



Journal homepage:  
<http://periodicos.unis.edu.br/index.php/agrovetsulminas>

## RESPIRAÇÃO MICROBIANA COMO INDICADOR DE QUALIDADE NA CAFEICULTURA

*MICROBIAL RESPIRATION AS A QUALITY  
INDICATOR IN COFFEE CULTIVATION*

Paula R. R. Correa<sup>1</sup>

### RESUMO

A economia do Sul de Minas é movida pelo agronegócio, mas a alto custo de produção provocado principalmente pelos fertilizantes químicos pode ser um fator limitante no crescimento da atividade na região. Metodologias alternativas surgem utilizando fertilizante biológicos. No entanto, o mercado carece de análises que capazes de entender o comportamento da flora microbiana diante desses novos fertilizantes. Visando avaliar a ferramenta Respiração microbiana mediu-se a liberação  $\text{CO}_2$  em diferentes manejos, como referência da atividade microbiana. O experimento foi conduzido com 8 locais x 8 manejos e três repetições em arranjo. Os resultados revelaram diferenças significativas entre os manejos. Os manejos de floresta, jardim orgânico e plantio direto de milho tiveram resultados significativamente menores que os manejos convencionais de café e milho. Os manejos com os cafés orgânicos não tiveram diferenças significativas a nenhum manejo avaliado. Os resultados indicaram a RBS como uma ferramenta boa para medir diferenças entre manejos porque foi sensível, barata, rápida e replicável.

**Palavras-chave:** Fertilizantes biológicos; Agronegócio; Respiração microbiana do solo.

<sup>1</sup> Paula Correa. Docente do Curso de Engenharia de Agrônômica do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: paula.basilio@professor.unis.edu.br Orcid. 0000-0002-6611-4794

### ABSTRACT

*The economy of the South of Minas Gerais is driven by agribusiness, but the high production costs caused mainly by chemical fertilizer can be a limiting factor in the growth of the activity in the region. Alternative methodologies using biological fertilizer are emerging. However, the market lacks an analysis capable of understanding the behavior of the microbial flora in the face of these new fertilizers. In order to evaluate the microbial Respiration tool (RBS), CO<sub>2</sub> release was measured in different managements, as a reference for microbial activity. The experiment was conducted with 8 localities x 8 management sites and three replicates in arrangement. The results revealed significant differences between the managements. The forest, organic garden and no-till corn management systems had significantly lower results than the conventional coffee and corn management systems. The organic coffee management systems did not have significant differences compared to any of the management systems evaluated. The results indicated that RBS is a good tool for measuring differences between management systems because it was sensitive, inexpensive, fast and replicable.*

**Keywords: Biological fertilizers; Agribusiness; Soil microbial respiration.**

## 1 INTRODUÇÃO

A economia da região Sul de Minas é movida pelo agronegócio que cresce a cada ano, sendo a cultura do café uma das mais importantes. Um dos fatores que pode limitar esse crescimento é a alta dos preços dos fertilizantes. Para tentar amenizar esse impacto novas metodologias de adubação vêm sendo estudadas e testadas como, bioinsumos, inoculantes a base de microrganismos e bioativos. No entanto, percebe-se que as metodologias de análises de fertilidade existentes no mercado não possuem sensibilidade para medir o valor da biofertilização, pois não medem, ganho pelo uso dos bioativos, ganho pelo uso de inoculantes ou fertilizantes orgânicos, estresse por manejos inadequados e a velocidade da ciclagem de resíduos orgânicos, principal componente da fertilidade em solos tropicais (SBM, 2015).

Os microrganismos podem atuar como produtores primários, mas nos solos tropicais eles têm a importante missão de atuarem como reservatórios do carbono, porque imobilizam na

forma orgânica muitos nutrientes que serão prontamente liberados e absorvidos diretamente pelas plantas durante o processo de decomposição.

Os teores de carbono no solo dependem da fotossíntese e da interação dos microrganismos com as plantas e com a biosfera. Os resíduos produzidos pela agricultura são matérias primas para ação decompositora da microbiota do solo e liberação de CO<sub>2</sub> para atmosfera pela respiração ou produção de subprodutos de oxidação incompleta do substrato e que também servem de substratos para outras oxidações no solo.

