

**Avaliação do Crescimento Microbiano em Diferentes Solos e
Substratos Celulósicos**
Microbial Growth in Different Soils and Cellulosic Substrates

**Clarissa Baldim Rabelo¹, Dorcas Muanza², Igor Marcelino³, Lara Pires Rosa⁴,
Renan Ferreira⁵, Álvaro Martins⁶, Ana Laura Sodré⁷, Tiago Felix Tobias⁸,
Vinícius Vitor Batista⁹**

¹UNIS-MG, Varginha, MG, clarissambr@gmail.com

²UNIS-MG, Varginha, MG, dorcasbernadeth12@gmail.com

³UNIS-MG, Varginha, MG, igorfutgol5@gmail.com

⁴UNIS-MG, Varginha, MG, laravga0@gmail.com

⁵UNIS-MG, Varginha, MG, renanzaninferreira@gmail.com

⁶UNIS-MG, Varginha, MG, alvaro.ribeiro@alunos.unis.edu.br

⁷UNIS-MG, Varginha, MG, ana.martins4@alunos.unis.edu.br

⁸UNIS-MG, Varginha, MG, tiagoftobiasagro@gmail.com

⁹UNIS-MG, Varginha, MG, vinicbatistaa@gmail.com

Resumo

O presente trabalho investigou a atividade microbiana associada à degradação de diferentes substratos celulósicos (algodão, celofane e papel kraft) incubados por 60 dias em seis tipos de solo. O experimento permitiu observar variações significativas na colonização e na diversidade de microrganismos em função tanto do substrato quanto das características edáficas. O algodão apresentou maior diversidade microbiana, com presença de fungos, bactérias e protozoários, indicando elevada biodegradabilidade. O celofane mostrou degradação intermediária, sugerindo seletividade para microrganismos especializados, enquanto o papel kraft demonstrou menor taxa de decomposição, atribuída à sua composição lignocelulósica mais resistente. Os resultados reforçam que a estrutura e composição dos substratos, aliadas às condições físico-químicas do solo, determinam a dinâmica microbiana responsável pela decomposição da matéria orgânica.

Palavras-chave: Celulose, bactérias, algas, fungos, algodão.

Abstract

The present study investigated the microbial activity associated with the degradation of different cellulosic substrates (cotton, cellophane, and kraft paper) incubated for 60 days in six soil types. The experiment revealed significant variations in microbial colonization and diversity depending on both the substrate and the edaphic characteristics. Cotton showed the highest microbial diversity, with the presence of fungi, bacteria, and protozoa, indicating high biodegradability. Cellophane exhibited an intermediate rate of degradation, suggesting selectivity for specialized microorganisms, while kraft paper demonstrated the lowest decomposition rate, attributed to its more resistant lignocellulosic composition. The results reinforce that the structure and composition of the substrates, combined with the soil's physicochemical conditions, determine the microbial dynamics responsible for organic matter decomposition.

Keywords: Cellulose, bacteria, algae, fungi, cellulose.

1. Introdução

A microbiota do solo desempenha um papel insubstituível na manutenção da fertilidade e da saúde dos ecossistemas terrestres (Moreira; Siqueira, 2006). A decomposição da matéria orgânica, um processo essencial para a ciclagem de nutrientes, é amplamente mediada por microrganismos, como bactérias e fungos, que produzem enzimas extracelulares capazes de degradar polímeros complexos (Lynch, 1990). Entre esses polímeros, a celulose é o mais abundante na natureza e o principal componente da parede celular vegetal, sendo sua degradação (celulólise) um indicador fundamental da atividade biológica do solo (Fontana, 2014).

O objetivo principal deste trabalho foi analisar o crescimento microbiano em cada combinação de solo e substrato, fornecendo dados preliminares sobre a riqueza e a atividade das comunidades microbianas presentes nos solos estudados.

2. Referencial teórico

2.1. A Celulólise no solo

A celulólise é o processo de hidrólise da celulose em unidades menores de glicose, catalisado por um complexo de enzimas denominadas celulasas, produzidas principalmente por fungos e bactérias (Teixeira et al., 2011). A presença de lignina, como no papel kraft, pode dificultar a ação das celulasas, exigindo a participação de microrganismos lignocelulolíticos, como alguns fungos de podridão branca (Kirk, 1992).

