

## **IMPACTO DE DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL NA QUALIDADE QUÍMICA E BIOLÓGICA DO SOLO DE UMA PROPRIEDADE RURAL**

**Giuvana Lazzaretti<sup>1</sup>**

**Marcia Matsuoka<sup>2</sup>**

**Ivana Bettio<sup>3</sup>**

**Sandi Siqueira Pavaglio<sup>4</sup>**

**Juliana Barden ShalleMBERger<sup>5</sup>**

**Lucindo Somavilla<sup>6</sup>**

### **RESUMO**

O processo de modernização agrícola aumentou a produtividade das lavouras, porém levou a indesejáveis impactos ambientais. O solo quando manejado, sofre alterações nas características físicas, químicas e biológicas, muitas vezes provocando perdas de qualidade e afetando uma sustentabilidade tanto econômica quanto ambiental da atividade agrícola. Este trabalho tem por objetivo a avaliação das mudanças ocorridas nas características químicas e biológicas de um solo sob diferentes sistemas de cultivos. O estudo foi realizado em uma propriedade rural, localizada no município de Liberato Salzano/RS. Foram coletadas amostras de solos, em áreas com cultivos de espécies agrícolas (soja, videira e fumo), florestal (eucalipto), pastagens e mata nativa, como referência das condições naturais do solo. Foi determinado o carbono da biomassa microbiana, respiração basal, respiração induzida por substrato, atividade da enzima urease e análise química do solo. As características químicas do solo foram influenciadas pelos sistemas de cultivo do solo, com redução do carbono orgânico e de todos os macronutrientes, com exceção do P, e aumento nos teores de Cu em relação à área nativa. As características biológicas mostraram-se mais sensíveis em avaliar as alterações ocorridas em relação a degradação do solo através do cultivo do que as características químicas. Assim, o conhecimento e monitoramento destas é o primeiro passo para o entendimento dos processos que ocorrem no solo em busca da manutenção da sua qualidade. De forma geral, observou-se que os sistemas de cultivo causaram alterações nas características do solo quando comparado com o solo da mata nativa com reduções na sua qualidade química e biológica.

**Palavras-chave:** Microbiologia ambiental. Qualidade do solo. Sistemas de cultivo.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: [giuvalazzaretti@hotmail.com](mailto:giuvalazzaretti@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: [marciamatsuoka@yahoo.com.br](mailto:marciamatsuoka@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: [ivanabettio@hotmail.com](mailto:ivanabettio@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: [sandipaveglio@hotmail.com](mailto:sandipaveglio@hotmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: [juli\\_sch@hotmail.com](mailto:juli_sch@hotmail.com)

<sup>6</sup> Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: [lucindosomavilla@hotmail.com](mailto:lucindosomavilla@hotmail.com)

## **IMPACT OF DIFFERENT AGRICULTURAL AND FOREST SYSTEMS IN THE CHEMICAL AND BIOLOGICAL QUALITY OF THE SOIL OF A COUNTRY ESTATE**

### **ABSTRACT**

The process of agricultural modernization has increased the productivity of crops, however undesirable environmental impacts led to. The soil when handled, changes in the physical, chemical and biological weapons, often leading to loss of quality and affecting both economic sustainability as environmental agricultural activity. This work aims to evaluate the changes in the chemical and biological characteristics of a soil under different cultivation systems. The study was conducted in a rural property, located in the municipality of Liberato Salzano/RS. Were collecting samples of soil in areas with agricultural species crops (soybeans, vine and tobacco), forestry (eucalyptus), pastureland and native forest, as a reference to the natural conditions of the soil. It was determined the microbial biomass, basal respiration, substrate-induced respiration, enzyme urease activity and chemical analysis of the soil. Soil chemical characteristics were influenced by soil cultivation systems, and organic carbon reduction of all macronutrients except P, and Cu content increased compared to the native range. The biological characteristics were more sensitive in assessing the changes in relation to soil degradation through cultivation of chemical characteristics. Thus, knowledge and monitoring of these is the first step to understanding the processes that occur in the soil in search of maintaining your quality. In General, it was observed that the cultivation systems have caused changes in soil characteristics when compared with the soil of native forest with reductions in your chemical and biological quality.

**KEYWORDS:** Environmental microbiology. Soil quality. Cropping systems.

### **1 INTRODUÇÃO**

A agricultura é uma atividade econômica muito antiga que começou a se desenvolver há milhares de anos, quando o ser humano passou a domesticar animais, plantar e cultivar seus alimentos. Com o passar do tempo, ocorreu uma modernização e houve aumento na produção agrícola, assim para chegar à fase de comercialização

ou uso dos produtos, foi necessária uma série de atividades denominadas de operações agrícolas (ARF; BOLONHESI, 2012).

A agricultura possui grande importância nos dias de hoje, pois tem papel indispensável no abastecimento alimentar, auxilia na geração de renda, busca por saldos na balança comercial, colabora para o controle da inflação e melhoria no nível de sustentabilidade das atividades agrícolas (CODAF, 2016).

O processo de modernização agrícola aumentou a produtividade das lavouras, porém levou a indesejáveis impactos ambientais, tais como: destruição das florestas, da biodiversidade genética, processos erosivos, além da contaminação dos alimentos e dos recursos naturais (BALSAN, 2006).

Hoje em dia, um dos grandes desafios da humanidade é o equilíbrio entre a obtenção da produtividade e a manutenção do ambiente, assim possibilitando práticas mais sustentáveis (KNUPP et al., 2010).