Diante da complexidade das relações físicas, químicas e biológicas envolvidas no sistema solo-planta fica evidente que a qualidade do solo não pode ser indicada apenas por indicadores físicos e químicos, esquecendo a influência dos microrganismos, que são os grandes responsáveis por toda transformação da matéria orgânica no solo (Tate, 2021).

A agricultura atual necessita de parâmetros para medir os fertilizantes biológicos. Os parâmetros biológicos mais utilizados são as medidas da biomassa, a respiração microbiana, as medidas de diversidade, e as atividades das enzimas dos solos (Franzluebbers, 2016; Zaninetti, et al., 2016). A respiração microbiana, no entanto, é um dos mais antigos parâmetros para medir a atividade microbiana, conhecido também como respiração basal (RBS). A RBS mede a atividade microbiana do solo em função da sua matéria orgânica, por isso, é reconhecida como um dos melhores indicadores de qualidade, uma vez que reflete diretamente a atividade dos microrganismos heterotróficos, os grandes responsáveis pela atividade de ciclagem de nutrientes e pela fertilidade do solo. A Respiração microbiana, medida pela liberação de CO<sub>2</sub>, é uma ferramenta muito utilizada, também, para avaliar áreas degradadas e manejos estressantes ao solo, por conta da sua alta eficiência e do seu baixo custo.

Diante dessa realidade percebeu-se a necessidade de construção de um histórico para o parâmetro RBS nos plantios de café para evidenciar o quanto esta ferramenta pode avaliar os diferentes manejos e servir de referência para trabalhos dessa natureza em solos na região cafeeira do sul de Minas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Realidade das análises microbiológicas na cafeicultura**

Os solos brasileiros geralmente são os latossolos com argilas do tipo 1:1 (caulinitas), profundos, ácidos, permeáveis, muito intemperizados e com uma reserva muito baixa de

nutrientes para as plantas. Essa combinação baixa fertilidade com acidez vem sendo um desafio para a agricultura brasileira. Nesses últimos anos, os agricultores estão enfrentando novos desafios como o aumento dos preços dos fertilizantes, por isso muitos estudos estão sendo realizados, buscando novos manejos capazes de estimular a própria microbiota do solo, visando conseguir aumentar a fertilidade.

Diante dessa realidade, surgiu um novo impasse! As análises de solo existentes para medir fertilidade não possuem sensibilidade para medir a microbiota do solo nem quantitativamente e nem qualitativamente. Não conseguem indicar estresse por manejos inadequados, ganho por uso de bioativos, ganho por uso de inoculantes ou fertilizantes orgânicos e, nem mesmo, o baixo retorno de resíduos orgânicos, principal componente da fertilidade em solos tropicais (SBM, 2015).

No Brasil, há uma escassez de estudos sobre a fauna do solo em relação à diversidade de ecossistemas e desconhecimento da própria biodiversidade do solo, o que pode levar à extinção de espécies, antes mesmo de serem conhecidas (Berude et al., 2015). Faltam, ainda, bons indicadores de qualidade utilizando microrganismos como referência de fertilidade do solo. Esta lacuna de conhecimento inviabiliza aos agricultores a usar manejos mais modernos e sustentáveis, já disponíveis no mercado.

A ausência de análises mais modernas capazes de avaliar outros indicadores, condena os agricultores a usarem apenas manejos convencionais, com fertilizantes químicos e defensivos, que sofrem forte alta dos preços (Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil, 2023).

A previsão para a cafeicultura é que permaneça os altos dos custos de produção com diminuição das margens de lucros. Por isto, desenvolver metodologias para avaliar a fertilidade para os manejos alternativos, torna-se cada dia mais necessário nos centros de pesquisa do sul de minas.

## **2.1 Microrganismos e a fertilidade do solo**

As plantas evoluíram juntas com os microrganismos, por isso, atualmente é impossível falar em fertilidade sem relacionar os microrganismos com essa fertilidade. As plantas oferecem carbono, na forma de açúcares na sua rizosfera, para atrair as bactérias ou micorrizas e, em contrapartida, os microrganismos entregam para elas, fósforo, potássio, nitrogênio

amoniacoal ou nítrico num processo de grande reciprocidade mostrando que microrganismo e plantas evoluíram juntos, contribuindo um com o outro (Ingham, 2019).

