

2

3

4

5

6

7

8

9 **Desenvolvimento de um sistema de reciclagem de gases e nutrientes aplicado a**
10 **bovinocultura de corte sustentável**

11

12

13

14

15

16

17

18 Pesquisador responsável: Prof. PhD. Dante Pazzanese D. Lanna*

19 Equipe: Prof. PhD. Carlos Clemente Cerri[†], MSc. Ciniro Costa Junior[†], PhD. Tiago Zanett

20 Albertini*, PhD. Michele Lopes do Nascimento*, PhD. Paulo Roberto Leme[‡], PhD. Eduardo

21 Francisquine Delgado[§], MSc. Marcelo Aranda da Silva Coutinho[§], PhD. Luis Fernando Sanglade

22 Marchiori[#], MSc. Maria Antônia Ladalardo Etchegaray*, Daniel Messias Ribeiro*, Danilo Catini

23

Lanzi*

24

25

26

27 *Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal, Departamento de Zootecnia, Escola Superior
28 de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba;

29 [†]Laboratório de Biogeoquímica, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, Piracicaba;

30 [‡]Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga; [§]Laboratório de

31 Anatomia e Fisiologia Animal, ESALQ, USP; [#]Serviços de Estações Experimentais – Fazenda

32

Areão, Diretoria Técnica, ESALQ, USP, Piracicaba.

33

34

35

Piracicaba - SP

36

Junho - 2013

1

2

37 **Desenvolvimento de um sistema de reciclagem de gases e nutrientes aplicado a**
38 **bovinocultura de corte sustentável**

39
40
41 **1. RESUMO**
42

43 O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, representando o maior
44 setor da agropecuária em valor bruto da produção. Melhorar a eficiência produtiva deste setor
45 traz enormes benefícios econômicos e ambientais. Esta melhoria pode ocorrer pela identificação
46 de animais mais eficientes na conversão de alimento levando a uma redução de esterco/kg de
47 carcaça produzida principalmente em confinamentos. O número de animais confinados
48 aumentou quatro vezes nas últimas duas décadas no Brasil e a grande concentração de animais
49 pode resultar no acúmulo de dejetos (fezes e urina), gases (metano - CH₄, dióxido de carbono -
50 CO₂ e óxido nitroso - N₂O) e a eutrofização de corpos de água. Práticas sustentáveis de manejo,
51 tratamento e reciclagem dos nutrientes nos dejetos são pouco utilizadas pelos confinadores. O
52 motivo que levam à baixa adoção destas técnicas é a falta de informação do manejo dos dejetos.
53 Neste sentido, este projeto visa acoplar um biodigestor ao Centro de Estudos de Nutrigenômica
54 (CEN) que está sendo estruturado com o apoio da FAPESP (processo: 12/03296-5), CNPq
55 (processos: 483507/2012-1 e 486065/2012-0) e ESALQ/USP (processo: 03.1.732.11.1). O fluxo
56 de nutrientes (N, P e K) e gases (CH₄, CO₂, N₂O) será avaliado desde sua produção, passando
57 pelo tratamento até a sua aplicação. No processo de biodigestão serão formados dois produtos:
58 biogás e biofertilizante. O biogás será quantificado, analisado e queimado. O biofertilizante será
59 aplicado nas áreas de produção de milho (grão e silagem) consorciado com *Brachiara* spp. O
60 milho será utilizado na dieta consumida pelos animais do próprio CEN permitindo a reciclagem
61 dos nutrientes e gases do sistema gerando informação técnica para estimular a adoção de práticas
62 sustentáveis por acadêmicos e produtores.

65 2. INTRODUÇÃO

66 O Brasil detém o maior rebanho comercial de bovinos (197 milhões de animais) e a
67 segunda maior produção de carne do mundo (9,3 milhões toneladas métricas de equivalente
68 carcaça; USDA, 2013). A bovinocultura representa o maior valor bruto da produção
69 agropecuária nacional com um faturamento total de R\$ 55 bilhões em 2012, e com previsão de
70 aumento de 6% neste valor em 2013 (CNA, 2013). Desde 2004, o Brasil vem se consolidando
71 como o maior exportador mundial de carne e atualmente exporta para mais de 180 países
72 (MAPA, 2013a). Em 2012 país bateu recorde histórico das suas exportações com um montante
73 próximo US\$ 5,8 bilhões (ABIEC, 2013a). Além disso, as exportações brasileiras de carne
74 bovina poderão representar 60% do comércio mundial de carnes em 2018/2019 (MAPA, 2013b).

