesel por vermicomposto foi maior em situação de menor quantidade de contaminação (10% de B100) ultrapassando os 50%, quando comparado com uma contaminação de 20% de B100, que degradou 26%.

Por sua vez, a degradação do biodiesel com uso de composto, na concentração de 10% de B100 apresentou degradação de 22% e na concentração de 20% de B100, 41% no mesmo período de confinamento. A análise estatística ANOVA ( $F^{30 \text{ dias}} (3,20) = 919,807$ ) demonstrou significativa diferença entre as médias ( $p = 0,0000$ ).

Na extração após 45 dias de confinamento os dados se mostraram significativos para degradação em todas as colunas, vermicomposto 20 e 10% com 90 e 96% respectivamente e composto 20 e 10%, com degradação de 78 e 81% do biodiesel. A análise estatística ANOVA ( $F^{45 \text{ dias}} (3,20) = 635,875$ ) demonstrou significativa diferença entre as médias ( $p = 0,0000$ ).

Assim, corrobora-se estatisticamente que os tratamentos com vermicomposto e composto são diferentes entre si. O melhor resultado de degradação foi obtido para o vermicomposto com 10% de contaminação (COTTA *et al.*, 2015). Avalia-se que o resultado obtido pode ser devido a capacidade de degradação da biota do vermicomposto ser maior que do composto, mas ao incrementar-se o dobro

da concentração de biodiesel, esta biota não foi capaz de degradar satisfatoriamente como em 10% de contaminação.

#### 4. CONCLUSÕES

Pelos dados obtidos nestes ensaios, o vermicomposto se mostrou viável para um possível tratamento de área contaminada por biodiesel, pois com 10% em 45 dias degradou 96% da contaminação do biodiesel e com composto 10% decaiu a proporção para 81% nas colunas. Assim, estima-se que com os resultados obtidos, também o composto pode ser uma alternativa plausível para uma biorremediação de solo *in situ* ou *ex situ*.

#### 5. REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10.004. Resíduos sólidos*. 2004. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 12 de maio 2018.

ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, C.; CERRI, C. C. *Cinética de degradação da matéria orgânica de biossólidos após aplicação no solo e relação com composição química inicial*. **Bragantia**. Vol. 65. n. 4. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052006000400017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052006000400017&script=sci_arttext)>. Acesso em: 27 de jul. 2018.

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. *Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados*. **Eclet. Quím.** v. 35. n. 3. p. 17-43. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eq/v35n3/v35n3a02.pdf>>. Acesso em: 12 de maio 2018.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 10 de jun. 2018.

BAPTISTA, P. M.; RIZZO, A. C. L. *Acompanhamento do processo de atenuação natural de solo contaminado por petróleo*. XIII Jornada de Iniciação Científica CETEM. 2005. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_XIII\\_jic\\_2005/Paula%20Machado%20Batista.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XIII_jic_2005/Paula%20Machado%20Batista.pdf)>. Acesso em: 21 de abr. 2018.

BARROS, C. A.; RIZZO, A. C. L.; CUNHA, C. D.; SÉRVULO, E. F. C. *Monitoramento da atenuação natural de solos artificialmente contaminados com óleo diesel B0 e B4*. CETEM, Centro de Tecnologia Mineral. 2010. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/series\\_sta/sta-58.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_sta/sta-58.pdf)>. Acesso em: 15 de jul. 2018.

BENTO, F. M. et al. Bioremediation of soil contaminated by diesel oil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, p. 65-68, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-83822003000500022&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822003000500022&nrm=iso)>. Acesso em 21 de jul. 2018.

BIDONE, F. R. A. (Coord.) *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: reciclagem e disposição final*. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: 240 p. ABES, 2001.

BORSATO, D.; MAIA, E. C. R.; DALL'ANTONIA, L. H.; SILVA, H. C.; PEREIRA, J. L. *Cinética da oxidação de biodiesel de óleo de soja em misturas com TBHQ: determinação do tempo de estocagem*. **Quím. Nova**. Vol. 35. n. 4. 2012. Disponível em <<http://www.quimicanova.sbq.org.br/qn/No%20Prelo/Artigos/AR11409.pdf>>. Acesso em: 12 de jun. 2018.

