

1 EVOLUÇÃO DO CO₂ E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SOLO INCUBADO COM
2 CONCENTRADO DE VINHAÇA BIODIGERIDA

3
4 EVOLUÇÃO DO CO₂ E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SOLO INCUBADO COM CONCENTRADO DE
5 VINHAÇA BIODIGERIDA

6
7 Terezinha Ferreira Xavier¹, Jairo Osvaldo Cazetta², André Suêlto Tavares de Lima³,
8 Jose Carlos Freitas⁴

9
10 (1) Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR *campus* Amajari e Doutoranda do
11 Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – PPGCS da Universidade Estadual Paulista – UNESP - Campus Jaboticabal
12 – Departamento de Tecnologia, Av. Prof. Paulo Donato Castellane, km 5, CEP: 14884-900 – Jaboticabal, SP - BR,
13 teferxa@hotmail.com. (2) Professor do Departamento de Tecnologia UNEPS- Campus Jaboticabal, cazetta@fvac.unesp.br. (3)
14 Doutorando do PPGCS da UNESP- Jaboticabal – Departamento de Tecnologia, andresuelto@ig.com.br. (4) Técnico de
laboratório Departamento de Tecnologia UNEPS- Campus Jaboticabal, jcfreita@fcav.unesp.br.

15
16
17 **RESUMO**

18 O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do concentrado de vinhaça biodigerida na
19 respiração e atividade enzimática de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar em
20 sistema de cana crua. As amostras foram incubadas em potes plásticos, em condições de
21 laboratório com os seguintes tratamentos T1 = Testemunha; T2 = Vinhaça *in natura*
22 (100 m³ ha⁻¹) + P; T3 = Concentrado de vinhaça biodigerida (10m³ ha⁻¹) + P; T4 =
23 Vinhaça *in natura* em dose equivalente ao tratamento T2 + N + P; T5 = Concentrado de
24 vinhaça biodigerida em dose equivalente ao tratamento T3 + N + P; T6 = Adubação
25 mineral. Os tratamentos que receberam vinhaça *in natura* apresentaram maior liberação
26 de CO₂ quando comparado com os demais. A vinhaça *in natura* proporcionou maior
27 respiração do solo quando comparada ao concentrado de vinhaça biodigerida. As
28 vinhaças não influenciaram os teores de carbono (C-BMS) e nitrogênio (N-BMS) da
29 biomassa microbiana do solo e atividade da uréase e desidrogenase.

30
31 **Palavras chaves:** Respiração do solo, uréase, desidrogenase, resíduo sucroalcooleiro.
32

33 **INTRODUÇÃO**

34 A vinhaça vem sendo utilizada na fertirrigação da lavoura da cana-de-açúcar há
35 vários anos, com resultados positivos, sob o ponto de vista do rendimento agrícola.
36 Alterações no pH, teores de K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e capacidade de troca catiônica (CTC) do
37 solo já foram documentadas como resultado da aplicação de vinhaça *in natura* ao solo
38 (Canellas et al., 2003; Watanabe et al., 2004; Brito e Rolim, 2005). Assim o
39 aproveitamento racional da vinhaça como fertilizante tem uma grande importância
40 como fator econômico da agroindústria sucro-alcooleira do Brasil.

41 Com incentivo do governo para produção biocombustível, a produção de álcool
42 tem aumentado consideravelmente. No Brasil, segundo dados da Companhia Nacional
43 de Abastecimento (CONAB), na safra de 2009/2010 foram produzidos 27.8 bilhões de
44 litros de álcool gerando um volume de aproximadamente 279 bilhões de litros de
45 vinhaça (Agriannual, 2011), sendo necessário o estudo de novas tecnologias no intuito de
46 melhor aproveitar esse resíduo, minimizando os impactos no meio ambiente. A
47 possibilidade de se converter à matéria orgânica da vinhaça em biogás através da

48 biodigestão tem sido uma alternativa bastante promissora, pois, além da produção de
49 metano, que pode ser utilizado como fonte de energia, esse processo reduz a carga
50 orgânica e viabiliza a concentração através do processo de evaporação (Freire e Cortez,
51 2000).

