

Área: Sustentabilidade | **Tema:** Educação e Sustentabilidade

**AVALIAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO DE DIFERENTES RESÍDUOS PELA TÉCNICA DE
RESPIROMETRIA**

BIODEGRADATION ASSESSMENT OF DIFFERENT WASTES BY RESPIROMETRY TECHNIQUE

Kelly Silva Santos, Yamil Lucas De Oliveira Salomón, Gabriela Dias Dezorzi e Andressa De Oliveira Silveira

RESUMO

A biodegradação é um processo que envolve a transformação de compostos complexos em componentes mais simples por meio da atividade microbiana. Este processo ocorre devido ao consumo de oxigênio e resulta na produção de gás carbônico e água. Para a avaliação da biodegradação e mineralização de compostos pode ser utilizado o método de respirometria. Esta técnica consiste na determinação da evolução de CO₂, evidenciando dessa forma a atividade biológica a partir do quanto de CO₂ é consumido. Nesse sentido, este trabalho analisou os processos biodegradativos por meio do método de respirometria em resíduos de leguminosas inteiras, leguminosas picadas, cepilho (maravalha), palha de gramíneas, óleo diesel e gasolina. As análises foram realizadas durante 49 dias em um total de 24 amostras, com configuração de 18 frascos com solo e resíduos e seis frascos para controle. A partir dos eventos práticos em laboratório, o gráfico da produção de CO₂ acumulada em função do período de incubação de 49 dias foi elaborado, a fim de indicar as taxas de degradação. O diesel apresentou maior degradabilidade se comparado a gasolina, por conta da fácil degradação de alguns hidrocarbonetos presentes, além de que, a gasolina possui determinados compostos tóxicos, no qual inibe a atividade microbiana. Ademais, para colaborar com a degradação do diesel, existe a produção de biossurfactantes pelos microrganismos. O segundo resíduo que mais obteve degradação foi a leguminosa picada. A área superficial pode ter contribuído para isso, visto que a folha inteira teve menor degradação. A umidade foi corrigida apenas em dois dias e não foi um fator limitante no processo, assim como a temperatura que se manteve constante em 28°C. Dessa forma, a respirometria mostrou-se uma alternativa simples e de baixo custo para avaliar a biodegradabilidade de diferentes resíduos.

Palavras-Chave: Biodegradação. Atividade metabólica. Respirometria.

ABSTRACT

Biodegradation is a process that involves transforming complex compounds into simpler components through microbial activity. This process occurs due to oxygen consumption and results in the production of carbon dioxide and water. To evaluate the biodegradation and mineralization of compounds the respirometry method can be used. This technique consists of determining the evolution of CO₂, thus showing the biological activity from how much CO₂ is consumed. In this sense, this work analyzed the biodegradation processes through the respirometry method in residues of whole legumes, chopped legumes, woodwaste (shavings), grass straw, diesel oil and gasoline. Analyzes were performed for 49 days on a total of 24 samples, with 18 samples containing soil and residues and six for control. From the practical laboratory events, the graph of accumulated CO₂ production as a function of the 49-day incubation period was drawn up to indicate degradation rates. Diesel showed greater degradability compared to gasoline, due to the easy degradation of some hydrocarbons present, and gasoline has certain toxic compounds, which inhibits microbial activity. In addition, to contribute to the degradation of diesel, there is the production of biosurfactants by microorganisms. The second residue that most degraded was the chopped legume. The surface area may have contributed to this, as the whole leaf had less degradation. The humidity was corrected only in two days and was not a limiting factor in the process, as well as the temperature, which remained constant at 28°C. Thus, respirometry proved to be a simple and inexpensive alternative to evaluate the biodegradability of different residues.

Keywords: Biodegradation. Metabolic activity. Respirometry.

AValiação DA BIODEGRADAÇÃO DE DIFERENTES RESÍDUOS PELA TÉCNICA DE RESPIROMETRIA

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população, a industrialização e o modelo de desenvolvimento econômico levaram a mudanças nos padrões e hábitos de consumo da sociedade, contribuindo assim para o aumento significativo da produção de diferentes tipos de resíduos (PAULA, 2012). De um lado, tem-se uma maior extração de matérias-primas, e de outro, grandes quantidades de resíduos, os quais em forma de rejeito, não retornam ao ciclo natural e transformam-se em fonte de contaminação, tanto para o meio ambiente, quanto para a sociedade (MORAIS, 2005).

O descarte inadequado desses resíduos, principalmente os de origem orgânica, resulta em problemas sanitários e ambientais (HECK et al., 2012). Com esta situação, despertou-se uma busca por metodologias eficientes para o descarte e tratamento de resíduos. Neste cenário, a biodegradação torna-se importante, pois ela consiste na transformação dos compostos orgânicos em componentes mais simples, através da atividade metabólica dos microrganismos, resultando na formação de gás carbônico (CO_2) e água (H_2O) (CRIVELARO, 2005), envolvendo dois fatores essenciais: a nutrição e a respiração (SILVA, SOUZA R. M., SOUZA R. R., 2004).