A qualidade do solo possui efeitos na saúde do ecossistema, na produtividade e nos ambientes relacionados a ele. A mesma necessita de seus atributos essenciais e de fatores externos tais como: as práticas de uso e manejo, das propriedades políticas e socioeconômicas e de interação com o ecossistema (GOMES, 2017).

As práticas de manejo agrícola, em geral, ocasionam a quebra dos ciclos biogeoquímicos no solo, através dos impactos causados nas características biológicas, físicas e químicas dos mesmos. Estes impactos são refletidos ao ambiente, diminuindo a sustentabilidade do agroecossistema, reduzindo a ação dos microrganismos presentes no solo e reduzindo seus benefícios tanto na disponibilidade de nutrientes quanto na decomposição da matéria orgânica (FERREIRA et al., 2015).

Objetivando a recuperação ou a manutenção do equilíbrio, a conservação do solo é importante para as características biológicas, químicas e físicas, possibilitando o uso e o manejo adequado do solo. É possível evitar problemas como a erosão e a compactação através de práticas de conservação, além de manter a fertilidade do mesmo (ARF; BOLONHEZI, 2012).

O monitoramento dos indicadores químicos e biológicos do solo é de suma importância para a preservação da qualidade do solo e da sustentabilidade do sistema agrícola e do ambiente. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar a influência das diferentes culturas e seus sistemas de manejo nas características químicas e biológicas do solo.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DOS SISTEMAS AGRÍCOLAS AVALIADOS

O estudo foi realizado em uma propriedade rural, localizada no município de Liberato Salzano, no norte do Rio Grande do Sul. O solo do município é classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico, que apresenta como principal limitação para o uso o relevo, por possuir declives acentuados ou fortemente acentuados, apresenta solos rasos e com presença de massas de pedra (EMBRAPA, 2006).

Foram coletadas amostras de solos, em áreas com cultivos de espécies agrícolas (soja, videira e fumo), florestal (eucalipto), pastagens e mata nativa utilizada como referência das condições naturais do solo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram os seguintes: T1: área com plantio direto de soja (*Glycine max L*); T2: área com cultivo de fumo (*Nicotina tabacum*); T3: área com cultivo de videiras (*Vitis vinífera*); T4: área com cultivo de pastagem Tifton (*Cynodon inlempuensis*); T5: área com reflorestamento de eucalipto e T6: mata nativa. O tempo de cultivo assim como, as práticas de manejo utilizadas nas culturas de cada área estudada são apresentadas de forma resumida no quadro 01.

A coleta das amostras de solo foi realizada em março de 2017. As amostras foram coletadas na profundidade de 0 a 10 cm com auxílio de uma pá reta. Foram coletadas 4 amostras simples por repetição em cada área de estudo para formar uma amostra composta.

Quadro 1- Caracterização das áreas utilizadas no estudo: (A) Área com plantio direto de soja, (B) Área com plantio convencional de fumo, (C) Área com cultivo de videira, (D) Área com pastagem, (E) Área com reflorestamento de eucalipto e (F) Mata nativa.

	<p>(A) Área com plantio direto de soja há 30 anos, com aplicação de herbicidas para a dessecação da palhada e manejo recomendado para a cultura da soja.</p>
	<p>(B) Área com plantio convencional de fumo há 1 ano, com aplicação de herbicidas e fungicidas, com manejo empregado para a cultura de fumo, conforme recomendações.</p>
	<p>(C) Área com cultivo de videira com estrutura em latada há 15 anos, com aplicação de fungicidas e manejo empregado para a cultura conforme recomendações.</p>
	<p>(D) Área predominante de pastagem Tifton, cultivada há 10 anos, com pisoteio de animais.</p>
	<p>(E) Reflorestamento com eucaliptos há 10 anos sem nenhum manejo florestal específico.</p>
	<p>(F) Mata Nativa.</p>



## 2.2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS AVALIADAS

### 2.2.1 Carbono da biomassa microbiana do solo

O carbono da biomassa microbiana do solo foi determinado através do método fumigação-incubação, proposto por Jenkinson e Powlson (1976) e adaptado por Silveira (2011).

Neste método, o CO<sub>2</sub> liberado é capturado com uma solução de NaOH e após incubação é titulado com HCl com adição prévia de BaCl<sub>2</sub> utilizando fenolftaleína como indicador. O carbono da biomassa microbiana é determinado através da diferença entre a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado das amostras de solo fumigadas com clorofórmio e não fumigadas durante um período de incubação (10 dias).

### 2.2.2 Respiração basal

A respiração basal do solo foi determinada através da metodologia proposta por Silva et al., (2007) por um período de 10 dias de incubação.

### 2.2.3 Quociente metabólico do solo

O quociente metabólico do solo foi calculado pela razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

### 2.2.4 Quociente microbiano

O quociente microbiano foi calculado pela a relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total (BANNING et al., 2008).

### 2.2.5 Respiração induzida por substrato

Foi utilizada a metodologia descrita por Höper (2006), através da quantificação do CO<sub>2</sub> liberado nas amostras de solo com adição de glicose como substrato.

## 2.2.6 Atividade da urease

Para a determinação da atividade da enzima urease foi utilizado o método descrito por Dick et al., (1996). Este método é baseado na quantidade de  $\text{NH}_4^+$  liberado durante o período de incubação do solo com quantidade conhecida de ureia e formamida, respectivamente. A quantificação de  $\text{NH}_4^+$  foi realizada por destilação a vapor e posterior titulação. O tolueno é utilizado para inibir a atividade microbiana durante a incubação, sendo os dados obtidos, resultado das atividades das enzimas acumuladas no solo.