52 As principais vantagens da biodigestão da vinhaça são redução drástica da sua
53 carga orgânica, pois a maior parte da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é
54 convertida a biogás, além da elevação do valor de pH, que passa a ser próximo de 7, e
55 manutenção dos teores de potássio (Lamonica, 2006). No entanto, após a biodigestão da
56 vinhaça, sua utilização com o fertilizante na cultura da cana tem sido questionada, pois,
57 no processo de biodigestão e concentração há perdas de alguns elementos importantes
58 como nitrogênio, enxofre e a matéria orgânica, que poderia levar a resultados menos
59 expressivos no rendimento agrícola da cana, bem como no acúmulo de nutrientes no
60 solo. Portanto, faz-se necessário estudo para melhor entender as transformações que
61 ocorrem no solo com a aplicação do concentrado de vinhaça biodigerida.

62 Alguns atributos bioquímicos do solo têm sido usados para estimar às mudanças
63 provocadas pela disposição de resíduos como a vinhaça no solo (Camargo et al., 1984;
64 Anderson & Domsch 1993). A atividade microbiana do solo pode ser utilizada como
65 sensível indicador dessas alterações, sendo ferramenta importante no entendimento das
66 transformações e perdas nos compartimentos orgânicos do solo.

67 O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do concentrado de vinhaça
68 biodigerida na respiração e atividade enzimática de um Latossolo cultivado com cana-
69 de-açúcar em sistema de cana crua.

70 MATERIAL E MÉTODOS

71 O ensaio foi conduzido no laboratório de análise química do Departamento de
72 Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual
73 Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), campus Jaboticabal. O Latossolo
74 utilizado foi coletado de uma área comercial de cana-de-açúcar sob sistema cana crua,
75 localizada a 21° 12'06.50"S e 48° 12'52.65"O, no município de Jaboticabal – São Paulo
76 – SP. As amostras compostas recém coletadas de 0-10 cm de profundidade foram
77 mantidas refrigeradas até a montagem do experimento. As características químicas do
78 solo eram: pH em CaCl₂ = 5,1; M.O = 28 g dm⁻³; P (resina) = 16 mg dm⁻³; K= 0,7; Ca
79 = 39; Mg = 18; H+Al = 47; Soma de Base (SB) = 57,7; T = 104,7 mmol_c dm⁻³ e
80 Saturação por bases (V %) = 55. As características químicas das vinhaças utilizadas
81 estão apresentadas na tabela 1.

82

83 **Tabela 1** – Características químicas da vinhaça *in natura* e do concentrado de vinhaça
84 biodiregida utilizadas no experimento.

Vinhaças	C	N	C/N	P	K	S	Ca	Mg	Na
	g dm ⁻³								
Vinhaça <i>in natura</i>	4,57	0,29	15,75	0,17	3,31	0,39	0,65	0,33	0,22
Concentrado de vinhaça biodigerida	10,68	1,21	8,82	0,80	14,80	0,42	0,76	0,39	26,00

85

86 Para ensaio de respirometria as amostras foram homogeneizadas e passadas em
87 peneira com malha de 2 mm. Utilizou-se 100 g de solo com umidade em torno de 30%
88 da capacidade de campo. As amostras foram incubadas em potes plásticos (capacidade
89 de 3L), em condições de laboratório (28 ± 1°C) com os seguintes tratamentos T1 =
90 Testemunha sem adubação e ou vinhaça (T); T2 = Vinhaça *in natura* (VN): 100 m³ ha⁻¹

91 + P; T3 = Concentrado de vinhaça biodigerida (CVB): $10\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ + P; T4 = Vinhaça *in*
92 *natura* em dose equivalente ao tratamento T2 (VN), + N + P; T5 = Concentrado de
93 vinhaça biodigerida em dose equivalente ao tratamento T3 (CVB), + N + P; T6 =
94 Adubação mineral (AM). A adubação mineral aplicada como tratamento ou em
95 complementação às vinhaças foram 100, 30 e 130 kg ha^{-1} de NPK, segundo
96 recomendação para cultura da cana soca (Raij et al., 1997). O delineamento
97 experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis blocos.

