

# **Avaliação do impacto ambiental pelo uso do fipronil na microbiota do solo**

Renata Macagnan<sup>1</sup>

Jorge Luis Mattias<sup>2</sup>

**Resumo:** Avaliou-se o efeito do inseticida fipronil no solo pelo teste de respiração basal, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico. As quantidades de inseticida aplicadas consistiram na controle (dose zero), a dose comercial (0,8 mg.kg<sup>-1</sup> de solo de fipronil), 10, 30 e 50 vezes esta concentração. Os resultados obtidos em todos os testes mostraram alta variabilidade entre as amostras que receberam a aplicação do inseticida, e a amostra controle (dose zero). Com esta oscilação nos resultados, não é possível avaliar adequadamente o grau de impacto sofrido na microbiota do solo perante a aplicação do inseticida fipronil. Para confirmação é necessário um maior número de amostras e outras análises.

**Palavras-chave:** respiração basal, quociente metabólico, carbono da biomassa microbiana, inseticida

## **Environmental impact assessment by the use of fipronil in the soil microbiota**

**Abstract:** The effect of the insecticide fipronil on soil was evaluated by the soil was evaluated by the soil basal respiration test, microbial biomass carbon test and by the metabolic quotient test. The amounts of insecticide applied consisted of control (zero dose), commercial dose (0.8 mg.kg<sup>-1</sup> of fipronil soil), 10, 30 and 50 times this concentration. The results obtained in all tests showed high variability between the samples that received the application of the insecticide and the control sample (zero dose).

<sup>(1)</sup>Graduanda do curso de Engenharia Ambiental - UFFS/Chapecó

<sup>(2)</sup>Profº do Deptº de Agronomia - UFFS/Chapecó.

26 The oscillation in results shows that it is not possible to properly assess the extent of the  
27 impact on soil microbiota suffered after applying the insecticide fipronil. To confirm the  
28 environmental impact caused by the use of fipronil is required a greater number of  
29 samples analyzed and others tests.

30

31 **Key words:** soil basal respiration, metabolic quotient, microbial biomass carbon,  
32 insecticide

33

## 34 INTRODUÇÃO

35 O Brasil é considerado um dos principais produtores e fornecedores mundiais de  
36 alimentos, sendo a agricultura, uma das maiores atividades econômicas do país. Para que  
37 ocorra uma melhor produção em termos de quantidade e qualidade dos produtos agrícolas,  
38 os agrotóxicos são utilizados comumente (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2016).

39 Existem diferentes classificações para o agrotóxico, entre elas o inseticida, que tem  
40 por objetivo proteger as culturas do ataque de pragas. Porém, problemas são evidenciados  
41 principalmente por sua incorreta aplicação e manejo (Bohner et al., 2013). No que diz  
42 respeito à aplicação, uma boa parcela do produto atinge o alvo proposto, no entanto, em  
43 algumas situações, outros organismos são atingidos. Desta forma, a aplicação de  
44 agrotóxicos pode implicar em mudanças na funcionalidade do ecossistema (BASF S.A.,  
45 2016).

46 Um dos problemas ambientais ocasionado pelo uso de produtos químicos, é a  
47 contaminação do solo, onde há microrganismos importantes para o ecossistema. Os  
48 microrganismos realizam a ciclagem de elementos químicos presentes nos tecidos  
49 orgânicos e, nas moléculas que chegam até o solo. Porém, eles são extremamente

50 sensíveis ao tipo de material adicionado ao solo, podendo ocasionar a diminuição de sua  
51 atividade (Carvalho et al., 2011).

52 Estudos que avaliem o impacto do uso de agrotóxicos sobre estes organismos são  
53 importantes, pois descrevem as implicações desta prática sobre o meio ambiente. Deste  
54 modo, este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito do inseticida fipronil na quantidade  
55 utilizada comercialmente no solo, pela respiração basal, quociente metabólico e carbono  
56 da biomassa microbiana do solo.

57

## 58 MATERIAL E MÉTODOS

### 59 **Determinação da respiração basal e do quociente metabólico do solo ( $qCO_2$ )**

60 Utilizou-se a metodologia descrita em EMBRAPA (2007), comunicado técnico 99,  
61 para coleta de amostras, procedimentos, quantificação de  $CO_2$ , cálculo da respiração basal  
62 do solo e quociente metabólico do solo.