## 2.3 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

As análises químicas foram realizadas segundo a metodologia de Tedesco et al., (1995). Foram determinados o pH, teores de Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Cobre (Cu), Zinco (Zn), além de Nitrogênio Mineral e Carbono Orgânico.

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com auxílio do software ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2011) os dados das características biológicas e químicas foram submetidos à análise de variância, sendo comparadas as médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os dados de cobre, urease e biomassa não se apresentaram dentro da normalidade, sendo necessária a transformação dos mesmos. Os dados da biomassa e do cobre utilizou-se  $x=\log x$ , e na urease utilizou-se  $x=1/x$ .

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

Os valores da determinação química de pH, Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Nitrogênio Mineral e Carbono Orgânico do solo de áreas com diferentes sistemas de cultivos e mata nativa estão descritos na tabela 1 a seguir.

As características químicas avaliadas apresentaram diferenças significativas entre os solos das áreas estudadas com exceção dos elementos K e Zn (Tabela 1).

Os valores de pH variaram entre 5,22 e 6,14, com menor valor encontrado na área de reflorestamento de eucalipto e maior nas áreas de videira e fumo.

Segundo Tiecher et al., (2016), apesar dos solos do Norte do RS e Sudoeste de SC serem em sua maioria naturalmente ácidos, grande parte (65%) das amostras analisadas por esses autores em um levantamento de solos dessas regiões, apresentaram valores de pH adequados para o desenvolvimento da maioria das plantas (pH entre 5,5–6,5; classes Médio e Alto). Isto indica que a maioria destes solos já foi corrigida com aplicação de calcário para o uso agrícola.

Tabela 1 - Valores de pH, Al, P, Ca, Mg, K, Cu, Zn, porcentagem de Saturação por Bases, teor de Nitrogênio Mineral e Carbono Orgânico (CO) em solos com diferentes sistemas de cultivo e mata nativa.

Área	Ph <sup>1</sup>	Al <sup>2</sup> cmol/dm <sup>3</sup>	P mg/dm <sup>3</sup>	Ca cmol/dm <sup>3</sup>	Mg cmol/dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
<b>Soja</b>	5,77 ab	0,05	9,74 bc	8,33 c	2,47 b	250,50 a
<b>Fumo</b>	6,04 a	0,04	18,76 bc	13,24 abc	2,76 b	258,90 a
<b>Videira</b>	6,14 a	0,00	28,48 b	9,74 bc	4,14 ab	352,80 a
<b>Pastagem</b>	5,87 ab	0,11	28,51 b	14,85 ab	4,14 ab	298,20 a
<b>Eucalipto</b>	5,22 b	1,11	57,22 a	12,17 abc	3,76 ab	201,00 a
<b>Mata Nativa</b>	5,50 ab	0,08	6,19 c	15,50 a	4,91 a	285,00 a
<b>CV %</b>	5,45	65,10	35,52	19,36	25,35	25,43
Área	Cu mg/dm <sup>3</sup>	Zn mg/dm <sup>3</sup>	Sat. Base %	N mineral mg/Kg	CO dag/Kg	
<b>Soja</b>	15,37 ab	17,14 a	76,81 b	34,81 b	1,72 b	
<b>Fumo</b>	11,09 b	22,17 a	84,15 ab	31,62 b	2,32 b	
<b>Videira</b>	23,18 a	22,29 a	83,84 ab	11,30 b	1,26 b	
<b>Pastagem</b>	12,12 b	24,34 a	87,17 a	17,67 b	1,77 b	
<b>Eucalipto</b>	9,06 b	5,89 a	78,07 b	9,13 b	1,28 b	
<b>Mata Nativa</b>	6,56 b	13,21 a	83,48 ab	67,56 a	4,10 a	
<b>CV %</b>	33,33	47,71	3,99	43,35	27,88	

1. Média seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. 2. Não analisado estatisticamente.

De acordo com Pérez (2007), os solos das plantações de eucalipto tornam-se mais ácidos pelo fato da planta extrair grandes quantidades de cálcio no solo, contribuindo para a queda do pH. Além disso, nos sistemas florestais não é prática comum a calagem dos solos para correção da acidez.



Os valores de alumínio foram baixos a nulos, com exceção da área com reflorestamento de eucalipto que apresentou teor de Al de 1,11 cmol/dm<sup>3</sup>. O alumínio trocável do solo representa a forma de acidez mais tóxica para as plantas, no entanto, em solos com pH acima de 5,5 a presença deste elemento é normalmente nula (TIECHER et al., 2016).

Os teores de fósforo variaram entre 6,19 e 57,22 mg/dm<sup>3</sup>, na área de mata nativa e eucalipto respectivamente. O solo de mata nativa apresentou menor valor devido aos baixos níveis de fósforo disponíveis no ambiente (JAKELAITIS et al., 2008). Na área de eucalipto o fósforo mostrou-se mais elevado devido à deposição dos resíduos que permanecerem no solo, pois estes resíduos contêm nutrientes como o fósforo (FOELKEL, 2005). Conforme Correa e Andrade (2008), quantidades significativas de nutrientes podem retornar ao solo através da decomposição da serapilheira.