98 A respiração microbiana do solo foi determinada utilizando o método da captura
99 do CO_2 pelo NaOH, descrita por Silva et al. (2007a). A atividade respiratória foi
100 mensurada a cada 48 h durante um período de quinze dias de incubação, quando a
101 respiração de todos os tratamentos se igualou. Em seguida à incubação do solo, o
102 mesmo foi homogeneizado e submetido à determinação de Carbono e Nitrogênio
103 microbiano. O quociente metabólico do solo foi obtido através da razão entre a
104 respiração e biomassa microbiana segundo metodologia descrita por (Silva et al., 2007
105 b,c).

106 A atividade da uréase, que é função da taxa de hidrólise da uréia, foi
107 determinada segundo a metodologia descrita por Mc Garity & Myers (1967),
108 incubando-se 2,0 g de solo seco, com 0,2 mL de tolueno, 2,0 mL de tampão fosfato 0,1
109 mol L^{-1} pH 6,7 e 1,0 mL de uréia 10 % (m/v) por três horas a 37 °C. Para cada
110 tratamento foi incubada uma amostra sem adição de uréia. Após o período de incubação
111 foi adicionado 1,0 ml de uréia às amostras que não haviam recebido. Aos extratos foram
112 adicionados 3 mL de água destilada, a solução resultante foi centrifugada à 10.000 x g
113 por 10 mim. No sobrenadante, o amônio resultante da hidrólise da uréia foi quantificado
114 por espectrofotometria a 630 nm. A atividade da urease foi expressa em $\mu\text{g g}^{-1} \text{ss de N -}$
115 NH_4^+ por 3 horas.

116 A atividade da desidrogenase foi determinada, utilizando-se de uma mistura
117 contendo 3,0 g de solo seco, 0,5 mL de uma solução de cloreto de 2,3,5-
118 tripheniltetrazolio (TTC 3%, m/v) e 0,03 g de carbonato de cálcio (CaCO_3). Após
119 incubação a 37 °C por 24 h foi determinado o trifenilformazam (TTF) formado pela
120 redução do TTC a TTF, mediante extração com metanol (Casida, 1977).

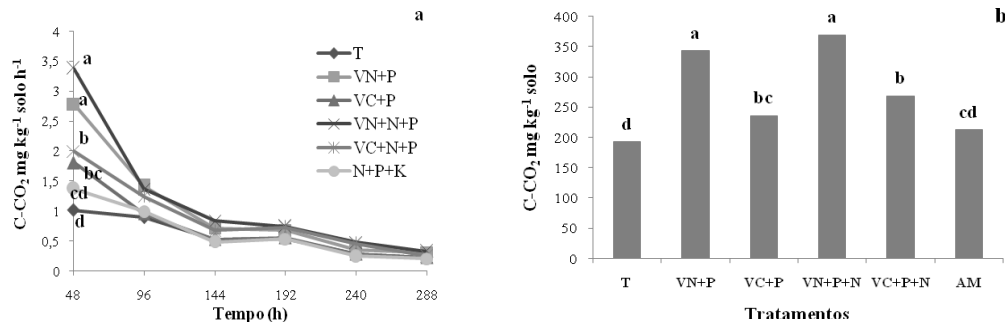
121

122

123

RESULTADO E DISCUSSÕES

124 Na figura 1 estão apresentados os valores médios para respiração microbiana do
125 solo durante o período incubação dos tratamentos. Observa-se que houve diferenças
126 entre os tratamentos para respiração. Os tratamentos que receberam vinhaça *in natura*
127 apresentaram maior liberação de CO_2 quando comparado com os demais. No entanto,
128 não houve diferença entre a vinhaça *in natura* adicionada de adubação com P, ou
129 adicionada de adubação com N e P, que apresentaram liberação de C- CO_2 de 342,95 e
130 369,10 mg kg^{-1} solo, respectivamente.



