

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
JULIO CÉSAR DE ANDRADE SILVEIRA

**ATIVIDADE MICROBIANA COMO PARÂMETRO DE QUALIDADE
DE SOLO NA REGIÃO DE CURITIBANOS-SC**

Curitibanos

2017

JULIO CÉSAR DE ANDRADE SILVEIRA

**ATIVIDADE MICROBIANA COMO PARÂMETRO DE QUALIDADE DO SOLO NA
REGIÃO DE CURITIBANOS-SC**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de engenheiro agrônomo.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Gloria Regina Botelho.

Curitibanos

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silveira, Julio César de Andrade
ATIVIDADE MICROBIANA COMO PARÂMETRO DE QUALIDADE DE
SOLO NA REGIÃO DE CURITIBANOS-SC / Julio César de Andrade
Silveira ; orientador, Gloria Regina Botelho, 2017.
32 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2017.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Qualidade do solo. 3. Microrganismos .
4. Atividade da Biomassa Microbiana . I. Botelho, Gloria
Regina . II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC
TELEFONE (048) 3721-2178 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

NOME DO ALUNO

ATIVIDADE MICROBIANA COMO PARÂMETRO DE QUALIDADE DE SOLO NA REGIÃO DE CURITIBANOS- SC

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao
Colegiado do Curso de Agronomia, do Campus Curitibanos
da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito
para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador(a): Glória Regina Botelho

Data da defesa:

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador: Glória Regina Botelho
Titulação Doutora
Área de concentração em Biotecnologia vegetal
Universidade Federal de Santa Catarina

Glória Regina Botelho
do Rio de Janeiro

Membro Titular: Sonia Purin da Cruz

Titulação Doutora

Área de concentração em MICROBIOLOGIA AMBIENTAL E APLICADA
Instituição UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Sônia P. da Cruz

Membro Titular: Jussara Cristina Stingham

Titulação Mestre

Área de concentração em Produção Vegetal
Instituição CAVI/UFSC

Jussara C. Stingham

Local: Universidade Federal de Santa Catarina

Campus de Curitibanos

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Este trabalho é dedicado a todos que de alguma forma contribuíram para a sua realização, em especial aos meus queridos pais e minha filha.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e todas as forças divinas que conspiraram para que eu pudesse alcançar minhas realizações.

Agradeço aos meus pais, Carlos Augusto da Rosa Silveira e Marli de Andrade Silveira, por servirem como porto seguro, sempre apoiando, incentivando, e acima de tudo ensinando os valores éticos e morais.

As minhas queridas tias e madrinhas, Berenice Oliveira de Andrade e Beatriz Oliveira de Andrade, que sempre me deram conselhos, atenção e carinho. Obrigado aos meus amigos, Thiago Campos de Souza e Benno José Kolling, pela amizade incondicional, dividindo experiências, tristezas e alegrias.

A grande querida, dedicada e atenciosa Prof.^a Jussara Cristina Stinghen, pelo apoio, suporte e conhecimento compartilhado.

A minha melhor amiga, companheira e namorada Kelly Sonda Borges, por sempre estar ao meu lado, ouvindo, aconselhando e amenizando minhas dores, angústias e cansaço.

A minha jovem e linda filha, Emily Fagundes Silveira, a qual serviu como fonte de inspiração e motivação, me tornando persistente, corajoso e confiante em um futuro melhor, não só para mim, mas também para ela e demais familiares.

Agradeço a grande Prof.^a Dr.^a Glória Regina Botelho, pela confiança depositada, pela mão amiga, e pelos ensinamentos que sem dúvida nenhuma irão me acompanhar em toda minha vida profissional.

Também deixo registrado meu agradecimento aos técnicos de laboratório da UFSC, em especial ao Cláudio da Cunha Torres Júnior, que sempre esteve à disposição contribuindo e orientado na elaboração das análises químicas deste trabalho.

Enfim, agradeço a todas as pessoas, amigos, familiares, colegas, conhecidos, professores, funcionários da UFSC, que no decorrer desses cinco anos presenciaram, contribuíram e me proporcionaram o aperfeiçoamento de minha pessoa, tornando-me mais experiente e aberto a novos horizontes do mundo.

“O dado mais importante que separa o ser humano de todos os seus irmãos e primos da escala filogenética é o conhecimento, só o conhecimento liberta o homem, só através do conhecimento o homem é livre e em sendo livre ele pode aspirar uma condição melhor de vida para ele e todos os seus semelhantes.”

(Enéas Ferreira Carneiro, 1989).