Os teores de cálcio variaram de 8,33 cmol/dm<sup>3</sup> a 15,50 cmol/dm<sup>3</sup>, nas áreas de soja e mata nativa respectivamente, com maior valor na área de mata. Os valores de magnésio variaram de 2,47 a 4,91 cmol/dm<sup>3</sup>, com menores teores para as áreas de cultivo de soja e fumo e maiores na mata nativa. De acordo com os trabalhos realizados por Jakeleitis et al., (2008), Oliveira et al., (2007) também encontraram os maiores valores de cálcio e magnésio nas áreas de mata nativa, quando comparadas com áreas cultivadas. Os valores de potássio variaram de 201 a 352,80 mg/dm<sup>3</sup> não apresentando diferenças significativas entre os sistemas de cultivo e a mata nativa. Estes altos valores de K podem estar relacionados a composição química da rocha matriz do solo (basalto), pois o potássio é abundante nessas rochas e em solos jovens (TIECHER et al., 2016).

O valor dos metais pesados cobre e zinco, em todas as áreas estudadas é considerado muito alto segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016), estes elementos são considerados elevados quando o valor de cobre for superior a 0,4 mg/dm<sup>3</sup> e quando o valor de zinco for superior a 0,5 mg/dm<sup>3</sup>. Os teores de cobre variaram entre 6,56 a 23,18 mg/dm<sup>3</sup>, nas áreas de mata nativa e videira, respectivamente, com maior valor na área de videira. O zinco variou de 5,89 a 24,34 mg/dm<sup>3</sup> não apresentando diferença significativo em seus teores em relação a mata nativa.

As videiras são susceptíveis a várias doenças fúngicas, devido as condições climáticas como umidade e temperaturas elevadas serem adequadas para o

desenvolvimento dessas doenças, sendo necessária aplicação de fungicidas como a calda bordalesa ( $\text{CuSO}_4$ ) a base de cobre e zinco como forma de controle. Estes fungicidas são aplicados sobre os caules e as folhas, mas com a precipitação acabam descendo para o solo, provocando problemas de contaminação por metais pesados (TIECHER et al., 2016).

Em todas as áreas de cultivo e na área nativa pode-se observar através dos valores da saturação de bases que os solos apresentam alta fertilidade (acima de 65%). Estes resultados corroboram com o levantamento de Tiecher et al., (2016), que observaram que 84% das amostras de solo da região apresentam saturação por bases >65%.

Tanto os teores de nitrogênio mineral quanto de carbono orgânico apresentaram diferença significativa de todos os tratamentos em relação a mata nativa. Os valores de nitrogênio mineral variaram de 9,13 a 67,56 mg/Kg, sendo que o menor valor corresponde a área de eucalipto e o maior valor a área de mata nativa corroborando com os valores da atividade da urease (Tabela 2). De acordo com Ribeiro et al., (2015), também observaram valores de nitrogênio mineral maior nas áreas nativas e menores valores nas áreas de eucalipto. A matéria orgânica é a principal fonte de nitrogênio no solo.

O carbono orgânico apresentou-se maior na área de mata nativa, com valor de 4,10 dag/Kg, e seu menor valor no cultivo de videira com valor de 1,26 dag/Kg. Conforme o estudo feito por Cardoso et al., (2009), também encontraram valores superiores de carbono orgânico nas áreas nativas. De acordo com Jakelaitis et al., (2008), ocorre a diminuição do carbono orgânico do solo em função dos usos do mesmo, assim, maiores valores em áreas de mata nativa são encontrados. Este fato está associado a maior deposição de materiais orgânicos nos sistemas naturais e a ausência de revolvimento do solo, o que possibilita o acúmulo de carbono orgânico.

O tratamento com fumo também apresentou valores significativamente reduzidos de carbono orgânico quando comparado com a área de mata nativa. Esta cultura tradicionalmente é conduzida sob sistema de manejo não conservacionista, o que pode reduzir o estoque de carbono orgânico elevando a possibilidade de contaminação ambiental (MELLO, 2006).

De uma forma geral, as características químicas do solo foram influenciadas pelos sistemas de cultivo do solo, com redução do carbono orgânico do solo e de

todos os macronutrientes, com exceção do P, e aumento nos teores de Cu na área da videira em relação à área mata.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DO SOLO

Os resultados obtidos nas análises biológicas em solos coletados de diversas áreas de cultivo e mata nativa estão descritos na tabela 2.

A atividade microbiana do solo determinada pela respiração basal apresentou menor valor na área correspondente ao eucalipto (de 8,37 mgC-CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> solo.dia<sup>-1</sup>) comparando a área de mata nativa (22,43 mgC-CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> solo.dia<sup>-1</sup>). A respiração basal no solo de mata nativa é influenciada pela constante incorporação de resíduos, propiciando aumento da biomassa microbiana e da atividade biológica, resultando na liberação de CO<sub>2</sub> (KUZYAKOV, 2010).

Como no tratamento com eucalipto o solo apresentou pH baixo, a acidez contribuiu para a redução dos valores, pois em solos com estas condições a atividade biológica é reduzida (SILVA; SOUZA, 1998).