A medição do carbono liberado pela atividade microbiana do solo, denominada de respirometria, tem sido empregada na avaliação da biodegradação e mineralização dos compostos orgânicos (BROOKES, 1995), através da medição de evolução de CO_2 e ou absorção de O_2 , indicando atividade biológica (CONEGLIAN et al., 2006). Inicialmente, nesse processo, ocorre uma rápida decomposição inicial de material de fácil decomposição, mais lábil, e posteriormente, de materiais mais resistentes (de difícil decomposição, recalcitrantes) (TAUK, 1990).

Esta técnica tem como característica a captura do CO_2 , que foi liberado durante a degradação aeróbia dos resíduos, por substância alcalina (hidróxido de potássio KOH ou hidróxido de sódio NaOH) e posterior precipitação na forma de carbonato de bário BaCO_3 , pela adição de solução saturada de cloreto de bário BaCl_2 . A soda excedente é, então, titulada com ácido clorídrico HCl, permitindo o cálculo da produção de CO_2 (MARIANI, 2005). Além disso, para a medição da emissão de CO_2 não há a necessidade de um grande espaço e nem da alimentação constante de oxigênio (AMBROSIO; ALVES; FECHINE, 2011).

Dessa forma, é possível determinar a cinética de degradação de misturas de compostos presentes no meio, além de possibilitar a análise da toxicidade de substâncias aos microrganismos (COSTA, 2009). Nesse sentido, este trabalho apresenta o estudo de diferentes resíduos no solo a partir da técnica de respirometria, com o objetivo de examinar a velocidade de degradação e estabilização dos mesmos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos utilizados para esta avaliação são: leguminosas inteiras, leguminosas picadas, cepilho (maravalha), palha de gramíneas, óleo diesel e gasolina. O procedimento experimental foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia e Meio Ambiente (LEMA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O experimento foi conduzido por 49 dias, começando no dia 10 de maio e terminando no dia 27 de junho de 2019. As titulações foram realizadas em 1, 4, 7, 11, 14, 18, 22, 28, 35, 41 e 49 dias após o início da incubação.

Inicialmente realizou-se o peneiramento do solo, a fim de retirar pedaços de raízes, rochas, tecidos de plantas e outros materiais grosseiros que pudessem vir a inviabilizar o

procedimento. O tipo de solo utilizado foi arenoso, em razão desse tipo de solo ser mais pobre e com pouca matéria orgânica. Para este peneiramento utilizou-se uma peneira de malha 4mm.

Após a preparação do solo, foram separados 24 frascos de vidro de 800mL cada, sendo destes 3 frascos vazios (não contendo resíduo nem solo) e 3 frascos somente com 50 gramas de solo (não contendo resíduo), como amostra em branco e amostra testemunha, respectivamente. Nos 18 frascos restantes foram colocados 50 gramas de solo em cada e 5mL de água em cada solo (para controle da umidade) e então, foram adicionados os diferentes resíduos ao solo dos frascos. As configurações dos frascos foram as seguintes: Leguminosa inteira: Solo + 1,8g de leguminosas inteiras; Leguminosa picada: Solo + 1,8g de leguminosas picadas; Maravalha (cepilho): Solo + 1g de maravalha; Palha de gramíneas: Solo + 1g de palha de gramíneas; Óleo diesel: Solo + 1mL de óleo diesel; Gasolina: Solo + 1mL de gasolina; Testemunha: Solo; Branco: Vidro vazio.

Copos de 80mL foram colocados dentro de cada frasco, e em cada copo, 20mL de hidróxido de sódio (NaOH 0,5M). Os frascos foram fechados hermeticamente e permaneceram na bancada do laboratório, a uma temperatura em torno de 28°C por 72 horas. Os tratamentos foram realizados em triplicata. No início das análises foram realizadas pesagens, sendo estas: peso do frasco sem tampa, peso do solo (devendo ser 50 gramas) e peso do resíduo colocado. Dessa forma, obteve-se os valores do solo úmido com resíduo, e assim a correção da umidade foi realizada quando necessário.

A quantificação do carbono liberado na forma de CO₂ (C-CO₂) foi determinada por meio da titulação de NaOH 0,5M contido nos frascos, removidos de cada pote respirométrico, com solução padronizada de ácido clorídrico (HCl 0,5M), usando como indicador a fenolftaleína, e adição de 3mL de solução de cloreto de bário (BaCl₂ 30%).