63

### 64 **Amostras**

65 A amostra de solo foi coletada no mês de outubro de 2016 na Floresta Nacional de  
66 Chapecó/SC. A amostra foi coletada de 0 a 20 cm de profundidade e armazenada em saco  
67 plástico a 4°C. A análise foi iniciada dois dias após a coleta (EMBRAPA, 2007).

68

### 69 **Preparação da amostra**

70 Após a coleta a amostra foi peneirada em malha de 2 mm, retirando os fragmentos de  
71 vegetais manualmente. Em seguida, foi acondicionada em novos recipientes, para o seu  
72 processamento (EMBRAPA, 2007).

73

74

## 75 **Determinação da umidade total do solo na capacidade de campo**

76 Para determinar a umidade total do solo na capacidade de campo, uma proveta foi  
77 preenchida até a medida de 80 mL com solo recém coletado e já peneirado. Em seguida,  
78 foi adicionado cerca de 1,50 mL de água, até atingir 50% do volume de solo. A proveta  
79 foi fechada por 24h para a frente de molhamento estacionar e não tocar no fundo. Após  
80 esta etapa, foi retirada uma porção de solo da parte molhada, pesada e acondicionada em  
81 estufa a 105°C por 24 horas, atingindo peso constante. Este solo seco foi novamente  
82 pesado (EMBRAPA, 2007).

83 Segundo a EMBRAPA (2007) a determinação da umidade total do solo na capacidade  
84 de campo é obtida pela Eq. 1:

85

$$86 \quad U \text{ (g de água g}^{-1} \text{ de solo)} = \frac{P_U - P_S}{P_S} \quad (1)$$

87

88 Em que:  $P_U$ = peso úmido do solo;  $P_S$ = peso seco do solo, após estufa, usado tanto para a  
89 amostra de solo trazida do campo quanto a retirada da proveta.

90

## 91 **Contaminação do solo com fipronil**

92 A quantidade de inseticida aplicado foi em relação a plantação de batata. Neste cultivo,  
93 é recomendado utilizar 200 g do inseticida fipronil dissolvido em 200 L de água por  
94 hectare (BASF S.A., 2016). Sua aplicação é feita no sulco de plantio em jato direcionado,  
95 com espaçamento entre cada leira de 80 cm e 20 cm de camalhão (Silva, 2016). Desta  
96 maneira, a totalidade da área não é atingida, entretanto, tendo como base os espaçamentos  
97 de leiras e a altura dos camalhões é possível calcular a área de aplicação. Assim, 1 hectare  
98 compreende 100 linhas de camalhões, e 2000 m<sup>2</sup> de solo com aplicação do agroquímico.  
99 Geralmente, o inseticida é aplicado a uma profundidade de 10 cm (Silva, 2016), com isso,

100 se obtém o volume de solo, que neste exemplo, totaliza 200 m<sup>3</sup>. A massa de solo foi obtida  
101 multiplicado o seu volume pela sua densidade, considerada 1 g/cm<sup>3</sup>, chegando à um total  
102 de 200000 kg de solo com aplicação de inseticida por hectare. Ou seja, normalmente se  
103 aplica 1 mg de inseticida, diluído em 1 mL de água para 1 kg de solo. Por se tratar de  
104 pequenas amostras, os testes foram realizados com 250 g de solo.

105 O agrotóxico utilizado tem em sua composição 80% de ingrediente ativo (fipronil). A  
106 contaminação do solo foi realizada em proporções comerciais, onde C= amostra controle  
107 de solo, C1= 1 dose, C2= 10 vezes a dose, C3= 30 vezes a dose, e C4= 50 vezes a dose.  
108 Para facilitar o experimento por se tratar de pequenos volumes, foi produzido uma solução  
109 padrão (comercial) do inseticida, alterando somente o volume aplicado por amostra  
110 (Tabela 01).

111

112 Tabela 01 –Volume aplicado da solução padrão de inseticida para cada amostra de 250  
113 g de solo

Amostras	Solução de inseticida aplicada	Ingrediente ativo	Água
C	0	0	12,5 mL
C1	0,25 mL	0,2 mg	12,25 mL
C2	2,5 mL	2,0 mg	10,0 mL
C3	7,5 mL	6,0 mg	5,0 mL
C4	12,5 mL	10,0 mg	0

114 Fonte: Autora (2016)

115

116 Para equivaler a umidade entre as amostras, foi completado o volume da solução  
117 padrão com água, até atingir 12,5 mL. Para a amostra controle de solo, foi aplicado  
118 somente 12,5 mL de água deionizada, e para a C4 somente a solução padrão de inseticida.