Tabela 2 - Valores da respiração basal (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBMS), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), quociente microbiano (qMic), respiração induzida pelo substrato (RIS) e atividade da urease em solos sob diferentes sistemas de cultivo e mata nativa

Área	RBS mg C-CO <sub>2</sub> Kg <sup>-1</sup> solo. dia <sup>-1</sup>	CBMS mg Cmic. Kg <sup>-1</sup> solo	qCO <sub>2</sub> mgC - CO <sub>2</sub> .g <sup>-1</sup> BMS – C.h <sup>-1</sup>
Soja	20,04 ab	264,78 b	0,059 a
Fumo	10,51 cd	236,30 b	0,079 a
Videira	14,79 bc	200,93 b	0,059 a
Pastagem	15,26 bc	250,23 b	0,068 a
Eucalipto	8,37 d	206,48 b	0,072 a
Mata Nativa	22,43 a	410,57 a	0,053 a
CV %	16,50	14,13	19,76
Área	qMic %	RIS mg Cmic. Kg de solo seco	Urease mg N-NH <sub>4</sub>
Soja	1,55 a	504,44 ab	93,19 bc
Fumo	1,18 a	406,18 b	135,62 b
Videira	1,59 a	365,41 b	74,37 c
Pastagem	1,65 a	485,91 ab	72,18 c
Eucalipto	1,64 a	262,42 b	69,12 c
Mata Nativa	1,02 a	687,56 a	247,19 a
CV %	30,64	24,93	21,33

\*Média seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Além disso, resíduos das folhas do eucalipto apresentam compostos alelopáticos que dificulta o processo de decomposição dos microrganismos, sendo estes compostos encontrados principalmente nas folhas (SILVA; COSTA, 2004). Estes resíduos são mais difíceis de serem decompostos pelo fato de possuírem lignina e não são tão diversificados como os resíduos de mata nativa, resultando assim em menores valores de respiração (SILVEIRA, 2011).

Em estudo feito por Jakeleitit et al., (2008), os valores da respiração basal em solo de mata foi de 26,91  $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ . Costa Neto et al., (2015) encontraram valor de mata de 10,04  $\mu\text{g CO}_2 \text{g}^{-1}\text{solo}$ . Kummer et al., (2008) encontraram valor de 10,37 mg C-CO<sub>2</sub> 100 g solo seco<sup>-1</sup> na área de pastagem. Silveira (2011) obteve em seu estudo valores de 122,2 mg C-CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> solo seco de eucalipto.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) apresentou maiores valores significativos para área nativa (410,57 mg Cmic. Kg<sup>-1</sup> solo). Nos demais tratamentos os valores do CBM forma inferiores e variaram entre 200,93 mg Cmic. Kg<sup>-1</sup> solo na área da videira e 264,78 Mg Cmic. Kg<sup>1</sup> na área cultivada com soja.

Em estudo realizado por Matsuoka et al., (2003) também observaram valores de carbono da biomassa maiores nas áreas de mata nativa, quando comparado à cultura de videiras e a culturas anuais. Os autores encontraram valores de 96,8 mg Kg em culturas anuais e 132,4 mg Kg em cultura de videira. Isso ocorre em função de uma soma de fatores: nas áreas de mata o solo não é manejado, há maior diversidade florística, favorece o acúmulo de serapilheira, melhor controle de umidade, ausência de revolvimento, entre outros, estes fatores contribuem para o maior nível de biomassa nesses solos.

Outros autores também observaram maiores valores de biomassa, respiração e enzimas nas áreas de mata nativa (COSTA NETO et al., 2015; JAKELAITIS et al., 2008; SILVEIRA, 2011). Quando se realiza estudo da comunidade microbiana no solo, já é esperado encontrar valores maiores em áreas de vegetação nativa quando comparados com solos de áreas cultivadas, pois a microbiota é favorecida pela cobertura vegetal, proporcionando maior acúmulo de material orgânico, no qual favorece maior fonte de nutrientes para que a comunidade microbiana se desenvolva (ALVES et al., 2011).

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos estudados. Os valores variaram de  $0,053 \text{ mgC} - CO_2.g^{-1} \text{ BMS} - C.h^{-1}$  na área de mata nativa e  $0,079 \text{ mgC} - CO_2.g^{-1} \text{ BMS} - C.h^{-1}$  na área de fumo.

Quanto menor os valores de  $qCO_2$ , maior é a estabilidade do ambiente encontrando-se mais próximo do equilíbrio, e quando os valores de  $qCO_2$  são mais altos trata-se de um ambiente com estresse e com menor aporte de materiais orgânicos (COSTA NETO et al., 2015). Com isso pode-se observar que a área de mata nativa apresenta uma tendência da redução de seu  $qCO_2$  indicando ser um ambiente mais próximo do equilíbrio, enquanto que as demais áreas em função dos sistemas de cultivo vêm sofrendo os efeitos do manejo das culturas e do solo.

Um exemplo deste efeito é apresentado na área cultivada com fumo em plantio convencional. De acordo com Vezzani e Mielniczuk (2011), no preparo convencional é feito o revolvimento do solo, impondo mudanças drásticas, refletindo a perda de matéria orgânica e dos agregados mais complexos. O maior  $qCO_2$  nesta área é consequência da elevada atividade microbiana de uma biomassa microbiana baixa, provocada pela presença de um substrato assimilável para que a atividade microbiana se desenvolva (BOHM et al., 2007).

Outro fator que pode ter contribuído para os valores de  $qCO_2$  na cultura do fumo é caracterizada pelo manejo da cultura em função da aplicação de agrotóxicos que são utilizados desde a semeadura até a colheita, sendo os inseticidas, fungicidas, pesticidas, acaricidas, herbicidas e organofosforados. Estes agrotóxicos além de causarem danos à saúde do trabalhador causa sérios danos ao meio ambiente, provocando contaminação dos solos, do ar, das águas superficiais e subterrâneas (MESQUITA; SCHONS, 2015).

A área cultivada com soja em plantio direto apresentou valores de respiração, carbono de biomassa e quociente metabólico, próximos aos obtidos na área de mata nativa. Conforme Gonçalves (2014), o sistema de plantio direto é um sistema conservacionista que contribui para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, mantendo o solo coberto, evitando a ocorrência de processos erosivos. Diferentemente dos sistemas convencionais, este sistema possui o mínimo de revolvimento do solo sendo capaz de preservar o habitat dos microrganismos, permitindo o acúmulo do carbono pela biomassa microbiana, além de reduzir o  $qCO_2$ .