131

132 **Figura 1.** Liberação de C-CO₂ do solo incubado com os tratamentos: testemunha (T);
 133 vinhaça *in natura* adicionado de P (VN+P); concentrado de vinhaça biodigerida
 134 adicionado de P (VC+P); vinhaça *in natura* adicionado de N + P (VN+N+P);
 135 concentrado de vinhaça biodigerida adicionado de N + P (VC+N+P); e adubação
 136 mineral (N+P+K) (a) por hora de incubação; (b) acumulada em 12 dias.

137 Este resultado pode estar relacionado ao fato da vinhaça *in natura* ser rica em
 138 compostos oriundos da lise de células de leveduras e do mosto parcialmente fermentado
 139 (Gloria, 1980), constituindo-se material de fácil decomposição, fonte de energia
 140 prontamente disponível aos microrganismos do solo. Além disso, a vinhaça *in natura*
 141 apresenta elevada proporção de água elevando a umidade do solo, que favorece a
 142 atividade microbiana, o que foi refletido pelo aumento da respiração microbiana do solo
 143 quando adicionado vinhaça *in natura*. No entanto, a maior respiração total do solo com
 144 a vinhaça *in natura* só foi refletida nas primeiras 96 horas (Figura 1a). Posteriormente,
 145 os tratamentos mantiveram respiração semelhante ao concentrado de vinhaça
 146 biodigerida. Segundo, Lima (1980) a vinhaça provoca alterações imediatas nas
 147 características biológicas do solo, constatando aumentos na população microbiana pelo
 148 aumento da evolução do CO₂, em amostras de solo com adição de vinhaça e incubadas
 149 durante uma semana. Minhoni e Cerri (1987) estudando decomposição da vinhaça no
 150 solo observaram maior liberação de CO₂ se dar nos primeiros dias de incubação da
 151 vinhaça no solo, concordando com os resultados encontrados neste estudo.

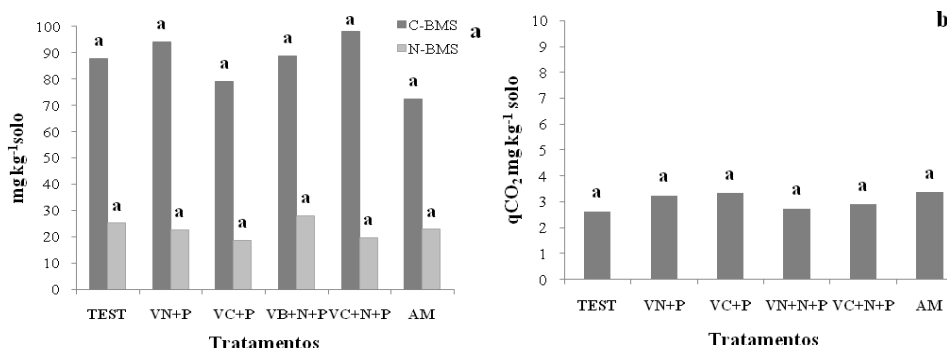
152 A menor respiração do solo com a aplicação do concentrado de vinhaça
 153 biodigerida quando comparado a vinhaça *in natura* pode estar relacionado com à sua
 154 baixa carga orgânica, resultado da biodigestão, processo pelo qual bactérias
 155 metanogênicas transformam substrato orgânico em biogás. No entanto, verifica-se que
 156 essa diferença entre as vinhaças só foi percebida nas primeiras 96 h de incubação,
 157 sugerindo que, com a aplicação da vinhaça *in natura* ao solo, haverá um rápido
 158 consumo de sua matéria orgânica, com liberação de CO₂ e outros gases como o metano
 159 para atmosfera o que significa perda de carbono do sistema solo (Rice et al., 1996), sem
 160 vantagens para o sistema agrícola quando comparado com o concentrado de vinhaça
 161 biodigerida. Isso é comprovado pelos teores de carbono da biomassa microbiana que
 162 não foram influenciados pela adição das vinhaças (figura 2a).