BRITO, A. E.; SALGUEIRO, A. A. *Tratamento de resíduo sanguíneo de hemocentro por vermicompostagem*. **Revista Ciências e Tecnologia**. Ano. 1. n. 1. 2007. Disponível em: <[http://www.unicap.br/revistas/revista\\_e/artigo2.pdf](http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo2.pdf)>. Acesso em: 19 de jul. 2018.

COTTA, J. A. D. O. et al. Composting versus vermicomposting: comparison of techniques using vegetal waste, cattle manure and sawdust. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 65-78, 2015.

D'ALMEIDA, M. L. O. AND A. VILHENA. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/Cempre 2. 2000.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Quím. Nova**, v. 32, n. 3, p. 776-792, 2009. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol32No3\\_776\\_20-QN09125.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol32No3_776_20-QN09125.pdf)>. Acesso em: 23 de abr. 2018.

EMBRAPA, *Empresa Brasileira de Agropecuária*. Biodegradação e Biorremediação. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=227&func=pesq>>. Acesso em: 05 de set. 2017.

HEMERICH, D.; MISTURA, C. M. **Avaliação do Uso de Vermicomposto como Agente de Biodegradação de Solos Contaminados por Biodiesel**. Relatório de Iniciação Científica. Curso de Química Bacharelado. Passo Fundo, RS. UPF. 42 p. 2013.

JACQUES, R. J. S.; BENTO, F. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; CAMARGO, F. A. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Cienc. Rural**. Vol. 37. n. 4. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782007000400049](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782007000400049)>. Acesso em: 05 de jul. 2018.

LAMIM, S. S. M.; JORDÃO, C. P.; BRUNE, W.; PEREIRA, J. L.; BELLATO, C. R.; Caracterização química e física de vermicomposto e avaliação de sua capacidade em adsorver cobre e zinco. **Quím. Nova**. v. 21. n. 3. 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40421998000300008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421998000300008)>. Acesso em: 01 de jul. 2018.

LANDGRAF, M. D.; ALVES, M. R.; SILVA, S. C.; REZENDE, M. O. O. Caracterização de ácidos húmicos de vermicompostos de esterco bovino compostado durante 3 e 6 meses. **Quím. Nova**. v. 22. n. 4. 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40421999000400003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000400003)>. Acesso em: 17 de maio de 2018.

LOPES, N. P.; QUEIROZ, M. E. L. R.; NEVES, A.A. *Influência da matéria orgânica na adsorção do fungicida triadimenol pelo solo*. **Quím. Nova**. Vol. 25. n. 4. 2002. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422002000400006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000400006)>. Acesso em: 23 de abr. 2018.

MARIANO, A. P. **Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminadas com óleo diesel**. 2006. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Disponível em <[http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH05/Adriano-Pinto-Mariano\\_PRH05\\_UNESP\\_D.pdf](http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH05/Adriano-Pinto-Mariano_PRH05_UNESP_D.pdf)>. Acesso em: 11 de abr. 2018

MARQUES, M. V.; NACIUK, F. F.; MELLO, A. M. S.; SEIBEL, N. M.; FONTOURA, L. A. M. Determinação do teor de ésteres de graxos em biodiesel metílico de soja por cromatografia gasosa utilizando oleato de etila como padrão interno. **Quím. Nova**. v. 33. n. 4, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n4/39.pdf>>. Acesso em: 28 de jun. 2018.

MENEGHETTI, L. R. R. **Biorremediação na descontaminação de solo residual de basalto contaminado com óleo diesel e biodiesel**. (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade de Passo Fundo, RS. 2007. Disponível em: <<http://www.ppgeng.upf.br/download/2005lilianemeneghetti.pdf>>. Acesso em: 02 de maio 2018.

MEYER, D. D. **Avaliação da biodegradabilidade de misturas diesel e biodiesel (B0, B20 e B100) em dois solos com diferentes granulometrias**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011. Disponível em: <[http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29354/00077\\_5175.pdf?sequence=1](http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29354/00077_5175.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 09 de jun. 2018.