119 As amostras foram homogeneizadas manualmente com espátula, e encaminhada para o  
120 teste de respiração basal.

## 121 **Respiração basal**

122 Para a determinação da respiração basal do solo, as amostras foram analisadas em  
123 triplicata. Desta maneira, cada amostra de solo contaminada com o inseticida foi dividida  
124 em três sub-amostras de 50 g. Em seguida foram acondicionadas separadamente em  
125 frascos de vidro (snap-cap) de 100 mL (EMBRAPA, 2007).

126 Cada frasco com a sub-amostra foi colocado individualmente em um frasco de 3 L,  
127 seguido da adição de outro frasco de 100 mL contendo 10 mL de hidróxido de sódio  
128 (NaOH) 1 M. O frasco de 3L foi hermeticamente fechado, não havendo a entrada de  
129 dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) do ar externo, ou saída de CO<sub>2</sub> produzido internamente. As  
130 sub-amostras foram mantidas em uma incubadora do tipo Demanda Bioquímica de  
131 Oxigênio (DBO), isentas de luminosidade e com temperatura de 25°C, durante um  
132 período 7 dias. Para calcular a respiração basal, foi anotado a hora e a data de início da  
133 incubação. Como controle, foi mantido 3 frascos somente com NaOH para solução branco  
134 (EMBRAPA, 2007).

135

## 136 **Quantificação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) respirado**

137 Posteriormente o processo de incubação, foi adicionado no frasco que contém  
138 hidróxido de sódio (NaOH) 2 mL de cloreto de bário (BaCl<sub>2</sub>) 10% (m/v) e, fechado  
139 imediatamente, para completa precipitação do CO<sub>2</sub>. Em seguida, a titulação das amostras  
140 foi feita individualmente, adicionando 2 gotas de fenolftaleína 1% (m/v), sob agitação  
141 manual com solução 0,445 M de ácido clorídrico, o qual foi padronizado (EMBRAPA,  
142 2007).

143

#### 144 **Cálculo da respiração basal do solo**

145 O cálculo da respiração basal do solo foi realizado segundo EMBRAPA (2007),  
146 utilizando a Eq. 2:

147

$$148 \text{ RBS (mg de C-CO}_2\text{kg}^{-1}\text{ solo hora}^{-1}\text{)} = \frac{(V_b - V_a) \cdot M \cdot 6 \cdot 1000}{P_s \cdot T} \quad (2)$$

149

150 Em que: RBS= carbono oriundo da respiração basal do solo;  $V_b$  (mL)= volume de ácido  
151 clorídrico gasto na titulação da solução controle (branco);  $V_a$  (mL)= volume gasto na  
152 titulação da amostra; M= molaridade exata do HCl;  $P_s$  (g)= massa de solo seco; T= tempo  
153 de incubação da amostra em horas.

154

#### 155 **Quociente metabólico do solo ( $q\text{CO}_2$ )**

156 O cálculo do  $q\text{CO}_2$  da respiração basal do solo, foi realizado conforme EMBRAPA  
157 (2007), pela Eq. 3:

158

$$159 q\text{CO}_2 \text{ (mgC-CO}_2\text{.g}^{-1}\text{BMS-C.h}^{-1}\text{)} = \frac{\text{RBS (mgC-CO}_2\text{.kg}^{-1}\text{ solo.h}^{-1}\text{)}}{\text{BMS-C (mgC.kg}^{-1}\text{ solo).}10^{-3}} \quad (3)$$

160

161 Em que:  $q\text{CO}_2$ = quociente metabólico do solo; RBS= respiração basal do solo; BMS-C=  
162 carbono da biomassa microbiana do solo.

163

#### 164 **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo**

165 A metodologia seguida foi descrita em EMBRAPA (2007), comunicado técnico 98,  
166 para procedimentos, cálculo do teor de carbono e determinação do carbono da biomassa  
167 microbiana do solo (BMS-C).

168 **Procedimentos analíticos**

169 Para este procedimento, cada sub-amostras de 50 g utilizada no teste de respiração  
170 basal, foi dividida em 2 amostras de 20 g (uma fumigada e outra não) e, acondicionadas  
171 em frascos de vidro de 100 mL.