RESUMO

A qualidade de um solo é caracterizada pelas características dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Para a sua mensuração é necessário a utilização de indicadores que expressem as condições dos atributos. Em relação aos indicadores biológicos do solo, representados pela Biomassa microbiana do solo (BMS), possuem por característica maior sensibilidade às alterações no meio edáfico, podendo assim, serem utilizados como indicadores da qualidade do solo. Na região de Curitibanos a qual apresenta agricultura crescente, diversificada e com emprego de diversos sistemas de cultivo e manejos do solo, pouco se utilizou desse parâmetro para avaliar a qualidade dos solos da região. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a atividade da BMS em diferentes manejos do solo, levando como padrão a vegetação nativa, como um indicador de qualidade de solo para a região de Curitibanos. O experimento foi conduzido no município de Curitibanos (SC). Foram avaliados o carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C), pelo método de fumigação extração, a respiração basal (RBS) e o quociente metabólico do solo (qCO_2). Foi empregado o delineamento fatorial 3x3, sendo os tratamentos constituídos por três épocas de avaliação e três manejos do solo (Mata nativa, plantio direto (PD) e sistema convencional (SC)). Os resultados do (BMS-C) e (RBS) foram submetidos a análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%, pelo programa Assistat. A análise de variância demonstrou haver diferença estatística significativa para as variáveis BMS-C e RBS nas diferentes épocas de coleta, e manejos do solo. Dessa forma os manejos do solo pelo PD e SC apresentaram menor manutenção da BMS em relação a MN, porém o PD apresentou maiores taxas de qCO_2 . Os resultados obtidos apontam existir influência dos manejos do solo sob a manutenção da BMS, através da alteração das condições no ambiente, como: temperatura, umidade, composição e densidade dos resíduos orgânicos sob o solo. O manejo pelo plantio direto, quando mal manejado, ou seja, sem emprego de rotação de culturas e semeadura direta na palha, afeta a atividade da BMS. Os resultados obtidos no manejo PD apontam que de fato a BMS é um potencial indicador das alterações da qualidade do solo, inclusive na detecção de erros no manejo do solo.

Palavras-chave: Qualidade do solo. Biomassa microbiana. Bioindicadores.

ABSTRACT

The quality of a soil is characterized by the characteristics of the chemical, physical and biological attributes of the soil. For its measurement it is necessary to use indicators that express the conditions of the attributes. In relation to the soil biological indicators, represented by the soil microbial biomass (BMS), they have a greater sensitivity to changes in the soil environment and can therefore be used as indicators of soil quality. In the region of Curitiba, which presents growing agriculture, diversified and employing several systems of cultivation and soil management, little was used of this parameter to evaluate the quality of the soils of the region. The present work aims to evaluate the BMS activity in different soil management, taking native vegetation as a standard, as an indicator of soil quality for the Curitiba region. The experiment was carried out in the municipality of Curitiba (SC). The soil microbial biomass carbon (BMS-C), by the extraction fumigation method, the basal respiration (RBS) and the soil metabolic quotient (qCO_2) were evaluated. The 3x3 factorial design was used, and the treatments consisted of three evaluation periods and three soil management (native forest, no-tillage (PD) and conventional system (SC)). The results of (BMS-C) and (RBS) were submitted to analysis of variance, and the means were compared by the Tukey test at 5%, by the Assisat program. The analysis of variance showed significant statistical difference for the BMS-C and RBS variables at the different collection times, and soil management. Thus, soil management by PD and SC showed lower maintenance of BMS in relation to MN, but PD had higher rates of qCO_2 . The results obtained indicate that there is influence of the soil management under the maintenance of BMS, through the alteration of the conditions in the environment, such as: temperature, humidity, composition and density of the organic residues under the soil. Management by no-tillage, when poorly managed, that is, without the use of crop rotation and no-till in the straw, affects BMS activity. The results obtained in the PD management point out that in fact BMS is a potential indicator of changes in soil quality, including in the detection of errors in soil management.

Keywords: Soil quality. Microbial biomass. Bioindicators.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1	CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS-C).....	19
2.2	RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO (RBS).....	21
2.3	QUOCIENTE METABÓLICO DO SOLO (qCO_2).....	21
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1	CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS-C).....	23
3.2	RESPIRAÇÃO BASAL E QUOCIENTE METABÓLICO DO SOLO	26
4	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre qualidade do solo (QS) ganharam importância no início da década de 90, impulsionadas pela comunidade técnico-científica que abordava em suas publicações, a importância das funções do solo relacionadas com a degradação dos recursos naturais e a sustentabilidade agrícola (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Nesse contexto, surgiu a definição de QS, como sendo a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites dos ecossistemas, sustentando a produtividade biológica, mantendo a qualidade da água e do ar e ainda promovendo a saúde humana, das plantas e dos animais, segundo Doran e Parkin (1994 apud MENDES et al., 2009, p. 9). Para mensurar a qualidade de um solo, deve-se levar em conta o seu dinamismo, não devendo ser efetuada de forma isolada e direta, e sim, estimada a partir de indicadores (ARAÚJO et al., 2012), que englobem os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, segundo Doran e Parkin (1994 apud MENDES et al., 2009, p. 10).

O atributo biológico do solo é representado pelos organismos vegetais e animais, sendo classificados conforme tamanho apresentado, sendo eles: macrorganismos visíveis a olho nu; mesorganismos variando entre 0,0045 mm a 0,05 mm e microrganismos, aqueles que só podem ser vistos com a ajuda de instrumentos especializados, e ainda também fazendo parte desse grupo os sistemas radiculares de raízes em desenvolvimento (HERNANI, 2016).

Os microrganismos do solo são juntamente com a macro e meso fauna, responsáveis pela decomposição de resíduos orgânicos provenientes tanto de origem animal, como de vegetal. Atuam na imobilização e mineralização dos nutrientes fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, além de serem responsáveis pela sintetização da matéria orgânica do solo, segundo Grisi e Gray (1986 apud BALOTA et al., 1998, p. 2).

Segundo Rovedder et al. (2008), por apresentar maior sensibilidade às alterações significativas nos ambientes provocadas pelos sistemas de produção, a biomassa microbiana do solo (BMS) pode ser utilizada como um bioindicador da QS. Já Mendes et al. (2009) relatam que essa utilização como indicador é justificada pela participação da BMS em todos os processos fundamentais do solo, e ainda por apresentarem respostas rápidas as mudanças, quando comparados aos parâmetros físicos e químicos.