A celulólise no solo é um processo fundamental no ciclo do carbono e na decomposição da matéria orgânica, pois permite a conversão da celulose em açúcares simples assimiláveis por microrganismos heterotróficos. Esse processo é conduzido por um consórcio de fungos e bactérias que produzem enzimas extracelulares, principalmente endoglucanases, exoglucanases e β -glicosidases, as quais atuam de forma sinérgica para romper as ligações β -1,4-glicosídicas da cadeia celulósica (Datta, 2024). Fatores como pH, temperatura, aeração e disponibilidade de umidade influenciam diretamente a eficiência dessa degradação, visto que condições subótimas reduzem a atividade enzimática e o crescimento microbiano (Zhang et al., 2023). Além disso, a estrutura física da celulose, seu grau de cristalinidade e a presença de compostos recalcitrantes como lignina e hemicelulose determinam a taxa e a extensão da degradação, uma vez que essas substâncias formam barreiras químicas à ação das celulasas (Kirk, 1992). Em solos agrícolas manejados de forma intensiva, a diversidade de microrganismos celulolíticos pode ser reduzida, comprometendo o equilíbrio do ciclo do carbono e a formação de húmus. Por outro lado, práticas conservacionistas e a adição de resíduos orgânicos favorecem a multiplicação de comunidades fúngicas e bacterianas especializadas, ampliando a decomposição de resíduos vegetais e a liberação gradual de nutrientes (Pagano et al., 2001). Assim, compreender os mecanismos e os fatores que controlam a celulólise no solo é essencial para interpretar a dinâmica microbiana e a sustentabilidade dos ecossistemas terrestres.

2.2. Substratos Celulósicos como indicadores de atividade

A utilização de materiais celulósicos puros ou modificados em experimentos de microbiologia do solo é uma técnica clássica para isolar e quantificar microrganismos celulolíticos (Vieira, 2000). O algodão é composto por celulose quase pura, serve como um substrato de alta qualidade para microrganismos com forte capacidade celulolítica. O papel *kraft* contém celulose, mas também uma proporção significativa de hemicelulose e lignina, o que o torna mais resistente à degradação e um indicador da presença de microrganismos capazes de decompor a lignocelulose (Kirk, 1992). O papel celofane uma película de celulose regenerada, que, devido à sua estrutura, pode ser mais facilmente degradada por certas comunidades microbianas, sendo frequentemente usado em testes de biodegradação (Silva, 2023).

3. Material e Métodos

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Engenharia Agrônômica do UNIS-MG, em Varginha.

Foram coletadas amostras de seis tipos de solo. As amostras foram peneiradas para remoção de detritos grosseiros e armazenadas em condições de laboratório. Para cada tipo de solo, foram utilizados três substratos celulósicos: Algodão, papel celofane e papel *kraft*.

Em cada placa, o substrato foi previamente recortado de forma redonda e posicionado dentro das placas. Em seguida, uma pequena quantidade da respectiva amostra de solo foi adicionada sobre o substrato, servindo como inóculo. As placas foram umedecidas com água destilada estéril para garantir a atividade microbiana e seladas para evitar contaminação e perda excessiva de umidade. As placas foram incubadas em temperatura ambiente de laboratório (aproximadamente 25°C) e mantidas umedecidas por um período de 60 dias. A umidade foi monitorada e ajustada periodicamente com a adição de água destilada, evitando o encharcamento.

Após 60 dias, as placas foram submetidas às análises em microscópio a fim de observar crescimento microbiano.

4. Resultados e Discussão

A tabela 1 expõe o que foi observado nas placas em microscópio, após 60 dias.

Tabela 1. Microrganismos observados em cada solo para cada substrato celulósico. Varginha, MG, 2025.

Substrato	Solo 1	Solo 2	Solo 3
<i>Algodão</i>	Ovos de protozoários, grande diversidade de bactérias, diplococos, cocos, ácidos húmicos e fúlvicos,	Hifas, algas, ovos de protozoários. bactérias.	Bactérias, protozoários, hifas, ovos de protozoário, ácidos fúlvicos, alga, esporos de fungos,
<i>Celofane</i>	Bactérias, fungos.	Diatomáceas, mutas bactérias, protozoários, fungo branco asseptado, ácidos húmicos e fúlvicos	Bactérias (coco), ciliados, protozoários, diatomáceas.
<i>Kraft</i>	Fungos, bactérias.	Fungos, nematóide.	Nematoide,
Substrato	Solo 4	Solo 5	Solo 6
<i>Algodão</i>	Protozoários, algas.	Ovos de protozoários, ácidos húmicos e fúlvicos, hifas.	Ovos de protozoários,
<i>Celofane</i>	X	X	Bactérias, protozoários
<i>Kraft</i>	Fungos.	Fungos.	Nematoide.

Os resultados apresentados sugerem que a diversidade e as formas de vida observadas nos diferentes substratos celulósicos (algodão, celofane e papel *kraft*) variaram conforme o tipo de solo analisado. Essa variação pode estar associada tanto às características do substrato (como acessibilidade da celulose, tratamento químico e estrutura física) quanto às características microbiológicas e físico-químicas dos solos.