Os microrganismos são responsáveis em colocar os micronutrientes como manganês, ferro, zinco e cobre na forma reduzida capazes de serem absorvidos pelas plantas. Análises químicas que informam a presença desses micronutrientes sem, contudo, revelar a presença dos microrganismos é uma análise incompleta e de baixa importância, diante das exigências atuais.

Nos solos tropicais a fertilidade se debruça na ciclagem de nutrientes e ela está diretamente relacionada com a atividade microbiana e com a relação Carbono/Nitrogênio presente nos resíduos orgânicos do solo. Os microrganismos utilizam a relação C/N na proporção de 30 carbonos para 1 nitrogênio onde liberam 2/3 do carbono para atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$  e imobilizam 1/3 desse carbono nos seus citoplasmas na proporção de 10 carbonos para 1 nitrogênio. As bactérias reservam 17% de nitrogênio no seu protoplasma, porque sua relação C:N é a mais elevada de todas as formas de vida, até que elas morram e liberem este nitrogênio para as plantas. A relação C:N das bactérias é de 30:1 e dos protozoários é de 5:1. Por isto, quando um protozoário ingere uma bactéria já terão suprido suas exigências nutricionais para o nitrogênio, no entanto, terão que ingerir mais 5 bactérias para suprirem suas exigências para o carbono (Ingham, 2019). Esta condição é muito satisfatória para as plantas, porque os protozoários serão obrigados a expelir o excesso de nitrogênio por conta da sua toxicidade. Esse excesso será expelido na forma química correta para assimilação das raízes quando o solo está em equilíbrio.

Entender essa dinâmica microrganismos x nitrogênio expelido é fundamental para o sucesso da agricultura moderna e passa fundamentalmente pelo desenvolvimento de análises sensíveis capazes de detectar a flora microbiana em torno das rizosferas das plantas.

### **2.3 Indicadores de qualidade do solo**

Os microrganismos são o principal fator de fertilidade em solos tropicais e correspondem a cerca de 60% a 80% da fração viva e ativa da matéria orgânica, o que os deixam responsáveis por mais de 70% do C orgânico presente nos solos tropicais. Nessa condição, os microrganismos atuam como reservatórios, porque imobilizam na forma orgânica muitos nutrientes que serão prontamente liberados e absorvidos diretamente pelas plantas durante o processo de decomposição. Outros componentes vivos da matéria orgânica são as raízes e a fauna do solo, no entanto, eles correspondem apenas de 1 a 5% do C orgânico total dos solos.

Sabe-se que a qualidade do solo não pode ser indicada por indicadores isolados, diante da complexidade das relações físicas, químicas e biológicas envolvidas no sistema solo-planta. Além disso, existe a necessidade de indicar as características que devem estar atreladas a indicador biológico para que ele possa ser utilizado como um bom indicador, sejam elas: i) refletir aspectos do solo avaliado, indicar a presença de fatores de perturbação, ser barato e simples, ser sensível e de fácil interpretação e que seja obtido com metodologia replicável.

Os parâmetros biológicos mais utilizados são as medidas da biomassa, a respiração microbiana, as medidas de diversidade, e as atividades das enzimas dos solos.

A biomassa, devido à sua sensibilidade de refletir as mudanças no uso do solo, permite a adoção rápidas de medidas corretivas, assim que for evidenciado a perda de matéria orgânica, elemento fundamental para a fertilidade de solos brasileiros. Por essa relação estreita entre a matéria orgânica e biomassa ela é considerada um bom indicador de qualidade do solo.

A respiração basal mede a quantidade de CO<sup>2</sup> liberado na respiração aeróbica e anaeróbica dos microrganismos e com esse dado avalia-se a atividade metabólica dos microrganismos. A RBS pode revelar tanto numa alta atividade metabólica dos microrganismos, como também revelar indicações de estresse e perturbação do ambiente. Com uma resposta ágil barata os agricultores conseguem fazer mudanças estratégicas de manejo e correção antes de acontecerem danos no plantio.