O estabelecimento dos sistemas de produção em substituição aos ambientes naturais ocasiona alterações nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, podendo ainda impactar de forma negativa no ambiente. O mesmo não se observa em ecossistemas naturais, onde ocorre

uma dinâmica entre a cobertura vegetal e atributos do solo, refletindo de forma positiva na manutenção da BMS e resultando nos processos de acumulação e decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2007).

Na atualidade, basicamente, são empregados diversos sistemas de manejo do solo, porém, dentre eles podemos destacar o plantio direto (PD), e o sistema convencional (SC). O PD consiste na semeadura direta sem o revolvimento do solo, com a presença de cobertura vegetal (palhada), e a utilização da rotação de culturas. Esses três pontos unidos permitem a conservação da estrutura do solo, contribuindo com a manutenção de umidade, fertilidade, microbiota do solo, e ainda na prevenção da erosão (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998).

Já o sistema convencional (SC) é caracterizado pela inversão da camada superficial do solo, ocorrendo a exposição aos processos erosivos, desagregação de partículas, compactação abaixo da camada arada, perda de fertilidade e ainda afetando diretamente a produtividade e a viabilidade dos cultivos agrícolas (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

Com base na relação existente entre o manejo empregado e QS, acredita-se que em sistemas de produção, nos quais se utilizem manejo do solo mais conservacionista, a exemplo do sistema plantio direto, ocorrerá menor impacto na biomassa microbiana, conseqüentemente mantendo a dinâmica de ciclagem de nutrientes, caracterizando a manutenção da QS. Já em sistemas como o convencional, no qual ocorre revolvimento do solo, afetará BMS, ocasionando a redução de matéria orgânica no solo, e conseqüentemente impactando de forma negativa nos atributos do solo, caracterizando perda de QS.

Na região de Curitiba é possível observar uma agricultura diversificada com o emprego de diversos sistemas de produção e manejos do solo, e embora exista na literatura um grande número de trabalhos sobre parâmetros biológicos de QS para diversas regiões do Brasil, ainda são insuficientes os estudos para essa região. Dessa forma se faz de grande importância intensificar as pesquisas possibilitando a determinação da sustentabilidade dos manejos do solo empregados na região.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a atividade microbiana do solo em diferentes manejos do solo, levando como padrão a vegetação nativa, como um indicador de qualidade de solo para a região de Curitiba.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de outubro de 2016 á março de 2017, em uma propriedade pertencente ao Sr. Heitor Anjos Maciel, parceiro de pesquisa e extensão da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A fazenda está localizada no interior do município de Curitibanos, localidade do tabuleiro, região do planalto Catarinense (SC), sob latitude de 27° 11` 48” Sul, longitude 50° 40` 44” Oeste, e altitude de aproximadamente 1000 metros acima do nível do mar.

O solo é classificado como Nitossolo Bruno, Terra bruna estruturada de textura muito argilosa e relevo suave ondulado e ondulado (EMBRAPA, 2006). Na tabela 1 é possível observar as características químicas e físicas do solo durante o período da realização do experimento.

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas da Mata nativa e manejos do solo.

Manejos	pH (H ₂ O)	MO ---(%)--	K -----Cmolc/dm ³ -----	Mg	Al	H+Al	Areia -----%-----	Silte	Argila
Mata nativa	4,3	3,5	0,16	0,66	4,30	15,16	23,75	22,5	53,75
Plantio direto	5,40	3,06	0,26	3,06	0,08	7,76	22,5	23,75	53,75
Sistema convencional	4,90	3,2	0,46	2,22	0,65	11,26	30	21,25	48,75

Fonte: Autor do trabalho

O clima local é do tipo Cfb, com temperaturas no mês mais frio, abaixo de 15°C e temperaturas no mês mais quente, acima de 25°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, sendo que a precipitação média anual é de 1676 mm (CLIMATE-DATA, 2016).

A vegetação predominante da região é pertencente ao Bioma Mata Atlântica, caracterizada como floresta ombrófila mista, também denominada floresta de araucária. Possui como principal espécie do dossel a *Araucaria angustifolia*, além de uma vegetação densa em seu sub-bosque (VIBRANS et al., 2015).

Os sistemas de manejo do solo foram caracterizados como:

- Manejo do solo 1: Área caracterizada pela utilização de semeadura direta sem o revolvimento do solo (Plantio direto). A área possui em seu histórico, 15 anos consecutivos

com a utilização de sucessões de soja [*Glycine Max* (L.) Merrill], e aveia preta *Avena strigosa* Schreb, submetida ao pastejo de bovinos de corte.

- Manejo do solo 2: Área constituída pelo sistema de preparo do solo convencional. Tratando-se de uma área nova, recém preparada para o cultivo agrícola, na qual possuía vegetação predominante de espécies forrageiras de campo nativo. O solo foi revolvido no dia 14/08/2016, utilizando-se de uma grade aradora de 36 discos, seguido de uma gradagem visando o destorroamento do solo e a incorporação do calcário.