75 Contudo, é altamente desafiador para o Brasil manter a atual produção de carne e
76 expandi-la a uma taxa de 2,1% ao ano (MAPA, 2012), para atender a demanda interna e
77 aproximadamente metade da demanda mundial nas próximas décadas (FIESP, 2012). Desafiador
78 porque em 2008 foi lançado o Plano Nacional sobre Mudança do Clima no país, que determina
79 uma redução de desmatamento de 70% até 2017 (MCT, 2011). Além disso, verifica-se redução
80 das áreas destinadas às pastagens nos principais estados produtores, como resultado da alocação
81 destas áreas para outras culturas (ACRIMAT, 2013). Ademais, em 2010 o MAPA instituiu o
82 Programa de Redução de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC), que conta com
83 um aporte de mais de R\$ 3,3 bilhões para financiar e estimular a produção de alimentos e energia
84 com foco na redução das emissões de gases relacionados ao efeito estufa (MAPA, 2013c).
85 Segundo o Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES, 2013) atualmente o Programa ABC
86 passa a fomentar a implantação, manutenção e o melhoramento de sistemas de tratamento de
87 dejetos (fezes e urina) e resíduos oriundos da produção animal.

88 O incentivo governamental (e.g., Programa ABC) é um forte estimulador da melhoria
89 técnica dos produtores, no entanto, tal estímulo deve simultaneamente contar com a colaboração
90 das Universidades e Centro de Pesquisas. Esta colaboração deve ocorrer com a geração de
91 pesquisa de alto nível, publicações e recomendações técnicas da comunidade acadêmica que
92 ajudem o produtor rural utilizar de forma ótima os recursos. A utilização otimizada dos recursos
93 pode minimizar o impacto dos resíduos ou poluentes (resultante do processo de produção animal
94 e das culturas) no ambiente, gerando renda, principalmente quando a geração de resíduos se
95 refere a sistemas mais intensivos, como os confinamentos.

96 Em função do aumento da demanda interna e externa de carne, o número de animais
97 confinados aumentou aproximadamente quatro vezes nas últimas duas décadas (de 0,8 para ~ 3
98 milhões de bovinos; ANUALPEC, 2012; Millen et al., 2011). A grande concentração de animais
99 pode resultar no acúmulo de dejetos, nutrientes e gases que contribuem para o efeito estufa (CH₄,

100 CO₂ e N₂O) e a eutrofização de corpos de água (Chadwick et al., 2011; Mathot et al., 2012) caso
101 nenhuma prática sustentável seja adotada.

102 É válido mencionar que o CH₄ e N₂O emitidos a partir dos dejetos de bovinos manejados
103 sobre pastagens ou confinamento devem ser computados em modelos matemáticos. Contudo, a
104 estimativa da emissão dos gases do efeito estufa (GEE) proveniente dos dejetos de bovinos é
105 complexa, devido à variabilidade decorrente de fatores como condições climáticas,
106 microbiológicas do ambiente, dieta e manejo (Kebreab et al., 2006). Assim, a metodologia “Tier
107 2” do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) tem sido amplamente
108 utilizada na predição dos fatores de conversão do CH₄ e N₂O provenientes dos sólidos voláteis
109 dos dejetos. De acordo com Wagner-Riddle et al. (2008), a desvantagem dessa abordagem é que
110 práticas de mitigação podem não ser detectadas pelas equações do IPCC (e.g. mudanças na dieta
111 do animal e por conseguinte no conteúdo de sólidos voláteis podem não afetar as emissões de
112 CH₄). Consequentemente, ajustes na avaliação do fluxo de GEE e dos fatores de conversão (i.e.,
113 produção de gás a partir de um substrato) a partir dos dejetos e de seu manejo, bem como a
114 modelagem dinâmica para as condições brasileiras, são fundamentais e prioritárias (Barioni et
115 al., 2011).

116

117 **3. JUSTIFICATIVA**

118 O aumento da produção da carne no país não será mais possível pela abertura de novas
119 áreas, e sim, pela melhoria na eficiência técnica no contexto energético, ambiental e,
120 principalmente, econômico nas fazendas de terminação de bovinos de corte.