A contagem direta no microscópio também é método simples e barato e pode ser um bom indicador de diversidade no solo. Por conta dos exsudatos e secreções lançados em torno das rizosferas pelas plantas e oxidação dos materiais orgânicos próximos as raízes, disponibilizando várias fontes de carbono, os microrganismos são atraídos e uma intensa e rica flora microbiana estabelece-se na área de influência das raízes. A diversidade de microrganismos é fundamental para o funcionamento do solo, porque garante redundância funcional, importante fator de tamponamento, manutenção da estabilidade e controle de patógenos dentro do sistema. Por isso, quando se realiza a coleta do solo junto a rizosfera, e leva-se ao microscópio, obtém-se um panorama bem realista da flora microbiana da amostra coletada. A importância desse exame como indicador de qualidade do solo, deriva do fato, que ele revela de imediato se o solo está sob situações de estresse, e por isso, susceptível a doenças no plantio (Ingham, 2019).

As atividades de enzimas específicas revelam a qualidade e velocidade do metabolismo microbiano no solo. A importância desse fator como indicador de qualidade deriva do fato que todas as ações de oxirredução no solo são mediadas por enzimas. No entanto, enzimas são

proteínas muito exigentes com relação as condições para sua ação, por isso, devem ser usadas com muito critério porque são muito sensíveis a fatores ambientais.

## **2.4 Respiração Basal**

A respiração microbiana é um dos mais antigos parâmetros para medir a atividade microbiana, conhecido também como Respiração Basal do Solo (RBS), porque mede a atividade microbiana em função da oxidação da matéria orgânica por microrganismos, como bactérias e fungos, que vivem no solo (Siqueira et al., 2018).

A RBS é reconhecida como um dos melhores indicadores do solo porque reflete diretamente a atividade dos microrganismos heterotróficos, os grandes responsáveis pela atividade de ciclagem de nutrientes, e por isso, responsáveis pela fertilidade do solo, principalmente nos trópicos (Moreira; Siqueira, 2000).

A liberação de  $\text{CO}_2$  em forma de RBS é um indicativo eficiente da atividade microbiana no solo porque a produção de  $\text{C-CO}_2$  ou mineralizável em um determinado de tempo, sendo que altas taxas de respiração podem demonstrar aumento de carbono para a atmosfera e redução de carbono orgânico do solo. Esse método baseia-se na captura do  $\text{C-CO}_2$  liberado de uma amostra de solo em uma solução de hidróxido de sódio e sua quantificação por titulação com ácido clorídrico (Mendonça; Matos, 2005). Sua medição é considerada uma estimativa indireta da velocidade de decomposição da matéria orgânica ou de algum material adicionado ao solo (Alef, 1995; Severino et al., 2004).

A importância do método RBS onde se mede a liberação de  $\text{CO}_2$  recai no fato que assim se mede a totalidade da respiração, seja aeróbica ou anaeróbica (Franzluebbers, 2016, Rodrigues; De-Polli, 2000).

### 3 METODOLOGIA

Foram coletadas na barra da saia diversas amostras representativas de solo de cafés com diferentes manejos na profundidade de 0 a 10 cm, em diferentes propriedades no sul de Minas. As amostras foram coletadas e levadas no mesmo dia para o laboratório de microbiologia do Grupo Unis/Varginha. O solo foi identificado e recebeu os preparos para avaliação da RBS.

- 1) Determinar a capacidade de retenção de água (CRA) e corrigir a umidade para 60% da CRA.
- 2) Peso seco: secagem de 10 g do solo úmido em estufa (105 °C) até a massa ficar constante.
- 3) Respiração microbiana ou Respiração basal do solo em sistema estático, segundo Alef (1995).
  - a) Colocar dentro de um frasco de vidro um tubo de ensaio contendo 15 mL de NaOH 0,5 N para capturar o CO<sub>2</sub> produzido e outro tubo de ensaio contendo 10 mL de água destilada para manter a umidade do ambiente.
  - b) Os frascos foram hermeticamente fechados mantidos a 25 °C por uma semana (168 h)
  - c) Após esse período, foram retirados os tubos de ensaio contendo NaOH e transferido o conteúdo para um Erlenmeyer. Na sequência, adicionou-se 1,0 mL de BaCl<sub>2</sub> (50%) e duas gotas de Fenolftaleína,
  - d) Após a padronização, titulou-se o excesso de NaOH com HCl 0,5 N.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para RBS nos manejos contrastantes como floresta, jardim, áreas de plantio direto de milho com fogo acidental, áreas de cultivo convencional de milho, áreas de café consorciado com cedro e áreas com café orgânico com coletas em diferentes profundidades foram apresentados na Tabela 1.