- Manejo do solo 3: Trata-se de uma área de vegetação nativa, mais especificamente de mata ciliar em recuperação. Em seu histórico, segundo o proprietário, a área passou por extrações de madeira nas décadas de 70 e 80, principalmente de exemplares de *Araucaria angustifolia*. Entretanto, as extrações de madeira foram encerradas na década de 90, permanecendo sob recuperação natural, e em determinadas épocas do ano servindo como abrigo para bovinos de corte de maneira esporádica.

As áreas de cultivo (Manejo do solo 1 e 2) foram semeadas com a cultura da soja, cultivar Nidera 5909 em 4 de novembro de 2016 e adubadas com fertilizante mineral 0-42-12, em base na dosagem de 300 kg ha⁻¹.

As épocas de avaliação foram fixadas de acordo com o ciclo da cultura da soja, visto que um dos papéis fundamentais da BMS é a imobilização e mineralização dos nutrientes, dessa forma as amostras foram coletadas em três épocas distintas, sendo a primeira aos 15 dias após a semeadura (19/11/2016), outra, 74 dias após a semeadura equivalendo ao meio do ciclo da cultura (18/01/2017), e a última (26/03/2017), aos 132 dias após a semeadura, término do ciclo da leguminosa. Em cada manejo do solo, delimitou-se uma área de meio hectare, estabelecendo dentro de seus limites, de forma aleatória, quatro pontos de 1m², onde foram coletadas quatro amostras simples de solo em profundidade de 0 a 10 cm, as amostras simples unidas e homogenizadas formaram uma amostra composta de solo.

As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de química analítica e bioquímica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), *Campus* de Curitibanos. Para a realização das análises, as amostras de solo passaram por processo de peneiramento em peneira com malha de 2 mm, seguidas de limpeza manual com auxílio de pinça para retirada de pequenas raízes e demais materiais fragmentados. Foram determinadas a umidade e capacidade de campo das amostras de solo. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, contendo 20g de solo.

O delineamento utilizado foi semelhante ao empregado por Alves et al. (2011), o qual considera os sistemas como tratamentos, dessa forma utilizou-se um esquema fatorial 3x3, com quatro repetições, sendo três épocas de avaliação (15 dias após a semeadura da cultura soja, metade do ciclo da cultura e fim do ciclo da cultura), e três manejos do solo (vegetação nativa e sistema de produção pelo método convencional e plantio direto). Foram avaliados o carbono (mg C Kg^{-1} de solo seco), a respiração basal do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ de solo seco) e o quociente metabólico ($\text{mg C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{BMS-C} \cdot \text{h}^{-1}$) da Biomassa Microbiana do Solo. Os dados obtidos para o carbono e respiração basal do solo foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro utilizando o programa estatístico Assistat 7.7 beta.

2.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS-C)

A extração do carbono foi realizada pelo método de fumigação-extração proposto por Vance et al. (1987 apud MENDES, 2016). O C da BMS foi extraído pela fumigação das amostras com clorofórmio isento de etanol, ocasionando a morte e rompimento das células microbianas possibilitando a quantificação dos elementos constituintes da BMS. Após fumigação, seguidos pela determinação por volumetria neutralização ácido base (titulação). O carbono da BMS foi obtido pela diferença entre as amostras fumigadas compostas pelo carbono total juntamente com o da BMS e não fumigadas, e submetidas ao fator de correção. Foi utilizada a relação solo extrator 1:2,5, descrito por Tate et al. (1988 apud SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007) e fator de correção $K_c = 0,33$ preconizado por Sparling & West (1988 apud SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007) e o resultado foi descrito em mg de C-BMS por Kg de solo seco.

Dessa forma, as amostras de solo fumigadas (F) e não fumigadas (NF) foram incubadas em ambiente escuro e sob temperatura variando entre 25 a 28 °C, por um período de 7 dias. As triplicatas referentes ao processo de fumigação (F), passados cinco dias de incubação, foram submetidas ao processo de fumigação em um dessecador acoplado a uma bomba de vácuo, contendo uma placa de petri centralizada com 25 ml de CHCl_3 (clorofórmio isento de etanol). O vácuo foi mantido até a evaporação do clorofórmio, permanecendo as amostras no dessecador, pelo período de 24 h. Repetiu-se o processo de fumigação, com 15 ml do clorofórmio, após as 24h, totalizando, assim, 48 horas de fumigação.

Encerrado o período de incubação/fumigação das amostras foi adicionada a solução extratora, 50 ml de K_2SO_4 (Sulfato de potássio) a 0,5 M, e submetidas a agitação horizontal por 30 minutos a 220 rpm. Em seguida, houve período de repouso para a decantação dos sólidos, transcorrendo-se aproximadamente 30 minutos. Após a decantação, procedeu-se à filtragem em filtro de papel 28 μ m.

O carbono das amostras F e NF foi determinado pela retirada de uma alíquota de 8 ml da amostra filtrada, adicionando 2 ml de $K_2CR_2O_7$ (dicromato de potássio) a 0,066 M e 15ml de solução ácida composta por H_2SO_4 (ácido sulfúrico) e H_3PO_4 (ácido fosfórico) concentrados em proporção 2:1. A mistura foi fervida em uma chapa aquecedora, contendo um conjunto de quatro condensadores: um para cada unidade da triplicata e um quarto condensador para a prova branco. Após a retirada das amostras da chapa aquecedora e seu resfriamento, adicionou-se 20 ml de água destilada e 4 gotas de difenilamina 5%, procedendo-se com a titulação com $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ (sulfato ferroso de amônio hexahidratado) 0,04 N.