163 O concentrado de vinhaça biodigerida adicionado de adubação com P ou N e P
 164 embora tenha liberado concentrações de C- CO₂ inferior ao tratamento com vinhaça *in*
 165 *natura* foi superior a testemunha e a adubação mineral (Figura 1b), demonstrando efeito
 166 positivo na ativação da microbiota do solo. Pode se verificar ainda que a adição de
 167 nitrogênio nas vinhaças não contribuiu significativamente para aumento da respiração,
 168 possivelmente, porque a relação C/N da vinhaça (tabela 1) seja próxima da exigida

169 pelos microrganismos (Moreira e Siqueira, 2006), não refletindo na decomposição deste
170 resíduo no solo.

171 As concentrações de C-BMS variaram de 72 a 98 mg kg^{-1} de solo, entre os
172 tratamentos. Essas concentrações encontradas são baixas quando comparadas com
173 outros estudos em solos cultivados com cana em sistema cana crua por longo tempo
174 (Mendonza et al., 2000). A adição de carbono ao solo oriundo das vinhaças *in natura* e
175 concentrado de vinhaça biodigerida foi de 4,57 e 10,68 g dm^{-3} de vinhaça aplicada
176 respectivamente, isso representa 457 e 168 kg ha^{-1} de C, respectivamente. Todavia, estas
177 quantidades de carbono incorporado ao solo não contribuí significativamente como
178 incremento de carbono da biomassa, sugerindo que em todos os tratamentos esteja
179 ocorrendo perdas de carbono, pois população microbiana existente no solo necessita de
180 grande quantidade de carbono (energia) para sua manutenção, o que, pode ser
181 comprovado pelos valores elevados do quociente metabólico do solo em todos os
182 tratamentos (figura 2b). Segundo Minhoni & Cerri (1987) menos de um terço do
183 carbono oriundo da decomposição da vinhaça no solo é imobilizado pela biomassa
184 microbiana, sendo a maior parte evoluído como CO_2 , o que pode ter acontecido neste
185 estudo. Para o N-BMS não foi observado efeitos significativos ($p > 0,05$) das vinhaças,
186 mesmo nos tratamentos com adição de nitrogênio.

187
188
189
190

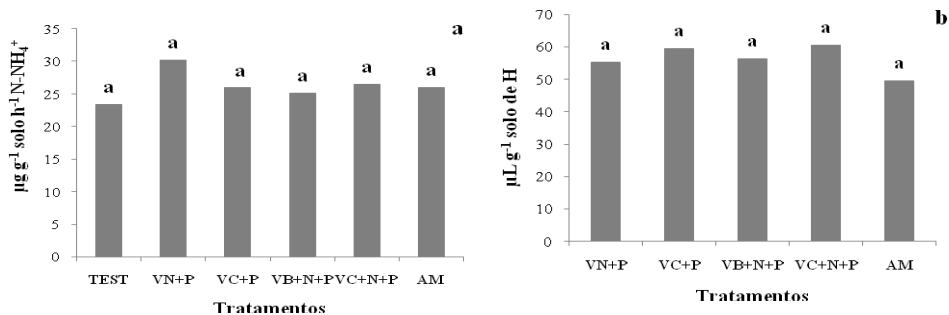


191

192 **Figura 2** – Efeito de diferentes tratamentos: testemunha (TEST); vinhaça *in natura*
193 adicionado de P (VN+P); concentrado de vinhaça biodigerida adicionado de P (VC+P);
194 vinhaça *in natura* adicionado de N + P (VN+N+P); concentrado de vinhaça biodigerida
195 adicionado de N + P (VC+N+P); e adubação mineral (AM) nos teores de (a) Carbono
196 (C-BMS) e Nitrogênio (N-BMS) da biomassa microbiana do solo; (b) Quociente
197 metabólico do solo.