MME. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-03/aumento-para-10-do-percentual-de-biodiesel-no-diesel-entra-em-vigor>>. Acesso em 14 jul. 2018.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. **Uso de compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Embrapa, Documento 69. 2004. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/tatianebosco/residuossolidos/Artigos/Compostagem%20Embrapa.pdf>>. Acesso em: 10 de abr. 2018.

PEREIRA, A. R. B.; FREITAS, D. A. F. Uso de micro-organismos para a Biorremediação de ambientes impactados. **Rev. Educação e Tecnologia Ambiental**. Vol. 6. n. 6. 2012. <[cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/.../2993](http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/.../2993)>. Acesso em: 12 de jul. 2018.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; DOS SANTOS PEDREIRA, M. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. EMBRAPA. São Carlos, SP: 200 p. 2007.

RAHMAN, K., I. BANAT, J. THAHIRA, T. THAYUMANAVAN AND P. LAKSHMANAPERUMALSAMY. Bioremediation of gasoline contaminated soil by a bacterial consortium amended with poultry litter, coir pith and rhamnolipid biosurfactant. **Bioresource technology**, v. 81, n. 1, p. 25-32, 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00105-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00105-5)>. Acesso em 21 de jul. 2018.

RAIMUNDO, R. S.; RIZZO, A. C. L. *Utilização de biorreatores de solos contaminados por hidrocarbonetos de petróleo*. X Jornada de iniciação científica CETEM. 2002. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_X\\_jic\\_2002/RenataS.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_X_jic_2002/RenataS.pdf)>. Acesso em: 20 de abr. 2018.

REGINATTO, C.; COLLA, L. M.; THOMÉ, A. Biorremediação de resíduos oleosos em solo. **Revista CIATEC-UPF**. v. 3 n. 2. 2011. Disponível em: < <http://www.upf.com.br/seer/index.php/ciatec/article/view/1908/1471>>. Acesso em: 25 de jun. 2018.

REISDÖRFER, G. **Avaliação do processo de lodos ativados operando um reator sequencial em batelada para tratamento de chorume em escala de piloto**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento, Área de Gestão Integrada de Resíduos). Centro Universitário Univates. 2011. Disponível em: <<http://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/129/1/GustavoReisdorfer.pdf>>. Acesso em: 28 de abr. 2018.

SANCHES, R. J. **Seleção de Micro-organismos com Potencial de Biodegradação de Hidrocarbonetos e Biodiesel**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental). UNESP. São Paulo, 2009. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120941/sanches\\_rj\\_tcc\\_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120941/sanches_rj_tcc_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 21 de jul. 2018.

SÁNCHEZ, O., I. FERRERA, N. VIGUÉS, T. DE OTEYZA GARCIA, J. GRIMALT AND J. MAS. Presence of opportunistic oil-degrading microorganisms operating at the initial steps of oil extraction and handling. **International microbiology: the official journal of the Spanish Society for Microbiology**, v. 9, n. 2, p. 119-124, 2006. Disponível em: <[http://digital.csic.es/bitstream/10261/26953/1/Sanchez\\_Olga\\_et\\_al.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/26953/1/Sanchez_Olga_et_al.pdf)>. Acesso em: 21 de jul. 2018.

SAUL, D.J.; AISLABIE, J.; BROWN, C.E.; HARRIS, L. & FOGHT, J.M. Hydrocarbon contamination changes the bacterial diversity of soil from around Scott Base, Antarctica. **FEMS Microbiol. Ecol.**, v. 53. p.141-155, 2005. Disponível em: <<https://academic.oup.com/femsec/article/53/1/141/516291>>. Acesso em: 21 de jul. 2018.

SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M. M.; SCHWENGBER, J. E. **Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar**. Embrapa, Circular técnico, n. 57. Disponível em: <[www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/circulares/Circular\\_57.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/circulares/Circular_57.pdf)>. Acesso em: 12 de jul. 2018.

SOUZA, M. E. P. D. **Oligochetas em solos sob sistemas de manejos a pleno sol e agroflorestal e vermicompostagem associada com pós de rochas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa. 2010.