O carbono extraído é calculado pela seguinte equação matemática:

$$C \text{ (mg C kg}^{-1} \text{ Solo)} = ((V_b - V_a) \cdot M \cdot 0,003 \cdot V_1 \cdot 10^6) / P_s \cdot V_2$$

Onde:

C = Carbono extraído do solo;

V_b (ml) = Volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da solução controle (branco);

V_a (ml) = Volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

M = Molaridade exata do sulfato ferroso amoniacal;

V_1 = Volume do extrator K_2SO_4 ;

V_2 = Alíquota pipetada do extrato para a titulação;

0,003 = Miliequivalente do carbono;

P_s (g) = Massa de solo seco.

O cálculo da BMS é dado pela seguinte equação matemática:

$$BMS \text{ (mg} \cdot \text{Kg}^{-1}) = FC \cdot kc$$

Onde:

BMS = Biomassa de carbono microbiano do solo em mg C Kg⁻¹ de solo;

FC = Fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C recuperado no extrato da amostra fumigada e a recuperada na amostra não fumigada;

Kc = Fator de correção.

2.2 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO (RBS)

A respiração da BMS foi realizada pelo método de respiração basal (RBS), descrito por Jenkinson e Powlson (1976 apud MENDES, 2016).

Antecedendo as etapas de incubação, os frascos herméticos contendo as amostras de solo referentes as (NF), receberam em seu interior, um frasco de penicilina destampado contendo 10 ml de NaOH 1 M, com finalidade de aprisionar o CO₂ emitido pelas amostra. O período de incubação utilizado foi de 7 dias, correspondendo a 168 horas.

Após o processo de incubação, os frascos contendo NaOH foram extraídos dos frascos herméticos e acrescidos em seu volume, 2 ml de BaCl₂ 10%, induzindo a completa precipitação do CO₂, após, adicionou duas gotas de fenolftaleína 1% e procedeu se à titulação, com solução de ácido clorídrico 0,5 M. Os resultados foram descritos em mg C-CO₂ por g de solo seco.

O carbono do CO₂ emitido pela RBS é dado pela seguinte equação:

$$(V.12.M) / (0,41.2) - Ps$$

Onde:

V: Volume de ácido clorídrico gasto na titulação

12: Peso molecular do carbono

M: Molaridade exata do ácido clorídrico

0,41: Coeficiente de correção (Kc)

2.3 QUOCIENTE METABÓLICO DO SOLO (qCO₂)

O quociente metabólico foi obtido como descrito por Anderson e Dowsch (1993 apud SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007), pela razão entre a RBS por unidade de BMS-C e tempo, sendo empregada a seguinte equação:

$$\frac{\text{RBS (mg C-CO}_2\text{.Kg}^{-1}\text{. h}^{-1}\text{)}}{\text{BMS-C (mg C.Kg}^{-1}\text{)}}$$

O resultado foi expresso em $\text{mg C-CO}_2\text{.Kg}^{-1}\text{BMS-C.h}^{-1}$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS-C)

A análise de variância demonstrou que houve diferença estatística significativa, para a variável C da BMS nas diferentes épocas de coleta, e manejos do solo, além de efeito significativo da interação entre os fatores (Tabela 2).

Tabela 2 - Carbono extraído da BMS em sistemas de manejo do solo (plantio direto (PD), sistema convencional (SC), mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.

Épocas de avaliação	Médias mg C Kg ⁻¹ de solo seco		
	PD	SC	MN
E1	52,15 aB	89,01 aA	87,14 aA
E2	22,49 bC	43,47 bB	82,81 aA
E3	10,40 cC	30,05 cB	81,77 aA

E1- 1ª época de avaliação (15 dias após a semeadura); E2- 2ª época de avaliação (74 dias após a semeadura, correspondendo a metade do ciclo da cultura); E3- 3ª época de avaliação (132 dias após a semeadura, correspondendo a colheita da cultura). Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Coeficiente de variação 7,85%.

As médias obtidas de C da BMS nos manejos do solo variaram entre 89,01 a 10,40 mg C kg⁻¹ de solo, nas diferentes épocas avaliadas. As menores médias de C foram obtidas no manejo PD (52,15 a 10,40 mg C kg⁻¹ de solo), sendo inverso ao esperado e inclusive inferior ao descrito na literatura, Bröring (2013) ao avaliar a atividade da BMS no PD em um Nitossolo Bruno na região do planalto catarinense, obteve médias de C na faixa 239,8 mg C Kg⁻¹ de solo.

Acredita-se que essa redução do C no manejo PD tenha relação como o manejo adotado na propriedade, visto que durante o período de condução do experimento foi possível observar um baixo incremento de resíduo vegetal sob o solo, redução ocasionada pelo superpastejo da aveia preta pelos bovinos de corte (Figura 1). Nessas condições o solo fica exposto as intempéries climáticas, afetando a atividade e manutenção BMS.

Figura 1- Área de plantio direto com baixo residual de palhada, durante período de execução do experimento.



Fonte: Autor do trabalho.

Segundo Vargas e Sholes (2000), as maiores quantidades de resíduos vegetais sob o solo, proporcionadas pelo PD, favorecem o desenvolvimento e a manutenção da BMS, visto que a palhada proporciona maior aporte de substrato para os microrganismos, ainda, favorecendo a manutenção de umidade, e diminuindo a variação térmica no solo.