**TABELA 1:** Respiração Microbiana em diferentes manejos como Floresta, Jardim, Plantio direto de milho submetidos ao fogo, Milho em cultivo convencional, Café consorciado com cedro e Café orgânico em diferentes profundidades de coleta, 2022.

<b>Tratamentos</b>	<b>Manejos</b>	<b>Respiração microbiana (mg de CCO<sup>2</sup>)</b>
1	Floresta	144,28
1	Floresta	145,20
1	Floresta	143, 28
2	Jardim orgânico	163,95
2	Jardim orgânico	170,00
2	Jardim orgânico	150,95
3	Plantio direto milho/fogo	146,48
3	Plantio direto milho/fogo	138,033
3	Plantio direto milho/fogo	133,58
4	Milho convencional	19,079
4	Milho convencional	19,089
4	Milho convencional	23,849
5	Café convencional	65,502
5	Café convencional	63,719
5	Café convencional	64,00
6	Café convencional+cedro	48,759
6	Café convencional+cedro	62, 874
6	Café convencional+cedro	71,856
7	Café orgânico	126,19 (coleta de 0 a 10 cm)**
7	Café orgânico	76, 756 (coleta de 0 a 20 cm)
7	Café orgânico	76,756 (coleta de 0 a 20 cm)
8	Café orgânico	92,814 (coleta de 0 a 10 cm)
8	Café orgânico	88,109 (coleta de 0 a 20 cm)
8	Café orgânico	88,109 (coleta de 0 a 20 cm)

\*Método Alef (1995) \*\*valor de RBS superior aos demais solos avaliados.

Os resultados apresentados na tabela 1 revelaram, mesmo antes da ANAVA, diferenças robustas entre valores dos solos com manejo Floresta, Jardim orgânico e plantio Direto de milho

dos valores dos valores do milho e café em manejo convencional. Os cafés orgânicos ficaram com valores intermediários entre os manejos supracitados e com pequenas diferenças entre as profundidades das coletas, com exceção para o valor de 126, 19 (mg de  $\text{CCO}_2$ ), na coleta de 0 a 10 cm, que foi superior aos demais valores das coletas desse manejo.

Na sequência, os resultados da Tabela 1 foram submetidos a uma análise de variância (ANAVA) pelo programa Sisvar (2024) e foram apresentados na Tabela 2.

**TABELA 2:** Análise de Variância.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	7	54670.582029	7810.083147	28.142	0.0000
Manejo	7	54670.582029	7810.083147	28.142	0.0000
Repetição	2	744.471900	372.235950	1.341	0.2931
Tratamento* Manejo	43	467058203	7810.083147	28.142	0.0000
CV (%)		17.71			

Os resultados da ANAVA revelaram diferenças significativas nos tratamentos, no manejo e na interação tratamentos x manejos. Os resultados significativos foram submetidos ao teste de Tuckey a 0,05% de probabilidade (Tabela 3).

**TABELA 3:** Teste de Tuckey para tratamentos, manejo e tratamentos x Manejo com os dados qualitativos apresentados na ANAVA.

Tratamentos (manejos)	Resultados do Teste*
T4 Plantio convencional milho	a1
T6 Plantio café convencional	a1
T5 Plantio café convencional	a1 a2
T8 Plantio café orgânico (coleta 0 a 20 cm)	a2
T7 Plantio café orgânico (coleta 0 a 10 cm)	a2 a3
T3 Plantio direto milho (fogo)	a3 a4
T1 Floresta	a4
T2 Jardim orgânico	a4

\*Letras iguais na linha indicam que não há diferenças estatísticas entre os fatores.

Os resultados do teste de Tuckey revelaram que solos de Floresta (T1), Jardim orgânico (T2) e milho plantado no manejo de Plantio Direto, submetido acidentalmente ao fogo (T3) devido à baixa umidade no ano de 2022, obtiveram os melhores resultados para RBS. Esses resultados foram seguidos estatisticamente pelo café no plantio orgânico. Não houve diferenças estatísticas para o café orgânico entre as profundidades de coleta.