172

173 **Fumigação**

174 Após a pesagem das amostras de solo utilizadas na análise de respiração basal, foi  
175 adicionado 1 mL de clorofórmio sem etanol em todos os frascos que foram submetidos a  
176 fumigação, totalizando 15 amostras. Os frascos foram em seguida fechados e  
177 armazenados em uma incubadora do tipo DBO isentos de luminosidade por 24 horas, com  
178 temperatura de 25°C. No dia seguinte, foi retirado a tampa dos frascos na capela de  
179 exaustão para eliminar completamente o clorofórmio presente nas amostras (EMBRAPA,  
180 2007).

181

182 **Extração**

183 O processo de extração foi realizado conforme EMBRAPA (2007), adicionando 50  
184 mL de solução 0,5 M de sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), seguido de agitação orbital a 220  
185 RPM por 30 minutos. Após, para a decantação, as amostras ficaram em repouso por mais  
186 30 minutos. O líquido superior foi transferido para um filtro de papel qualitativo acoplado  
187 a um funil, obtendo assim, o extrato de cada sub-amostra (fumigada e não-fumigada).

188

189 **Determinação do carbono microbiano**

190 Conforme EMBRAPA (2007), foi adicionando à um erlenmeyer 8 mL do extrato mais  
191 2 mL de solução 0,066 M de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ), seguido de 10 mL de ácido  
192 sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) P.A. e 5 mL de ácido orto-fosfórico ( $H_3PO_4$ ) P.A. Posteriormente, 70

193 mL de água deionizada e 4 gotas de difenilamina 1% foram adicionadas. A titulação foi  
194 realizada com solução 0,0383 M de sulfato ferroso amoniacal  $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ .  
195 Para a realização da amostra branco, foi adicionado 8 mL de solução 0,5 M de sulfato de  
196 potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) no lugar do extrato.

197

### 198 **Cálculo do teor de carbono nos extratos**

199 O cálculo do teor de carbono nos extratos foi realizado segundo EMBRAPA (2007),  
200 pela Eq. 4:

201

$$202 \quad C(\text{mg C kg}^{-1} \text{ solo}) = \frac{(\text{Vb}-\text{Va}) \cdot \text{M} \cdot 0,003 \cdot \text{V}_1 \cdot 10^6}{\text{P}_s \cdot \text{V}_2} \quad (4)$$

203

204 Em que: C= carbono extraído do solo; Vb (mL)= volume do sulfato ferroso amoniacal  
205 gasto na titulação da solução controle (branco); Va (mL)= volume de sulfato ferroso  
206 amoniacal gasto na titulação da amostra; M= molaridade exata do sulfato ferroso  
207 amoniacal;  $\text{V}_1$ = volume do extrator ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) utilizado;  $\text{V}_2$ = alíquota pipetada do extrato  
208 para a titulação; 0,003= miliequivalente do carbono;  $\text{P}_s$  (g)= massa de solo seco.

209

### 210 **Cálculo do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**

211 Para o cálculo do carbono da biomassa do solo foi seguido a Eq. 5, conforme  
212 EMBRAPA (2007):

213

$$214 \quad \text{BMS-C}(\text{mg C microbiano kg}^{-1} \text{ solo}) = \text{FC} \cdot \text{K}_c^{-1} \quad (5)$$

215

216 Em que: BMS-C (mg de C  $\text{kg}^{-1}$  solo)= carbono da biomassa microbiana do solo; FC (mg  
217  $\text{kg}^{-1}$ )= fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C da equação anterior, recuperada

218 no extrato da amostra fumigada e a recuperada na amostra não fumigada;  $k_c$ = fator de  
219 correção igual a 0,33.

220

## 221 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

222 A média dos resultados obtidos de respiração basal (RBS), carbono da biomassa  
223 microbiana do solo (BMS-C) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ), estão apresentados na  
224 Tabela 02. A umidade total do solo na capacidade de campo das amostras foi de 35%.