Por fim, foram colocados novos copos com NaOH nos frascos e os vidros foram fechados. A umidade do solo foi determinada em estufa a 105°C por 24 horas. De posse dos resultados dos volumes gastos de HCl nas titulações, foi possível calcular a quantidade de CO₂ liberada, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{mg de CO}_2 = (V_b - V_a) * M * E$$

Em que:

V_b = volume de ácido utilizado para titular o branco;

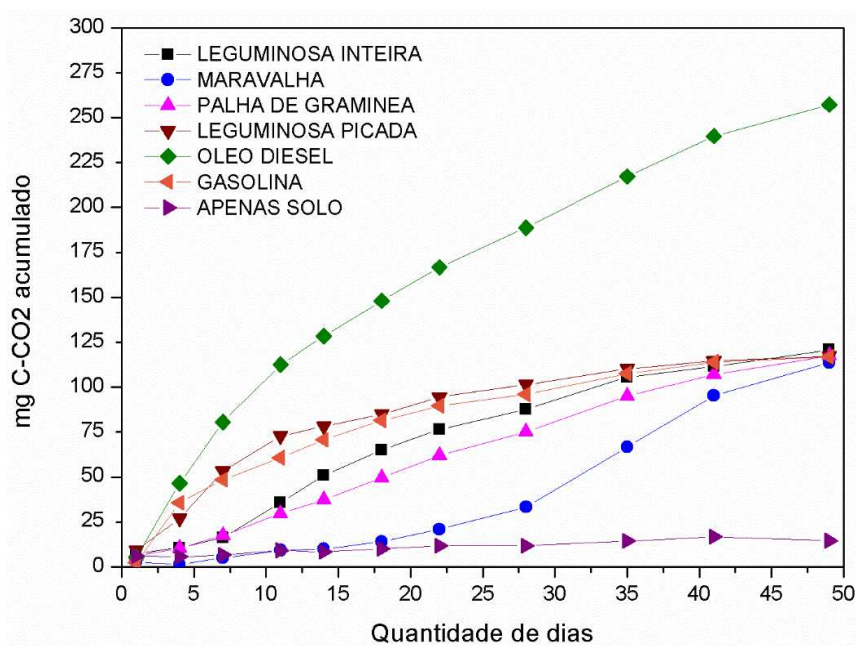
V_a = volume de ácido utilizado para titular o tratamento;

M = molaridade do ácido;

E = equivalente grama de carbono.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do procedimento realizado em laboratório, os dados para o cálculo da produção acumulada total de CO₂ foram obtidos. O gráfico da quantidade cumulativa de CO₂ produzido durante o metabolismo dos organismos presentes no meio vivo, após 49 dias de incubação, pode ser observado na Figura 1. Figura 1 - Produção acumulada de CO₂ de diferentes tipos de resíduos em função da quantidade de dias de incubação.



Fonte: Autores (2019).

A gasolina e o diesel são compostos que contêm anéis aromáticos com diferentes configurações. Porém, o diesel possui hidrocarbonetos de fácil degradação, já os hidrocarbonetos presentes na gasolina, além de serem de mais difícil degradação, alguns são tóxicos, com a presença de alcanos de 5 a 9 carbonos. Pela dificuldade da quebra destes compostos, se tornam mais estáveis quando comparados com frações alifáticas, de modo que a degradação também se torna mais complexa. Por isso, o diesel foi o resíduo que melhor obteve degradação, e a gasolina teve produção de CO₂ mais lenta quando comparada ao primeiro. Segundo Matsuura (2004), os microrganismos ambientados que crescem em substratos oleosos, como é o caso do diesel, em geral, são bons produtores de biossurfactantes. Ainda, Almeida (2012) destaca que os mesmos aumentam a biodisponibilidade do óleo aos microrganismos, e complementa que podem ser produzidos a partir de substratos como hidrocarbonetos, sendo alguns microrganismos capazes de assimilar os mesmos, excretando surfactantes iônicos que emulsificam o hidrocarboneto no meio, facilitando assim a sua quebra pela célula.

No geral, a leguminosa picada foi o segundo resíduo com maior degradação. Em relação às leguminosas picada e inteira, a primeira teve uma degradação maior que a segunda. Mesmo sendo resíduos de mesma composição, a superfície específica facilita a atuação dos microrganismos, resultando na degradabilidade mais rápida da leguminosa picada, conforme afirmado por Aquino, Correia e Alves (2008).

A maravalha apresentou uma fase de adaptação até o 15º dia, apenas após esse tempo foi possível perceber o início da biodegradação. Ainda, o baixo teor de nitrogênio e a alta relação Carbono/Nitrogênio na estrutura química da maravalha também dificultaram a degradação microbiológica da mesma (Budziak, Maia e Mangrich, 2004), resultando na lenta degradação deste resíduo quando comparado com os demais.