Os resultados revelaram o potencial do plantio direto para manutenção do equilíbrio da microbiota do solo, já que nem o fogo foi capaz de perturbar a atividade microbiana medida pela RBS, naquelas condições. Engel (1992) cita que a matéria orgânica do solo, em áreas de pastagem, não é afetada com intensidade após queimadas. Acredita-se que grande parte da matéria orgânica não é consumida pelo fogo e são rapidamente substituídas pela decomposição de raízes dos vegetais que estão abaixo da superfície do solo. Nos cerrados brasileiros, Araújo (2017) revelou que em profundidades maiores que 5 cm não foi notificada alterações significativas, após queimada, nos níveis dos nutrientes minerais. Em áreas de floresta de pinheiros, após queimada, observou-se que após a primeira chuva ocorreu aumento significativo do número e da atividade dos microrganismos (Cavalcanti, 1978, Araujo; Ribeiro, 2005). Santos et al. (2020) notificaram aumento da biodiversidade nas áreas queimadas e sugerem que o fogo afeta com maior intensidade a população de fungos antagonistas como *Aspergillus* e *Penicillium* favorecendo a ocorrência de outros gêneros. Trabalhos conduzidos por Sousa et al. (2019) em área submetidas ao fogo no cerrado indicaram uma maior redução nos gêneros *Rhizoctonia* e *Fusarium* e aumento significativo dos gêneros *Mucor* e *Rhizopus*. Os resultados para RBS no manejo com plantio direto foram significativamente semelhantes aos resultados com manejo orgânico, cujos trabalhos na área microbiológica apontam como um manejo sustentável para a flora microbiana. Gazda et al (2019) afirmam ter encontrado maior taxa de RBS nas áreas de manejo com cultivo orgânico do que nas áreas com manejo convencional. Estudos realizados por Franzluebbers (2009) revelou que em área de florestas e sistema de plantio direto, onde não há perturbação do solo e os resíduos ficam na superfície, ocorrendo, naturalmente, uma estratificação, melhorando a qualidade do solo através de uma maior formação de agregados e maior aeração, condições muito favoráveis para formação das comunidades microbianas. Trabalhos conduzidos por Pragana et al (2012) para avaliar a estratificação confirmaram que a atividade microbiana tende a ser maior nas camadas mais superficiais onde existe maior quantidade de matéria orgânica e vai diminuindo acompanhando a disponibilidade de matéria orgânica.

Os resultados nas áreas com milho convencionais (T4) e com plantio de café em manejo convencionais com (T6) ou sem cedro (T5) obtiveram os menores resultados para RBS desse experimento. Esses valores revelaram o impacto nas populações microbianas do solo, quando as produções agrícolas são realizadas com manejo que não estimulam o crescimento dos microrganismos (Monteiro, 1999). De acordo com Béliveau et al (2017), a inclusão de árvores em sistemas agrícolas normalmente contribui para a conservação do solo e fertilidade. Nesta mesma linha, Tian et al. (2013) revelaram que a respiração basal foi significativamente maior para os sistemas agroflorestais do que para o sistema de monocultura. Por isso, havia uma expectativa de encontrar-se bons resultados no consórcio Cedro junto com o café, mas isso não se concretizou no plantio convencional, nas condições desse trabalho.

Os resultados desse trabalho revelaram a grande capacidade da ferramenta RBS em diferenciar qualitativamente os manejos, permitindo oferecer suporte técnico para os agricultores na avaliação microbiológica dos diferentes manejos de solos de sua propriedade. A RBS comportou-se nesse trabalho como um indicador de qualidade de solo sensível, barato, rápido e replicável.

## **CONCLUSÕES**

A RBS nas condições desse trabalho foi uma ferramenta importante para avaliar a qualidade microbiológica dos diferentes manejos.

## **REFERÊNCIAS**

Alef, K Soil respiration. In: Alef K., Nannipieri, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Academic Press, London. P. 225-227. 1995

Araujo, E. A.; Ribeiro, G. A Impactos do fogo sobre a entomofauna do solo em ecossistemas florestais. *Natureza & Desenvolvimento*, v. 1, n. 1, p. 75-85, jan./fev. 2005.