Os valores da respiração induzida por substrato (RIS) variaram entre  $262,42 \text{ mg Cmic. Kg de solo seco no eucalipto}$  e  $687,56 \text{ mg Cmic. Kg de solo seco na mata}$

nativa. O reflorestamento de eucalipto, o cultivo de fumo e de videira apresentaram os menores valores significativos para respiração induzida pelo substrato. Esta medida é utilizada para avaliar a respiração de solos estressados ou perturbados, pois os solos estressados respondem de forma mais lenta a adição de fontes de carbono e os solos não perturbados respondem de forma mais rápida (WARLADE, 1994, apud CURY, 2002).

De acordo com Matsuoka (2006), o cultivo da videira ocorre em solos pouco profundos, com predominância de pedregulho, cuja topografia se dá em relevos ondulados a fortemente ondulados. Este cultivo acaba agravando os processos erosivos, principalmente na forma tradicional onde os solos são descobertos, devido à intensificação da desestruturação, provocando a compactação, causando escoamento superficial.

Além da degradação física do solo esses processos facilitam as perdas de resíduos orgânicos da superfície e reduzem o acúmulo de matéria orgânica no solo. Segundo Soco (2009), a matéria orgânica contribui para a biodiversidade do solo, também atua como fator de fertilidade, e a sua perda resulta na degradação do solo.

O quociente microbiano (qMic) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Em estudo feito por Jakelaitis et al., (2008), os autores observaram valores de qMic inferiores no solo de mata, isso pode estar associado a acidez do solo, ou a fatores como a limitação de nutrientes e a qualidade da matéria orgânica. De forma oposta, em trabalho feito por Cardoso et al., (2009) foi encontrado valor de qMic superior no solo de mata quando comparado com outras áreas como a pastagem.

O qMic indica o percentual de reserva de carbono orgânico total presente no solo, sendo que valores baixos indicam menor reserva de compostos orgânicos no solo (CARNEIRO et al., 2009), e valores elevados indicam que a matéria orgânica é ativa (DADALTO et al., 2015).

A atividade da urease apresentou diferença significativa entre os tratamentos, sendo os menores resultados encontrados nas áreas de videira, pastagem e eucalipto. O solo da mata nativa, apresentou o maior valor correspondente a 247,19 mg N-NH<sub>4</sub>.

Em estudos analisados por Lisboa et al., (2012), Silva et al., (2012) e Matsuoka (2006) também encontraram valores de urease superiores nas áreas de mata nativa. É comum encontrar valores maiores de urease em áreas nativas quando comparadas com áreas de culturas, pois a microbiota do solo é favorecida pela cobertura vegetal,



que propicia maior acúmulo de matéria orgânica, fornecendo mais nutrientes contribuindo para o crescimento da comunidade microbiana (SILVA et al., 2012).

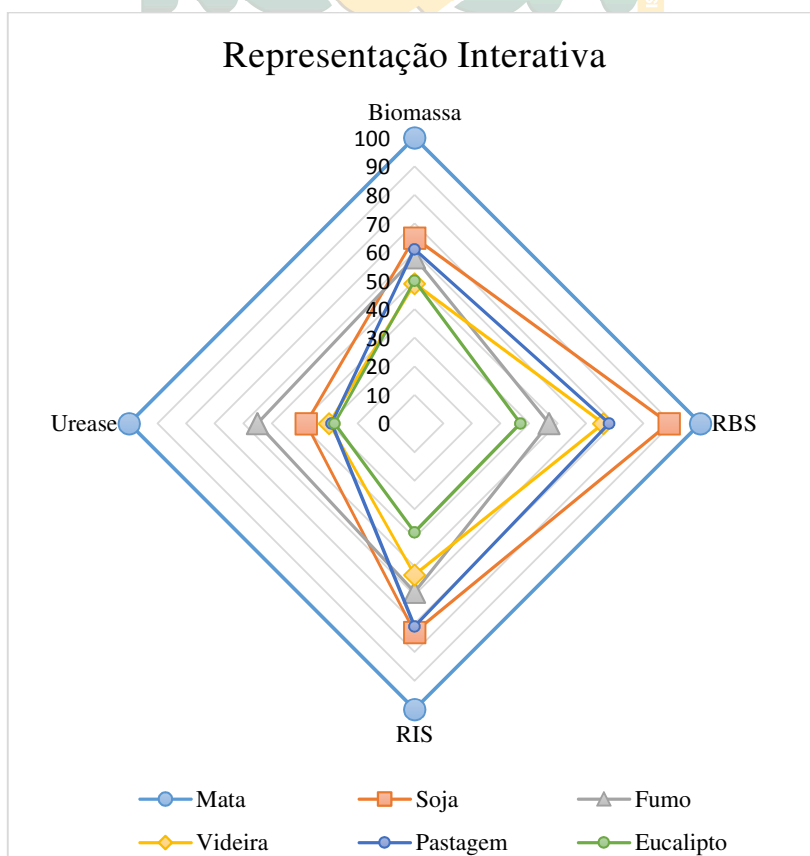
A cultura de fumo apresentou uma maior atividade da urease em comparação a área de videira, pastagem e eucalipto, o que pode ter ocorrido pelo fato dessa cultura fazer uso de fertilizantes como a ureia, aumentando a atividade desta enzima no solo.