Diversos autores ao estudarem a atividade da BMS entre sistemas de manejo do solo obtiveram resultados superiores no sistema de plantio direto, quando comparados a sistemas não conservacionistas.

Silva (2008) ao comparar a atividade da BMS entre os manejos do solo, como PD, SC e cultivo mínimo constatou que quanto menor o revolvimento do solo, maior o crescimento e manutenção da BMS, à longo prazo. Entretanto, observou que em sistemas de cultivo mínimo, onde ocorre revolvimento do solo de forma localizada, a incorporação de resíduos vegetais e aeração do solo resultante do revolvimento, promove o crescimento da BMS, pelo menos de forma temporária.

Resultados como o de Silva (2008) justificam os teores de C da BMS superiores obtidos no tratamento SC (89,01 a 30,05 mg C Kg⁻¹ de solo), em relação ao PD (52,15 a 10,40 mg C kg⁻¹ de solo), sendo o revolvimento do solo um estimulador temporário da BMS. Este resultado ainda pode ser justificado pelo manejo inadequado, como o empregado no plantio direto, sem emprego de rotação de culturas e com baixa densidade de resíduo vegetal sobre o solo (palhada), representando um fator limitante para a manutenção e atividade da BMS. No entanto, vale ressaltar que o manejo empregado na área de PD ocorreu de forma constante por

15 anos seguidos, diferentemente da área de manejo convencional, a qual se utilizou o revolvimento do solo pela primeira vez.

Por outro lado, ao observar as condições químicas e físicas dos solos em estudo, principalmente nos teores de matéria orgânica do solo (MOS), como sendo, PD 3,06%, SC 3,2%, e MN 3,5% (tabela 3), é possível identificar um decréscimo nos teores de MOS nos sistemas de manejo PD e SC, quando comparados a MN. Sendo assim, o manejo PD nos seus 15 anos consecutivos de uso apresenta redução de 12,57% do teor MOS em relação à MN, ou seja, ocorreu a perda de 0,84% de MOS por ano. Após 60 dias da implantação do SC, observou-se 8,57% de perda, estimando-se perda potencial de 52,13% ao ano.

O mesmo comportamento de decréscimo é visualizado nos teores de argila, onde os 48,75% de argila do SC, apresentam redução de 2,68% em relação aos 53,75% da MN. Com base nesses comparativos, o SC demonstra potencial de perda de qualidade do solo, necessitando de maiores estudos, em escala temporal, superior ao empregado neste trabalho para verificar esta tendência.

Em relação aos valores de C decrescentes obtidos nas épocas para os manejos do solo PD e SC, podem ser atribuídos a decomposição do resíduo vegetal disposto sob o solo, consequentemente reduzindo a densidade da BMS pela baixa disponibilidade de substrato. Ceretta et al. (2002) observaram o comportamento da aveia preta após dessecação, constatando que aos 120 dias após o processo de dessecação com herbicida, 66% do total da fitomassa produzida pela cultura já havia sido decomposta. Já Bertol et al (1998) verificaram a redução de 80% da fitomassa aos 180 dias após dessecação. Deste modo, é possível relacionar a redução BMS com a redução do substrato pelo processo da decomposição dos resíduos vegetais.

Os maiores teores de C se deram na mata nativa, 81,77 a 87,14 mg C Kg⁻¹ de solo, quando comparado aos sistemas de manejo. Este resultado, possivelmente tenha relação com o maior aporte de resíduos vegetais (serrapilheira), promovidos pela vegetação nativa. De acordo com Perez et al (2004), em condições de mata nativa, o maior fluxo de resíduos vegetais, assim como, maior número de raízes e água no solo, estimulam a manutenção da BMS.

Entretanto, as médias descritas na literatura para a região do Planalto Catarinense são superiores as encontradas neste trabalho. Primieri et al. (2017) obtiveram como média do C da BMS 1333,19 mg Kg⁻¹ de solo em MN; Já Bröring (2013) obteve no inverno 354,3 mg Kg⁻¹ de solo, e no verão 271,5 mg Kg⁻¹ de solo. Levando em conta os dados da literatura para ambos os manejos do solo, fica evidente a existência de variação dos teores de C da BMS dentro de

uma mesma formação florística, sendo essa variação resultante das condições de solo, clima, vegetação e épocas de avaliação.

3.2 RESPIRAÇÃO BASAL E QUOCIENTE METABÓLICO DO SOLO

A análise de variância demonstrou que houve diferença estatística significativa para a variável respiração basal do solo (RBS) da BMS nas diferentes épocas de coleta e manejos do solo, além de efeito significativo da interação entre os fatores (tabela 3).

Tabela 3 - Carbono do CO₂ emitido da RBS em sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Sistema convencional (SC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.

Épocas de avaliação	Médias mg C g ⁻¹ de solo seco		
	PD	SC	MN
E1	2,05 Aa	1,70 cB	2,05 abA
E2	1,97 aA	1,98 bA	1,92 bA
E3	2,07 aB	2,53 aA	2,20 aB

E1- 1ª época de avaliação (15 dias após a semeadura); E2- 2ª época de avaliação (74 dias após a semeadura, correspondendo a metade do ciclo da cultura); E3- 3ª época de avaliação (132 dias após a semeadura da cultura, correspondendo a Colheita). Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Coeficiente de variação (CV) 4,59%.

Nos tratamentos PD e MN, obteve se valores de C do CO₂ emitido, semelhantes para as três épocas de avaliação. Os resultados sugerem haver um equilíbrio na emissão do C para o ambiente.