225

226 Tabela 02 – Médias dos resultados obtidos nos diferentes testes e seu desvio padrão

	RBS (mg de C-CO <sub>2</sub> /kg de solo/hora)	BMS-C (mg C microbiano/kg solo)	$qCO_2$ (mg C-CO <sub>2</sub> /g BMS-C/h)
Controle	2,22 ± 0,09	206,80 ± 6,89	10,73 ± 0,56
C1	1,01 ± 0,44	167,03 ± 78,23	7,85 ± 6,92
C2	1,60 ± 0,53	238,61 ± 215,08	10,41 ± 6,82
C3	0,71 ± 0	186,91 ± 121,86	6,81 ± 6,98
C4	1,33 ± 0,54	222,70 ± 24,84	6,05 ± 2,65
CV (%)	42,19	13,87	25,20

227 (RBS) Respiração basal. (BMS-C) Carbono da biomassa microbiana do solo. ( $qCO_2$ ) Quociente  
228 metabólico. (CV%) Coeficiente de variação em porcentagem.

229 Fonte: Autora (2016)

230

231 A respiração basal é a atividade microbiana que, ao decompor a matéria orgânica do  
232 solo gera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Mesquita, 2005). Segundo EMBRAPA (2007),  
233 comunicado técnico 99, os principais responsáveis pela respiração basal são as bactérias  
234 e fungos. Desta maneira, quando algum substrato é aferido no solo, estes microrganismos  
235 sofrem alguma alteração. Pela Tabela 02, é possível observar as médias de RBS de todas  
236 as amostras. A amostra controle, sem adição de fipronil, teve uma maior taxa de produção  
237 de CO<sub>2</sub>, média de 2,22 mg de C-CO<sub>2</sub>/kg de solo/hora, do que as demais amostras. As  
238 amostras que receberam aplicação de inseticida, apresentaram dispersão nos resultados,  
239 alternando entre acréscimo e decréscimo de produção de CO<sub>2</sub>, variando de 0,71 (média

240 amostra C3) à 1,60 mg de C-CO<sub>2</sub>/kg de solo/hora (média amostra C2). Esta dispersão  
241 pode ser explicada por uma possível falta de homogeneização da amostra no momento da  
242 aplicação do fipronil e, também, segundo Souza et al. (1999), o processo de RBS pode  
243 ser influenciado por características químicas e físicas do solo, dentre elas a umidade e a  
244 capacidade dos microrganismos em degradar a molécula de inseticida. Os resultados  
245 podem ser também influenciados pelas condições de laboratório.

246 O teste de BMS-C segundo Balota et al. (1998), demonstra as alterações oriundas de  
247 manejos inadequados no solo, ou seja, indica o nível de degradação (perda de matéria  
248 orgânica) que o solo sofre. Segundo Mesquita (2005), quanto maior for a BMS-C, maior  
249 será a capacidade de retenção de nutrientes no solo, aferindo positivamente no ciclo de  
250 desenvolvimento dos microrganismos. Os resultados para BMS-C variaram entre as  
251 amostras, conforme apresentado na Tabela 02. A amostra controle apresentou uma média  
252 de 206,80 mg C microbiano/kg solo, intercalando entre o valor mais alto, 238,61 mg C  
253 microbiano/kg solo (média amostra C2), e o valor mais baixo, 167,03 mg C  
254 microbiano/kg solo (média amostra C1). A oscilação nos resultados apresentados, pode  
255 ter ocorrido, pela não total homogeneização da amostra no momento de aplicação do  
256 inseticida, podendo ficar alguma parcela do solo sem o contato direto com o fipronil.  
257 Segundo Dallmann et al. (2010) uma oscilação nos resultados pode ocorrer devido a  
258 difícil metabolização da substância aferida ao solo, ou sua não utilização como fonte de  
259 nutrientes para os microrganismos, destacando-se também a umidade das amostras.

260 O quociente metabólico, é a relação entre a RBS pela BMC-S e tempo, que indica,  
261 segundo EMBRAPA (2007), comunicado técnico 99, o nível de estresse a qual o solo  
262 analisado está submetido. Os resultados obtidos para o qCO<sub>2</sub> estão demonstrados na  
263 Tabela 02, em que a maior média obtida foi a da amostra Controle, 10,73 mg C-CO<sub>2</sub>/g  
264 BMS-C/h, variando com as demais amostras. Este resultado mostraria que a amostra

265 controle estaria mais impactada do que as demais amostras, o que contraria os estudos.  
 266 Os resultados das amostras que receberam aplicação de inseticida oscilaram, com valor  
 267 mínimo de 6,05 mg C-CO<sub>2</sub>/g BMS-C/h (média amostra C4) e valor máximo de 10,41 mg  
 268 C-CO<sub>2</sub>/g BMS-C/h (média amostra C2). Esta variação nos resultados, conforme  
 269 mencionado anteriormente, pode ter ocorrido pela não homogeneização das amostras com  
 270 aplicação de fipronil, também, segundo Mesquita (2005) a umidade das amostras,  
 271 temperatura, alteração da atividade microbiana e condições laboratoriais podem ocasionar  
 272 estas variações nos resultados.