Araujo, A.S.F. de, Bezerra, W.M., Dos Santos, V.M., Nunes, L.A, Lyra. M.D de, Vale M F.B.de, Melo, VM. Fungal diversity in soils across a gradient of preserved Brazilian Cerrado. **J Microbiol**. 2017 Apr;55(4):273-279.

Béliveau, A., Lucotte, M., Davidson, R., Paquet, S. Reduction of soil erosion and mercury losses in agroforestry systems compared to forests and cultivated fields in the Brazilian Amazon. *Journal of environmental management*, [s.l.], v. 203, p. 522-532, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/> Acesso em 25/01/2025

Berude, M.C., Galote, J.K.B., Pinto, P.H., Amaral, A.A.do. (2015) **A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora.** Enciclopedia Biosfera. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/A%20MESOFAUNA.pdf>. Acesso em: 21 de agosto de 2025.

CAVALCANTI, L. M. 1978. Efeito das cinzas resultantes da queimada sobre a produtividade do estrato herbáceo-subarbustivo do Cerrado de Emas. Tese de doutorado, São Paulo. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 219 p

Confederação de agricultura e pecuária do brasil. CNA prevê margem de lucro menor e alta dos custos de produção em 2023. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/>Acesso em: 02.fev.2025

Engel, O Fogo e a vegetação. In: I Encontro sobre Incêndios Florestais - UNESP, Botucatu, 1992, 131 p, pp. 97-105.

---

Franzluebbbers AJ. Linking soil organic carbon and environmental quality through conservation tillage and residue management. In: Lal R, Follet RL, editors. *Soil carbon sequestration and the greenhouse effect*. 2nd.ed. Madison: SSSA; 2009. p.263-89. (Special publication, 57).

Franzluebbbers, A. J. Should soil testing services measure soil biological activity? **Agric. & Environ. Lett.**, Madison, v. 1, n. 1, 2016.

FERREIRA, D.F. SISVAR - programa estatístico. Versão 4.2 (Build 39). Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1999-2003.

GAMA-RODRIGUES, E.F. & DE-POLLI, H. Biomassa na ciclagem de nutrientes. In: FERTIBIO 2000. Santa Maria, 2000. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-ROM

---

INGHAM, ELAINE. Soil Bacteria, Soil Food Web, 2019 . USDA-NRS. Disponível em: Acesso em: 13.nov.2023

MENDONÇA, E. D. S.; MATOS, E. D. S. Matéria Orgânica do solo: métodos de análises. Viçosa: UFV, 2005

Monteiro, G. F. Embrapa Cerrado, Planaltina, 1999

Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. (2006) **Os organismos do Solo**. In.: Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2ª edição. Editora UFLA. ISBN: 85-87692-33-x. 729p.

Pragana, R. B.; Nobrega, R. S. A.; Ribeiro, M. R.; Lustosa Filho, j. f. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 36, n. 3, p. 851-858, 2012

Santos, G. R. et al Fire effects on soil fungi in a Cerrado vegetation area according to the collection period. Floresta, v. 50, p. 1113-1122, 2020.

SBM (Sociedade Brasileira de Microbiologia). Micro-organismos funcionam como indicadores da qualidade dos solos 2015. Disponível em: <https://sbmicrobiologia.org.br/> Acesso em: 19/01/2025

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, M. A. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 5, n. 1, 2004.

Sousa, R. R. , Leão, E. U. , Veloso, R. A., Giongo, M., Santos, G. R. dos. Impacto da queima de vegetação do Cerrado sobre fungos habitantes do solo. *Ciência Florestal*, v. 29, n. 2, p. 965-974, 2019.

---

Tate, R. L.III. **Soil Microbiology**. 3ed. New York: John Willey, 2021. 570p.

TIAN, Y.; CAO, F.; WANG, G. Soil microbiological properties and enzyme activity in Ginkgo-tea agroforestry compared with monoculture. *Agroforestry systems*, [s.l.], v. 87, n. 5, p. 1201-1210, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-013-9630-0>. Disponível em:

ZANINETTI, R; MOREIRA, A; MORAES, L. A. C. Physical, chemical, and biological attributes of a Xanthic Oxisol after forest conversion to rubber tree plantation in the Amazon. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1061-1068, set. 2016.