No algodão, foi observada uma ampla gama de microrganismos como bactérias, fungos, protozoários, algas, ácidos húmicos e fúlvicos, especialmente nos solos 1 e 3. Isto

pode indicar que o algodão, sendo um substrato relativamente mais acessível (menos tratamento químico e estrutura física menos densa que *kraft*), favoreceu a colonização inicial e rápida dos microrganismos decompositores. Substratos mais “amigáveis” à degradação são colonizados mais rapidamente por comunidades de microrganismos especializados na degradação de celulose (Gladkov et. al., 2024).

Para o substrato de celofane, que aparentemente apresentou menor diversidade comparado ao algodão, foi identificada presença de fungos, bactérias e protozoários, e em determinado solo houve ocorrência de diatomáceas e fungos brancos não septados. Isso pode indicar que a celofane, por ter estrutura talvez menos favorável à penetração ou degradação rápida, favorece organismos mais especializados ou que atuam em estágios posteriores da decomposição. A colonização de substratos celulósicos passa por fases, sendo que microrganismos primários de degradação são substituídos por comunidades mais complexas ao longo do tempo (Kimeklis, 2023).

Em relação ao substrato de papel kraft, os resultados indicam a menor diversidade microbiana dentre os três substratos. A presença predominante de fungos e, em alguns solos, de nematoides, sugere que este substrato pode ter sido menos acessível ou mais resistente à degradação inicial (talvez por tratamento químico ou por densidade da fibra), o que impôs limitação à colonização microbiana rápida.

A figura 1 expõe presença de bactérias em solo 1 no papel celofane. A figura 2, fungos no papel *kraft*, diatomáceas, bactérias e protozoários no solo 2 em celofane (Figura 3), bactérias no solo 6 em celofane (Figura 4), hifa de fungo no solo 2 em algodão (Figura 5), nematoide no solo 3 em kraft (Figura 6).

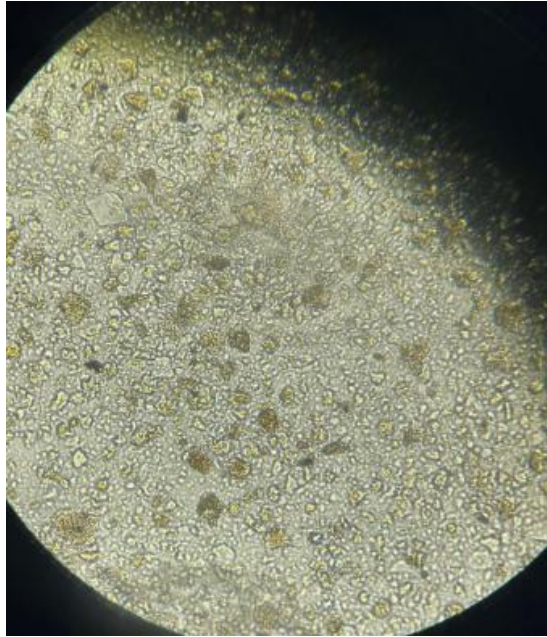


Figura 1- Solo 1, celofane



Figura 2 - Solo 2, *kraft*.