273 Mesquita (2005) e Balota et al. (1998), analisaram solo com diversas aplicações de  
 274 inseticidas e, Melloni et al. (2001), trabalharam com solo de mata ciliar. Estes autores  
 275 descreveram resultados próximos aos encontrados neste trabalho (Tabela 03). Porém, os  
 276 dados não são extremamente iguais por inúmeros fatores, dentre eles, o tipo de solo e  
 277 agrotóxico aplicado, umidade das amostras, manuseio e condições laboratoriais.

278

279 Tabela 03 – Comparação dos resultados obtidos no trabalho com a literatura.

	Melloni et al. (2001)	Mesquita (jun/2005)	Mesquita (nov/2005)	Balota et. al (1998)
RBS (mg de C-CO <sub>2</sub> /kg de solo/hora)	1,00	1,02	1,17	4,79
BMS-C (mg C microbiano/kg solo)	380,55	157,96	206,12	319,06
qCO <sub>2</sub> (mg C-CO <sub>2</sub> /g BMS-C/h)	3,40	12,02	5,59	6,83

280 (RBS) Respiração basal. (BMS-C) Carbono da biomassa microbiana do solo. (qCO<sub>2</sub>) Quociente  
 281 metabólico.

282 Fonte: Autora (2016)

283

284 Em comparação com os resultados apresentados, é possível analisar que os dados  
 285 obtidos nesta pesquisa ficaram mais próximos ao trabalho apresentado por Mesquita  
 286 (2005), o qual também mostra uma dispersão nos resultados. As análises de RBS, BMS-  
 287 C e qCO<sub>2</sub> foram realizadas igualmente no mesmo solo, porém em períodos diferentes,

288 ocasionaram variações nos resultados. Mesquita (2005) relata em sua pesquisa que, o solo  
289 analisado apresenta modificações em sua microbiota, porém, pelos dados inconsistentes,  
290 não é viável afirmar o impacto a qual o solo está exposto, fato que, corrobora os resultados  
291 obtidos neste trabalho.

292 Para a afirmação de impacto na microbiota do solo por aplicações de inseticida, é  
293 necessário que os valores de RBS, BMS-C e  $qCO_2$  apontem resultados confluentes, ou  
294 seja, na amostra controle os valores de RBS e  $qCO_2$  tem que ser inferior as demais  
295 amostras, e no teste de BMS-C maior do que as demais (Mesquita, 2005). Desta maneira,  
296 é necessário aumentar o número de amostras, além de adicionar outros testes para  
297 confrontar ou confirmar os resultados obtidos.

298

299

## CONCLUSÃO

300 1. Pela variação obtida nos resultados de respiração basal, carbono da biomassa  
301 microbiana do solo e quociente metabólico, não é possível avaliar a existência de um  
302 impacto negativo na microbiota do solo perante a aplicação do inseticida fipronil.

303

304

## AGRADECIMENTOS

305 À Deus, pela oportunidade de viver e chegar até aqui.

306 Ao professor Dr. Jorge Luis Mattias, pela orientação, ensinamentos, auxílio e  
307 disponibilidade no decorrer desta pesquisa.

308 Ao professor Dr. Paulo Roger Lopes Alves pela orientação em relação aos  
309 procedimentos dos testes realizados.

310 À minha irmã Rafaela Macagnan, a qual ajudou na revisão deste trabalho e me apoiou  
311 sempre.

312 À meus pais, Remi Pedro Macagnan e Marí Carmen Piaia Macagnan, pela ajuda no  
313 desenvolvimento deste trabalho e em todos os momentos, enfrentando comigo todas as  
314 dificuldades desta caminhada.

315 Aos técnicos de laboratório, Rodrigo Rodrigues, Odinei Fogolari e Caroline Zarzeka,  
316 pela ajuda na realização dos testes.

317 Ao meu primo e agrônomo Kleber Varaschin pela doação do inseticida utilizado.

318 Ao professor Me. Gustavo Lopes Colpani, coordenador do curso de engenharia  
319 química da UnoChapecó, pela doação de reagente necessário para a realização dos testes.