De uma forma geral, as características biológicas mostraram-se mais sensíveis em avaliar as alterações ocorridas em relação a degradação do solo através do cultivo do que as características químicas. Assim, o conhecimento e monitoramento destas é o primeiro passo para o entendimento dos processos que ocorrem no solo em busca da manutenção da sua qualidade.

### 3.3 REPRESENTAÇÃO INTERATIVA DOS ATRIBUTOS BIOLÓGICOS

As variações observadas nos parâmetros biológicos avaliados neste estudo confirmam a necessidade destes ser considerado um conjunto para avaliação realista e satisfatória da qualidade biológica do solo (Figura 1).

Figura 1- Representação interativa (%) dos tributos biológicos de cada área de cultivo.



Fonte: Autor (2017)

O gráfico radial representa a interação dos atributos biológicos dos solos nas diferentes áreas de cultivo estudadas. Estes dados são ligados entre si, formando um polígono específico para cada tratamento seguindo a mesma metodologia de Schmitz (2003).

Os resultados do carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, respiração induzida por substrato e urease estão em eixos específicos com origem comum. Os resultados para cada área estão apresentados com uma porcentagem dos resultados verificados na área de referência, no caso a mata nativa que está representada como 100%. Os resultados estão ligados entre si formando um polígono específico para cada área. Este polígono permite avaliar de forma mais globalizada a microbiota do solo e sua atividade para cada tratamento em relação à área de referência e entre eles mesmos.

A área da pastagem mostrou-se 30% abaixo da área de mata nativa e manteve semelhança com a área de soja quando comparadas com a respiração induzida pelo substrato. Já para a atividade da urease, somente a cultura de fumo manteve-se próximo à área de mata, as demais culturas apresentaram-se com valores inferiores.

Para os indicadores de carbono da biomassa, respiração basal e respiração induzida por substrato, a área de soja com plantio direto foi a que mais se assemelhou com a área de referência. Posteriormente, a área que mais se aproximou em relação a estes parâmetros foi a área com pastagem.

Segundo Vezzani e Mielniczuk, (2009), os sistemas agrícolas que favorecem a qualidade do solo são aqueles que cultivam plantas intensamente sem o revolvimento do solo em razão de não quebrar as estruturas físicas formadas nem favorecer a perda de elementos químicos e matéria orgânica deste. Em relação ao cultivo de plantas os autores atribuem que estas são as responsáveis pela introdução de energia e matéria nos ecossistemas e determinam a magnitude da vida animal.

Hoje, apesar dos impactos já causados é possível aplicar técnicas mais sustentáveis para que esta atividade se desenvolva sem causar maiores prejuízos. Um exemplo disso é a substituição de plantios convencionais por plantios conservacionistas que reduzem as atividades antrópica e mantém a cobertura do solo contribuindo com a preservação do solo e da água. Também é possível que se produza alimentos com a menor utilização de insumos como fertilizantes químicos e

agrotóxicos contribuindo com uma agricultura mais sustentável ao longo do tempo com a missão de produzir alimentos e energia mantendo a qualidade ambiental.

#### 4 CONCLUSÃO

As culturas e sistemas de manejo avaliadas neste estudo influenciaram de forma distinta as características químicas e biológicas do solo.

Os sistemas de cultivo provocaram alterações nas características químicas do solo com redução no carbono orgânico do solo e de todos os macronutrientes, com exceção do P, e aumentos nos teores de Cu em relação à área nativa.

Os sistemas de cultivo influenciaram negativamente todas as características biológicas do solo diminuindo a população e atividade microbiana do solo em relação à mata nativa.

Os sistemas de cultivo estão causando degradação da qualidade química e biológica do solo, no entanto estes efeitos negativos são menores quando os sistemas utilizados são mais conservacionistas, como o plantio direto.

#### REFERÊNCIAS



ALVES, Tatiane Santos dos; CAMPOS, Lizia Lenza; NETO, Nicolau Elias; MATSUOKA, Marcia; LOUREIRO, Maria Fatima. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, n.2, Maringa, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asagr/v33n2/21.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2017.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as PH, on the microbial biomass of forest soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 25, n. 3, p. 393-395, mar. 1993.

ARF, O.; BOLONHEZI, A. **Apostila de Agricultura Geral**. 2012. Curso de Agronomia. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Revista de Geografia Agrária**, v. 1. n.2. 2006.

BANNING, N. C.; GRANT, C. D.; JONES, D. L.; MURFY, D. V. Recovery of soil organic matter, organic matter turnover and nitrogen cycling in a post-mining forest rehabilitation chronosequence. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, p. 2021-2031, 2008.

BOHM, G. M. B.; CASTILHOS, D.; PIGOSSO, G.; TRICHEZ, D.; ROMBALDI, C. V. Efeito do controle de plantas concorrentes na biomassa e atividade microbiana em planossolo cultivado com soja BRS 244RR. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelótas, v.13, n.4, p.503-508, 2007.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURY, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.44, n.6, p.631-637, jun. 2009.

CARNEIRO, M. A.; CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v. 33, p. 147-157, 2009.

CODAF-COMPETENCIAS DIGITAIS PARA AGRICULTURA FAMILIAR. **A importância da agricultura familiar**. Universidade do Estado de São Paulo. São Paulo. 2016.

CORREA, M.; ANDRADE, A. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre, 2008.

CQFS-RS/SC-Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016.

COSTA NETO, V.; COSTA NETO, V.; SANTOS, C.; SIQUEIRA, D.; CARVALHO, L. **Atributos microbiológicos do solo em área de pastagem degradada e em áreas reabilitadas sob manejo agroecológico**. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2015, Belém. **Diversidade e soberania na construção do bem viver**. Belém, 2015.