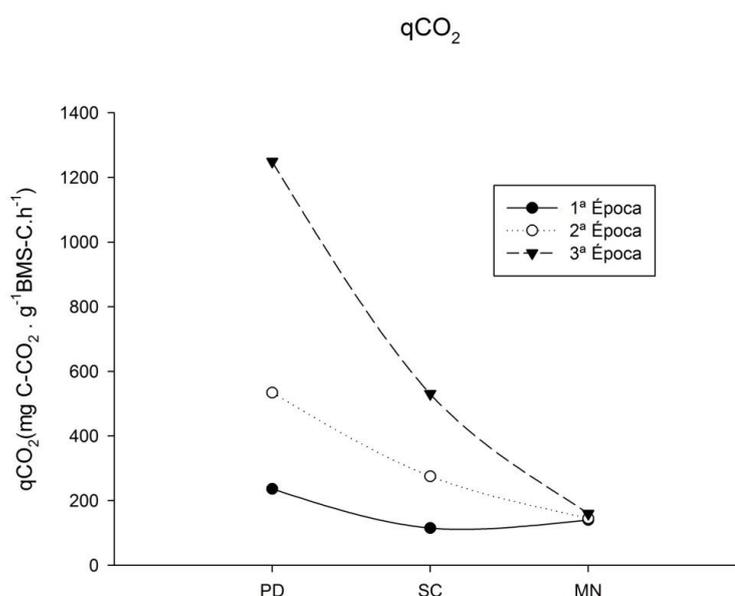
A RBS representa a oxidação da matéria orgânica por microrganismos que utilizam o oxigênio como acceptor final de elétrons até CO₂. Entretanto, o estado fisiológico das células microbianas influencia na RBS, assim como a umidade, teores de matéria orgânica, estrutura e textura do solo, dentre outros (SILVA et al, 2010). Dessa forma, os resultados obtidos, possivelmente são resultantes das condições características e resultantes de cada sistema.

Para o SC, os valores obtidos se apresentaram de forma crescente no decorrer do tempo, sugerindo aumento da perda de C para o ambiente. Segundo Insan & Domsch (1988 apud CARVALHO, 2005, p. 52) a BMS se torna mais eficiente, quanto menores taxas de C são perdidas, na forma de CO₂, pela respiração. Porém, segundo Parkin et al. (1996 apud CARVALHO, 2005, p. 14) altos valores de respiração podem significar tanto a liberação de

nutrientes para as plantas, em um período de curto prazo, como perda de C orgânico para o ambiente, a longo prazo.

Os resultados apresentados no SC vão de encontro com os apresentados na literatura, indicando um aumento gradual na taxa de respiração nesse manejo, sendo essa taxa um indicativo de uma maior ação da BMS sobre a matéria orgânica, e ainda caracterizando a perda de C para a atmosfera. Segundo Nascimento et al. (2009), o preparo do solo ocasiona aumento da taxa de respiração basal, devido a perturbação que a BMS e o solo sofrem, pelo preparo do solo. No entanto, Alves et al. (2011) destacam que a interpretação somente através RBS, pode ser limitada, não devendo ser realizada isoladamente, sendo necessário sua associação com o quociente metabólico. Desta forma, levando-se em conta o quociente metabólico foi possível observar maiores valores no PD, seguidos pelo SC, e MN (Figura 2).

Figura 2 - Quociente metabólico referente para as épocas de avaliação na mata nativa (MN) e manejos do solo plantio direto (PD), sistema convencional (SC).



Fonte: Autor do trabalho.

As médias de qCO_2 obtidos no PD e SC foram superiores aos apresentados na MN, nas três épocas de avaliação. No entanto, observou-se médias superiores para as épocas entre os manejos PD (236,41; 534,12; 1249,31 mg C-CO₂.g⁻¹ BMS-C.h⁻¹), e manejo SC (115; 275,38; 530,40 mg C-CO₂.Kg-1 BMS-C.h⁻¹)(Figura 2). Assim como para o C da BMS, este resultado

indica uma taxa de qCO_2 mais elevada no manejo PD em relação ao SC, sendo inverso ao esperado.

Silva et al. (2007) ao avaliar o sistema convencional, em comparação com semeadura direta obtiveram maiores taxas de qCO_2 em SC. Sendo este resultado atribuído a quebra dos agregados do solo que ao se romperem, deixam o material orgânico mais suscetível ao ataque microbiano, aumentando assim a taxa de liberação de nutrientes e CO_2 para a atmosfera.

Segundo Odum (1969 apud MAIA, SANTOS 2013. p. 204), comunidades microbianas sob condições de estresse ou que estejam expostas a perturbações, apresentam menor eficiência em converter o C assimilado em biomassa. Nessas condições, o C é utilizado como fonte de energia em processos metabólicos de manutenção celular. Dessa forma os resultados obtidos, indicam a ocorrência de maior estresse em PD em relação ao SC e MN. Este resultado, provavelmente, esteja relacionado com às condições existentes em cada manejo, como a amplitude térmica, umidade, e composição vegetal.