198 Os valores médios para quociente metabólico variaram de 2,63 a 3,38 mg kg^{-1}
199 solo C- CO_2 , não apresentando diferenças entre os tratamentos. O quociente metabólico
200 ($q\text{CO}_2$) é considerado como a taxa de respiração específica da biomassa microbiana
201 (Anderson & Domsch 1993) e maiores valores são encontrados em condições adversas
202 à população microbiana, onde os microrganismos gastam mais energia (C) para a sua
203 manutenção. Isso pode ocorrer em sistemas que receberam adição recente de substrato
204 (Grisi 1996), como foi o caso desse estudo.

205 A atividade das enzimas uréase e desidrogenase estão apresentadas na figura 3.
 206 Observa-se que não houve efeito das vinhaças na atividade dessas enzimas. A atividade
 207 da uréase variou de 23,41 no solo testemunha a 30,21 $\mu\text{g g}^{-1}$ solo h^{-1} de N-NH_4^+ (Figura
 208 3a) no solo que recebeu vinhaça *in natura* adicionado de P; e atividade da desidrogenase
 209 variou de 48,64 no tratamento testemunha a 60,56 $\mu\text{L g}^{-1}$ ss de H (Figura 3b), no solo
 210 que recebeu concentrado de vinhaça biodigerido adicionado de N e P. A atividade da
 211 uréase foi bastante elevada quando comparada com as encontradas por Longo (1994)
 212 também em um latossolo cultivado com cana-de-açúcar e que recebeu vinhaça *in natura*
 213 e biodigerida (5,5 e 5,0 $\text{mg dm}^{-3} \text{h}^{-1} \text{N NH}_4^+$ respectivamente).



214
 215
 216 **Figura 3** – Atividade enzimática do solo (a) urease; (b) desidrogenase, após incubação
 217 com diferentes tratamentos: testemunha (TEST); vinhaça *in natura* adicionado de P
 218 (VN+P); concentrado de vinhaça biodigerida adicionado de P (VC+P); vinhaça *in*
 219 *natura* adicionado de N + P (VN+N+P); concentrado de vinhaça biodigerida adicionado
 220 de N + P (VC+N+P); e adubação mineral (AM)

221
 222 Esses resultados evidenciam que as vinhaças não influenciaram a atividade
 223 destas enzimas. Segundo Klose & Tabatabai (2000) a atividade da urease estar
 224 diretamente relacionada com o teor e a qualidade da matéria orgânica do solo, como o
 225 solo utilizado nesse estudo foi proveniente de uma área cultivada com cana-de-açúcar
 226 no sistema cana crua por mais de 10 anos é possível que a comunidade microbiana
 227 presente já estivesse bem estabelecida pelo contínuo aporte de resíduo da colheita da
 228 cana e a contribuição da vinhaça não seja tão expressiva para induzir o aumento da
 229 atividade dessa enzima.

230
 231
 232
 233
 234
 235

CONCLUSÕES

236 A vinhaça *in natura* proporcionou maior respiração do solo quando comparada
 237 ao concentrado de vinhaça biodigerida.

238 As vinhaças não influenciaram os teores de C-BMS, N-BMS e atividade da
 239 uréase e desidrogenase.

240
 241

BIBLIOGRAFIA

242 AGRIANUAL 2011: **Anuário da agricultura brasileira**. Cana. FNP CONSULTORIA
 243 & COMÉRCIO. São Paulo: ed. Argos Comunicação, p. 214-244, 2011.