320 À todos os professores do curso de engenharia ambiental, pelo ensinamento passado,  
321 necessário para a conclusão deste trabalho e para minha formação profissional.

322 Por fim, a todas as pessoas que neste período se fizeram presente e que de alguma  
323 forma auxiliaram na realização deste trabalho.

324

325

## REFERÊNCIAS

326 Balota, E. L.; Colozzi-Filho, A.; Andrade, D. S.; Hungria, M. Biomassa microbiana e sua  
327 atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. 1998.

328 <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/biomassa\\_microbiana.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/biomassa_microbiana.pdf)>. 21 Out.  
329 2016.

330 BASF S. A. Inseticidas: Bula Regent 800 WG. 2016.

331 <[http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt\\_BR/function/conversions:/publish/  
332 content/APBrazil/solutions/insecticides/BULAS/Regent\\_800.pdf](http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt_BR/function/conversions:/publish/content/APBrazil/solutions/insecticides/BULAS/Regent_800.pdf)>. 07 Abr. 2016.

333 Bohner, T. O. L.; Araújo, L. E. B.; Nishijima, T. O impacto ambiental do uso de  
334 agrotóxicos no meio ambiente e na saúde dos trabalhadores rurais. In: revista eletrônica

335 do curso de direito da UFSM, Santa Maria, v.8, p.329, 2013.

336 <<https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/8280/4993#.WBODqtIrLIU>>.  
337 08 Abr. 2016.

338 Carvalho, N. L.; Pivoto, T. S. Ecotoxicologia: conceitos, abrangência e importância  
339 agronômica. In: REVISTA ELETRÔNICA DO PPGEAmb-CCR/UFSM, Santa Maria,  
340 v. 2, p.176, 2011. <[http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-](http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/remoa/article/view/2315/1598)  
341 [2.2.2/index.php/remoa/article/view/2315/1598](http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/remoa/article/view/2315/1598)>. 11 Abr. 2016.

342 Dallmann, C. M.; Scheneider, L.; Bohm, G. M. B.; Kuhn, C. F. Impacto da aplicação de  
343 glifosato na microbiota do solo cultivado com soja geneticamente modificada. Revista  
344 Thema, 11 p.  
345 2010.<<http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/viewFile/18/17> >. 02.  
346 Nov. 2016.

347 EMBRAPA. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo  
348 (qCO<sub>2</sub>). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia.  
349 Comunicado Técnico, 99).

350 EMBRAPA. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C).  
351 Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado  
352 Técnico, 98).

353 Melloni, R.; Pereira, E. G.; Trannin, I. C. B.; Dos Santos, D. R.; Moreira, F. M. S.;  
354 Siqueira, J. O. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no  
355 sul de minas gerais. Ciências agrotécnicas. Lavras, v.25, n.1, p.7-13,  
356 2001.<[://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Caracteristicas\\_Biol\\_Solos\\_MtCil](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Caracteristicas_Biol_Solos_MtCil_Cer_MGID-4meHPpQx4F.pdf)  
357 [\\_Cer\\_MGID-4meHPpQx4F.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Caracteristicas_Biol_Solos_MtCil_Cer_MGID-4meHPpQx4F.pdf) >. 21 Out. 2016.

358 Mesquita, C. M. Avaliação integrada do impacto do uso de pesticidas na microbiota do  
359 solo. Estudo de caso: Paty do Alferes – Rio de Janeiro,  
360 2005.<[http://www6.ensp.fiocruz.br/visa/files/Claudio\\_dissert.pdf](http://www6.ensp.fiocruz.br/visa/files/Claudio_dissert.pdf)>. 11 Abr. 2016.

361 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Agrotóxicos. 2016.  
362 <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/mercado-interno/agrotoxicos>>. 07 Abr. 2016.  
363 Silva, G. O. Árvore do conhecimento: Batata. In: Agência Embrapa de Informação  
364 Tecnológica.2016.<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/batata/arvore/CON>  
365 T000gnc4knh602wx5ok0edacxlkquiqoq.html>. 01 Ago. 2016.  
366 Souza, A. P. de; Ferreira, F. A.; Silva, A. A. da; Cardoso, A. A.; Ruiz, H. A. Respiração  
367 microbiana do solo sob doses de glyphosate e de imazapyr.1999.  
368 <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v17n3/07.pdf>>. 08. Out. 2016.  
369