CURY, J. C. **Atividade microbiana e diversidades metabólicas e genética em solo de mangue contaminado com petróleo**. Piracicaba, 2002.

DADALTO, J.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; MATOS, A. T. Sistemas de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Revista engenharia agrícola**. Jaboticabal, 2015.

DICK, R.P.; BREACKWELL, D.P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (eds.) *Methods for assessing soil quality*. Madison: SSSA. p.247-271. (SSSA Special Publication, 49).1996.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2006.

FERREIRA, G. B.; SILVA, M. S. L.; GAVA, C. A. T.; SALVIANO, A. M.; MOREIRA, M. M. Carbono da biomassa microbiana e respiração basal em solos com barragens subterrâneas no semiárido paraibano. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, Belém, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Arquivo/Downloads/Gava-2015.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

FOELKEL, C. Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. **Eucalyptus Online Book & Newslater**, 2005.

GOMES, A. **Qualidade do solo: conceito, importância e indicadores da qualidade**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/qualidade-do-solo-conceito-importancia-e-indicadores-da-qualidade>>. Acesso em: 9 ago. 2017.

GONÇALVES, V. A. **Características físicas e microbiológicas do solo em sistemas de plantio e sucessões de culturas**. Dissertação (Mestrado), Minas Gerais, 2014.

HÖPER, H. Substrate-induced Respiration. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Ed.) **Microbiological Methods for Assessing Soil Quality**. Oxfordshire: CABI Publishing, 2006.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagem e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n.2, Goiânia, 2008.

KNUPP, A.; FERREIRA, E.; GONZAGA, A. **Avaliação de Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo em Unidades Piloto de Produção Integrada de Feijoeiro Comum**. 2010. Embrapa, Santo Antônio de Goiás, 2010.

KUMMER, L.; BARROS, Y. J.; SCHÄFER, R. F.; FERREIRA, A. T. S.; FREITAS, M. P.; PAULA, R. A.; DIONÍSIO, J. A. **Respiração e biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de uso**. Curitiba, 2008.

KUZYAKOV, Y. Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 9, p. 1363-1371, 2010.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Porto Alegre, 2012.

MATSUOKA, M. **Atributos biológicos de solos cultivados com videira na região da serra gaúcha**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.; LOUREIRO, M. F. Biomassa Microbiana e Atividade Enzimática em Solos sob Vegetação Nativa e Sistemas Agrícolas Anuais e Perenes na Região de Primavera do Leste (Mt). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Cuiabá, 2003.

MELLO, N. **Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos e exportação de carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo**. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MESQUITA, M.; SCHONS, M. **Produção de tabaco e a contaminação de água e solo em municípios do sul do país**. 2015. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <[https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/135710/Poster\\_40184.pdf?sequence=2](https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/135710/Poster_40184.pdf?sequence=2)>. Acesso em: 16 ago. 2017.

OLIVEIRA, F.; VALARINI, J.; POPPI, R. Indicadores de qualidade do solo em área de mata e cultivado com cana orgânica e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia/ out. 2007**. V. 2, 2007.

PERÉZ, T. **Impacto das plantações de eucalipto no solo**. Faculdade de Ciências, [S. I.], 2007. Disponível em: <<http://www.guayubira.org.uy/2007/02/impacto-de-las-plantaciones-de-eucaliptos-en-el-suelo/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

RIBEIRO, F. C.; RIBEIRO, F. C.; OLIVEIRA, A. D.; FERREIRA, E. A. B.; BISPO, O. B.; ZANSAVIO, A. M. O.; GATTO, A. Nitrogênio mineral em solos sob florestas plantadas e vegetação nativa do Cerrado. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Natal, 2015.

SCHIMITZ, J. A. K. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. Tese (Doutorado)-Programa de Pós Graduação de Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SILVA, A. C.; COSTA, A. S. V. Decomposição de partes vegetativas de eucalipto (*eucalyptus grandis*) submetidas a extratos de diferentes solos. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**. Curitiba v.2, n.2, 2004.

SILVA, C. R.; SOUZA, Z. M. **Eficiência do uso de nutrientes em solos ácidos: manejo de nutrientes e uso pelas plantas**. Faculdade de Ilha Solteira, UNESP, Ilha Solteira, 1998.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal e quociente metabólico do solo**. EMBRAPA, Seropédica/RJ, 2007.

SILVA, F. de A. S. **Assistat. Versão 7.7 beta** (2011). Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html>>. Acesso em: 20 set. 2017.



SILVA, I. H. S.; SIMÃO, E. DE P.; GONTIJO NETO, M. M.; MARRIEL, I. E.; QUEIROZ, L. R.; OLIVEIRA, S. A.; COUDERC, V. S. J. A.; CALAZANS, G. M. Atividade enzimática do solo sob diferentes culturas em sistema de integração lavoura-pecuária. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL MILHO E SORGO. Águas de Lindóia, 2012.

SILVEIRA, A. de O. **Avaliação de metodologias para o monitoramento da qualidade do solo**. 2011. 87 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Departamento de Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2011. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/anolisil.pdf>>. Acesso: 18 ago. 2017.

SOCO. Sustainable Agriculture and Soil Conservation. **Europe Comission**, 2009. Disponível em: <<http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/PTFactSheet-03.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2017.

TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; PERETTO, E. J. S.; FINK, J. R.; SANTOS, L. S.; DENARDIN, L. G. O.; TIECHER, T. L. **Evolução e estado da fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina**. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016. v.1, 53p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2016.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.35, n. 1, 2011.