As leguminosas inteiras e picadas iniciaram primeiro a degradação em relação a palha de gramínea. Conforme Jung (1989), isso ocorre pelo fato de que a lignina da parede celular das leguminosas são degradadas mais rapidamente quando comparadas com as gramíneas. Além do mais, as leguminosas são mais ricas em nutrientes minerais, por isso se decompõem muito mais rapidamente, sendo boa fonte de nitrogênio e envolvendo mais os microrganismos do que as gramíneas (KHATOUNIAN, 2001). Entretanto, a palha de gramínea obteve maior mineralização ao final do processo e isso se deve, de acordo com Grenet e Besle (1991), por conta das ligninas das leguminosas serem mais condensadas, e assim se torna mais difícil a sua degradação pelos microrganismos do solo.

Em relação a temperatura, Da Cas (2009) considera a faixa de 30 a 35°C como sendo a que proporciona a máxima velocidade de decomposição de materiais orgânicos no solo, de modo geral. Durante o procedimento, a temperatura do laboratório manteve-se constante em torno de 28°C. Este fator afetou positivamente a biodegradação dos resíduos, pois a temperatura se manteve estável durante todo o processo. Waskman (1963) relata que a umidade requerida para a máxima produção de CO₂ está entre 53 e 71%. No primeiro dia do experimento, a umidade foi determinada por meio de duas amostragens de solo, obtendo 65,8 e 66,4%. O solo controle manteve-se em sua estabilidade, mas com a correção da umidade no 35º e 41º dia de incubação, foi verificado o aumento da degradação, ainda que pouco significativa.

4 CONCLUSÃO

A realização deste estudo permitiu determinar a taxa de biodegradação de diferentes resíduos utilizando o método de respirometria. Foi observado que nenhum dos resíduos adicionados teve a sua degradação de forma total, sendo então necessário mais tempo para que a degradação se torne completa. No entanto, alguns resíduos como a gasolina, leguminosa, maravalha e palha de gramíneas dificilmente alcançariam elevadas taxas de degradação devido a sua composição química, que limita a biodegradação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T. C. M. de. **Degradação do óleo diesel e produção de biossurfactantes por microrganismos isolados de ambientes contaminados por petróleo**. 2012. 60 p. Monografia (Curso de Ciências Biológicas)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2012.
- AMBRÓSIO, F. B.; ALVES, D. A.; FECHINE, G. J. M. Estudo da biodegradabilidade de polímeros por meio do Respirômetro de Bartha. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v.11, n.1, p. 46-55, 2011.
- AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008, p.143-170.
- BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, v.19, p. 269-279, 1995.
- BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos de indústria madeireira. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.
- CONEGLIAN et al. Avaliação da biodegradação no solo de resíduos gerados em refinaria de petróleo. **Holos Environment**, v. 6, n. 2, p. 106-117, 2006.
- COSTA, M. R. **Uso da respirometria para avaliação da biodegradação aeróbia de lixiviado de resíduos sólidos urbanos em latossolo vermelho-escuro**. 2009. 125 p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)-Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.

CRIVELARO, S.H. **Associação de borra oleosa de refinaria de petróleo e vinhaça visando a biodegradação**. 2005. 62 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas)-Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2005.

DA CAS, V. L. S. **Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo com o uso de lodo de esgoto e palha aveia**. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

GRENET, E; BESLE, J. M. Microbes and fibre degradation. In: JOUANY, J. P. **Rumen microbial metabolism and ruminant digestion**. Paris: INRA, p.107-129, 1991.

HECK, K. et al. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 54-59, 2013.

JUNG, H. G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Journal Agriculture Food Chemistry**. v. 59, p. 169-176, 1989.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.

MATSUURA, A. B. J. **Produção e caracterização de biossurfactantes visando a aplicação industrial e em processos de biorremediação**. 2004. 98 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

MARIANI, P. D. S. C. **Estudo da biodegradação da blenda de Poli (e caprolactona) e amido modificado em meios sólidos e líquidos**. 2005. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

MORAIS, E. B. de. **Biodegradação de resíduos oleosos provenientes de refinaria de petróleo através do sistema de biopilhas**. 2005. 73 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada)-Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2005.

PAULA, J. R. de. **Mineralização de resíduos orgânicos no solo em condição de campo**. 2012. 90 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

SILVA M. A; SOUZA, R. M. e; SOUZA, R. R. Biodegradação de resíduos agrícolas como alternativa à redução de riscos ambientais no semi-árido sergipano. In: II Encontro da ANPAS, 2., 2004, Indaiatuba/SP. **Anais...** Indaiatuba/SP: Universidade de São Paulo, 2004.

TAUK, S. M. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 20, p. 299-301, 1990.

WASKMANN, S. A. **Soil microbiology**. 4 ed. New York: John Wiley, 1963. 356p.