- 244 ANDERSON, T. H. & DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a
245 specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such
246 as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, 25:393- 395,
247 1993.
- 248 BRITO, F. L.; ROLIM, M.M. Comportamento do efluente e do solo fertirrigado com
249 vinhaça. **Agropecuária Técnica**, v.26, n.1, p.60-67, 2005.
- 250 CAMARGO, O. A.; BERTON, R. S.; GERALDI, R. N. & VALADARES, J. M. A. S.
251 Alterações de características químicas em um Latossolo Roxo distrófico incubado
252 com resíduo de indústria de álcool açucareira. **Bragantia**, 43:125- 139, 1984.
- 253 CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G.
254 P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades
255 químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do
256 palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciências do**
257 **Solo**, 27:935-944, 2003.
- 258 CASSIDA, Jr. L.E. Microbial matabolic activity in soil as measured by dehydrogenase
259 determinations. **Appl. Environ. Microbiol.** v. 34, p. 630-636, 1977.
- 260 FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: ed.
261 Agropecuária, 203 p. 2000.
- 262 GRISI, B.M. Participação da microbiota na ciclagem de nutrientes. In: CONGRESSO
263 LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996. Águas de Lindóia.
264 Anais.... Campinas: ESALQ / SLCS / SBCS, 1996. CD-ROM.
- 265 GLÓRIA, N. A. Utilização da vinhaça. **Brasil Açucareiro**, Rio de janeiro, 86(5):11-7,
266 1980.
- 267 KLOSE, S.; TABATABAI, M. A. Urease activity of microbial biomass in soils as
268 effected by cropping systems. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.31, n.3-4,
269 p.191-199, 2000.
- 270 LAMONICA. H. M. Potencial de geração de excedentes de energia elétrica com o
271 biogás produzido a partir da biodigestão da vinhaça na indústria sucro-alcooleira
272 brasileira. In: **Encontro de Energia no Meio Rural**, 2006. Disponível em:
273 <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v2/097.pdf>.
- 274 LIMA, I.T. **Efeitos da aplicação da vinhaça sobre a microflora do solo**. Rio de
275 Janeiro, UFRRJ, Tese (Mestrado), 150p. 1980.
- 276 LONGO, M. R. **Efeito da vinhaça in natura e biodigerida em propriedades de um**
277 **solo cultivado com cana-de-açúcar**. 98p. Dissertação (Mestrado). Universidade
278 Estadual de Campinas- Faculdade de Engenharia Agrícola, 1994.
- 279 MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed.
280 Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
- 281 McGARITY, J. W.; MYERD, M. G. A survey of urease activity in soils of Northern
282 New South wales. **Plant Soil**, v. 27, n. 2, p. 217-238, 1967.
- 283 MENDONZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H.C.; SILVA, L. A.; CEDDIA, M. B.;
284 ANTUNES, M. V. M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro
285 cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira**
286 **Ciências do Solo**, 24:201-207, 2000
- 287 MINHONI, M.T.A. & CERRI, C.C. Decomposição de Vinhaça em solo sob diferentes
288 níveis de umidade: Liberação de CO₂, formação de biomassa microbiana e
289 Imobilização do nitrogênio adicionado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**.
290 Rio de Janeiro, 11:25-30, 1987.

- 291 RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C.
292 **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2. ed.
293 Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC (Boletim Técnico 100), p.237-
294 239,1997.
- 295 RICE, C. W.; MOORMAN, T.B.; BEARE,M. Role of microbial biomass carbon and
296 nitrogen in soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for**
297 **assessing soil quality.** Madison: soil Science Society of America, p. 203-216,
298 1996. (Special Publication, 49).
- 299 SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal
300 (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂). Seropédica: Embrapa
301 Agrobiologia, 2007a. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. **Comunicado Técnico 99**).
- 302 SILVA E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação do nitrogênio da
303 biomassa microbiana do solo (BMS-N). Seropédica: Embrapa Agrobiologia,
304 2007b. 6p. (Embrapa Agrobiologia. **Comunicado Técnico**, 96).
- 305 SILVA E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação do carbono da
306 biomassa microbiana do solo (BMS-C). Seropédica: Embrapa Agrobiologia,
307 2007c. 6p. (Embrapa Agrobiologia. **Comunicado Técnico**, 98).
- 308 WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; HERMANN, E. R. Propriedades químicas do
309 solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de
310 colheita, calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). **Semina: Ciências**
311 **Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 93-100, 2004.