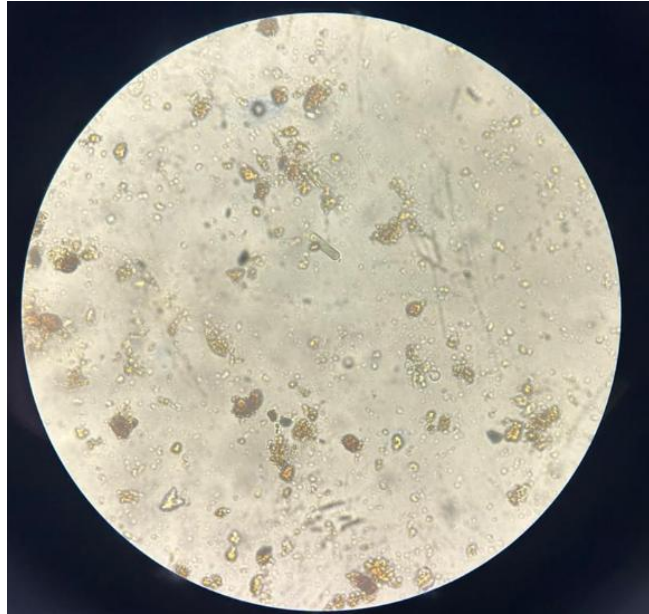


Figura 3 - Solo 2, celofane,

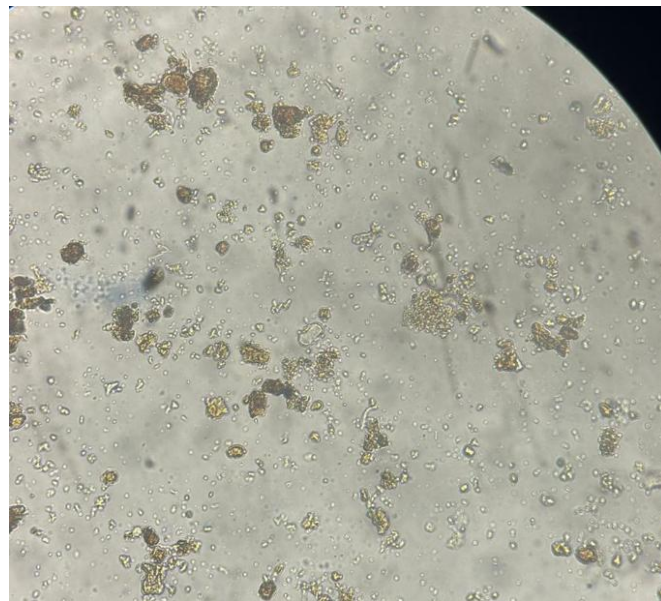


Figura 4 - Solo 6, celofane.



Figura 5 – Solo 2, algodão.



Figura 6 – Solo 3, kraft.

A variação entre solos evidencia que não apenas o tipo de substrato importa, mas também o ambiente edáfico, fatores como conteúdo de matéria orgânica, textura, pH,

presença de microrganismos adaptados, entre outros, influenciam quem coloniza qual substrato e com que rapidez. Solos mais ricos em carbono e nutrientes favorecem comunidades com maior diversidade ou atividade microbiana em substratos de degradação mais simples (Koranda, 2014).

5. Conclusão

A decomposição dos substratos celulósicos variou conforme o tipo de solo e o material utilizado, evidenciando diferentes capacidades microbianas de colonização. O algodão apresentou maior atividade biológica, enquanto o papel kraft mostrou maior resistência à degradação.

Referências

- DATTA, R.; **Enzymatic degradation of cellulose in soil: a review.** *Heliyon*, v. 10, n. 1, p. e24022, 2024. Disponível em:< 10.1016/j.heliyon.2024.e24022. DNTB+1> Acesso em: nov. 2025
- FONTANA, A. **Atividades degradativas de celulose e de lignina por fungos de solo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 1, p. 1-8, 2014. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/989512/1/2014APIAuerAtividadesDegradativas.pdf>> Acesso em: nov. 2025.
- GLADKOV, Grigory V.; KIMEKLIS, Anastasiia K.; ORLOVA, Olga V.; LISINA, Tatiana O.; KICHKO, Arina A.; BEZLEPSKY, Alexander D.; ANDRONOV, Evgeny E. **Dynamics of cellulose degradation by soil microorganisms from two contrasting soil types.** *Microorganisms*, v. 12, n. 8, p. 1728, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/microorganisms12081728>> Acesso em: nov. 2025
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. LYNCH, J. M.; WHIPPS, J. M. Substrate flow in the rhizosphere. *Plant and Soil*, v. 129, n. 1, p. 1-10, 1990.
- KIRK, T. K.; CULLEN, D. **Enzymology and molecular biology of lignin degradation.** In: WINKELMANN, G. (Ed.). *Microbial Degradation of Natural Products.* Weinheim: VCH, 1992. p. 299-328.
- KORANDA, Marianne; KAISER, Christina; FUCHSLUEGER, Lucia; KITZLER, Barbara; SESSITSCH, Angela; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, Sophie; RICHTER, Andreas. **Fungal and bacterial utilization of organic substrates depends on substrate complexity and N availability.** *FEMS Microbiology Ecology*, v. 87, n. 1, p. 142–152, jan. 2014. Disponível em:<DOI: <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12214>> Acesso em: nov. 2025.
- SILVA, P. N. S. et al. **Construção de composteiras caseiras com base em garrafa pet.** *Anais IX CONEDU.* Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em:

<<https://editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/99406>> Acesso em: nov. 2025.

TEIXEIRA, M. F. S. et al.; **Enzimas do solo e ciclagem de nutrientes: uma visão geral.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 3, p. 673-682, 2011.

VIEIRA, F. C. S.; **Quantificação de bactérias totais e esporuladas no solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, n. 4, p. 757-764, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/tSZxyXp7MVR9mY65Nq7zfGz/>>. Acesso em: nov. 2025.

ZHANG, L.; LI, J.; WANG, Z. et al. **Litter mixing promoted decomposition and altered microbial community in common bean root litter.** BMC Microbiology, v. 23, p. 148, 2023. Disponível em: <10.1186/s12866-023-02871-4>. Acesso em: nov. 2025.