4CONCLUSÃO

A atividade e manutenção da BMS possui variação conforme época do ano e manejo empregado no solo, sendo essas variações decorrentes das condições de cada manejo do solo como: umidade, amplitude térmica e fluxo de resíduos vegetais. O manejo pelo plantio direto ,quando mal manejado, ou seja, sem emprego de rotação de culturas e semeadura direta na palha, afeta a atividade da BMS. Os resultados obtidos no manejo PD apontam que de fato a BMS é um potencial indicador das alterações da qualidade do solo, inclusive na detecção de erros no manejo do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Ramon Costa; CRUZ, José Carlos; NOVOTNY, Etelvino Henrique. **Manejo do solo: preparo convencional do solo**. 2000. Elaborada por Embrapa milho e sorgo. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/manpreparo.htm>. Acesso em: 24 ago. 2016.
- ALVES, Tatiane Dos Santos; CAMPOS, Lizia Lenza; ELIAS NETO, Nicolau; MATSUOKA, Marcia; LOUREIRO, Maria Fatima. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.
- ARAÚJO, Edsom Alves de et al. Qualidade do Solo: Conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p.187-206, jan. 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/270106254>>. Acesso em: 01 set. 2016.
- BALOTA, Elsio Liborio et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p.641-649, set. 1998.. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n4/09.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2016.
- BERTOL, Ildegardis; CIPRANDI, Olivio; KURTZ, Claudinei; BAPTISTA, Antonio Sampaio. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.705-712, 1998.
- BRÖRING, Janaina Mattge. **Dinâmica do carbono em sistemas de uso do solo no oeste e planalto de santa catarina**.2013. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Manejo do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.
- CARVALHO, Fernanda de. **Atributos bioquímicos como indicadores de qualidade de solo em florestas de Araucaria angustifolia (Bert). O. Ktze. No estado de São Paulo**.2005. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Esalq, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<file:///C:/Users/User/Downloads/FernandaCarvalho.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2017.
- CERETTA, Carlos Alberto. et al.; Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Rural**, v.32 no.1 Santa Maria, 2002.
- CLIMATE-DATA. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Clima: Curitibaanos. 2017. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/28590/>>. Acesso: 30 ago. 2016.
- DE-POLLI, Helvécio; GUERRA, José Guilherme Marinho. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação-extração. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1997. 10 p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 37).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

HERNANI, Luis Carlos. **Biologia do solo**. Desenvolvido por agência Embrapa de informação tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju702wyiv80rn0etnp34lvqd.html>. Acesso em: 31 ago. 2016.

HERNANI, Luis Carlos; SALTON, Júlio César. **Matéria orgânica**. Agência Embrapa de informação tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fwuzxobr02wyiv807fiqu9npjbdk0.html>. Acesso em: 13 set. 2016.

MENDES, Ieda de Carvalho et al. **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade?**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 31 p.

MENDES, Ieda de Carvalho. **Protocolos de determinação da biomassa microbiana do solo e respiração basal**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <gloria.botelho@ufsc.br>. em: 25 set. 2016.

NASCIMENTO, Jaqueline Barbosa; CARVALHO, Glaucilene Duarte; CUNHA, Euraimé de Queiroz; FERREIRA, Enderson Petrônio de Brito; LEANDRO, Wilson Mozena; DIDONET, Agostinho. Determinação da biomassa e atividade microbiana do solo sob cultivo orgânico do feijoeiro-comum em sistemas de plantio direto e convencional após cultivo de diferentes espécies de adubos verdes. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2009.

PEREZ, Kátia Sueli Sivek; RAMOS, Maria Lucrecia Gerosa; MCMANUS, Concepta. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p.567-573, jun. 2004.

PRIMIERY, Silmar; MUNIZ, Aleksander Westphal; LISBOA, Henrique de Melo. Dinâmica do Carbono no Solo em Ecossistemas Nativos e Plantações Florestais em Santa Catarina. **Floresta Ambient.**, Seropédica, v. 24, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872017000100175&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 1 nov. 2017.

ROVEDDER, Ana Paula Moreira et al. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p.1051-1058, out. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782009000400015&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 20 out. 2017.

SALTON, Julio César; HERNANI, Luiz Carlos; FONTES, Clarice Zanoni. **Sistema plantio direto**. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. (500 perguntas 500 respostas). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/98258/1/500perguntassistemaplantiodireto.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

SANTOS, Vilma Maria dos; MAIA, Leonor Costa. **Bioindicadores de qualidade do solo**. 2013. Disponível em: <<http://journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/viewFile/397/349>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

SILVA, Mozaniel Batista da et al. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p.1755-1761, 1 dez. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007001200013>. Acesso em: 21 ago. 2016.

SILVA, Evangelista Edmilson da; AZEVEDO, Pedro Henrique Sabadin; DE-POLLI, Helvécio **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 96).

SILVA, Evangelista Edmilson da; AZEVEDO, Pedro Henrique Sabadin; DE-POLLI, Helvécio. **Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 96).

SILVA, Adriana Pereira da. **Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo e de culturas típicas da região norte do paraná**. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/Dissertacao/biomassa.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

SILVA, Rubens Ribeiro da; SILVA, Marx Leandro Naves; CARDOSO, Evaldo Luis; MOREIRA, Fátima Maria de Souza; CURI, Nilton; ALIVISI, Alessandra Mayumi Tokura. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

VARGAS, Luciano Kaiser; SCHOLLES, Dercio. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.35-42, 2000.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Revisão de literatura: uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p.743-755, abr. 2009.

VIBRANS, Alexander Carlos et al. **Inventário florístico florestal de Santa Catarina: o que você deve saber sobre as florestas de Santa Catarina**. Blumenau: Furb, 2015.