121 O atual projeto será desenvolvido para superar este paradigma integrando ao Centro de
122 Estudos de Nutrigenômica (CEN) a um biodigestor anaeróbio na Fazenda Areão, pertencente a
123 ESALQ/USP. O CEN está sendo estruturado com o apoio da FAPESP (processo: 12/03296-5),
124 CNPq (processos: 483507/2012-1 e 486065/2012-0) e ESALQ/USP (processo: 03.1.732.11.1). A
125 atual proposta visa fortalecer o CEN quanto ao fomento associado ao desenvolvimento de um
126 sistema de reciclagem de gases e nutrientes sustentável, por meio do acoplamento de um
127 biodigestor.

128 O CEN terá dois objetivos. O primeiro é obter dados de crescimento, qualidade de
129 carcaça e carne de bovinos de corte para desenvolver um software que otimize o ponto ótimo de
130 abate dos animais. Tradicionalmente o critério de abate dos bovinos é definido por um período
131 fixo, pelo escore visual, peso e mais recentemente pelo grau de acabamento avaliado por ultra-
132 som. Contudo, nenhum destes métodos monitora diariamente os animais da fase de engorda,
133 tampouco utilizam métodos que maximizem a rentabilidade do produtor pela seleção de grupo
134 indivíduos mais lucrativos. Além disso, abater os animais no seu ponto ótimo econômico traz

135 benefícios indiretos significativos quanto às estratégias de intensificação e uso sustentável dos
136 recursos naturais. Do ponto de vista da intensificação, abater animais no ponto ótimo significa
137 remover do sistema animais mais rapidamente, permitindo a entrada de novos animais,
138 aumentando a taxa de desfrute do estabelecimento. Já quanto aos recursos naturais, remover
139 animais de forma antecipada significa dizer que os mesmos poderão apresentar uma menor
140 concentração de gordura na composição do ganho, melhorando a eficiência de conversão de
141 alimento em carne e consecutivamente reduzindo a quantidade de esterco ou CH₄/kg de carcaça
142 produzida.

143 O segundo objetivo do CEN e o principal foco da atual proposta será acoplar ao
144 confinamento do CEN um biodigestor anaeróbio no sentido de avaliar o fluxo de nutrientes (N, P
145 e K) e gases (CH₄, CO₂, N₂O) desde sua produção, passando pelo tratamento até a sua aplicação
146 nas áreas de produção de milho (consorciado com *Brachiaria* spp). O milho será utilizado na
147 dieta consumida pelos animais do próprio CEN permitindo a reciclagem dos nutrientes e gases
148 do sistema gerando informação técnica para estimular a adoção de práticas sustentáveis por
149 acadêmicos e produtores. Ademais, a avaliação do fluxos dos GEE e dos fatores de conversão
150 resultantes não só no confinamento, mas também nas áreas de produção de milho, poderão ser
151 utilizadas para modelagem de dados a serem incorporados em inventários ou estudos de balanço
152 de GEE. Como destacado na extensa revisão de literatura de Barioni et al. (2011) a modelagem
153 dos fluxos no Brasil é prioritária e extremamente carente de informação.

154 Segundo Petersen et al. (2007) para desenvolver e adotar práticas mais sustentáveis o
155 manejo dos dejetos (desde a sua geração até a sua aplicação) deve ser estudado. Até pouco
156 tempo, não havia informação sobre como os dejetos provenientes de bovinos de corte eram
157 manejados no Brasil, o que estimulou Costa Junior et al. (2013) realizarem este primeiro estudo.
158 Os autores entrevistaram 73 confinamentos espalhados em 7 estados brasileiros que abateram em
159 2010 aproximadamente 831 mil bovinos. O estudo demonstrou que penas 8 e 1% dos
160 confinamentos utilizam o processo de compostagem e biodigestão anaeróbica a partir dos
161 dejetos, respectivamente. De uma forma geral, as práticas sustentáveis de manejo, tratamento e
162 reciclagem dos nutrientes são pouco utilizadas pelos confinadores. Isto ocorre em função do
163 baixo estímulo financeiro e da falta de informação das práticas de manejo destes dejetos, de
164 acordo com 88% dos confinamentos entrevistados. Como comentado anteriormente o Programa
165 ABC fornecerá o atual suporte financeiro, assumindo que os produtores poderão ser amplamente
166 fomentados por este Programa, a pesquisa quanto às informações para criar recomendações
167 técnicas consistentes sobre tratamentos dos dejetos passarão a ser prioritárias para a comunidade
168 de formadores de opinião (comunidade acadêmica) e, por conseguinte, para os próprios
169 produtores rurais.

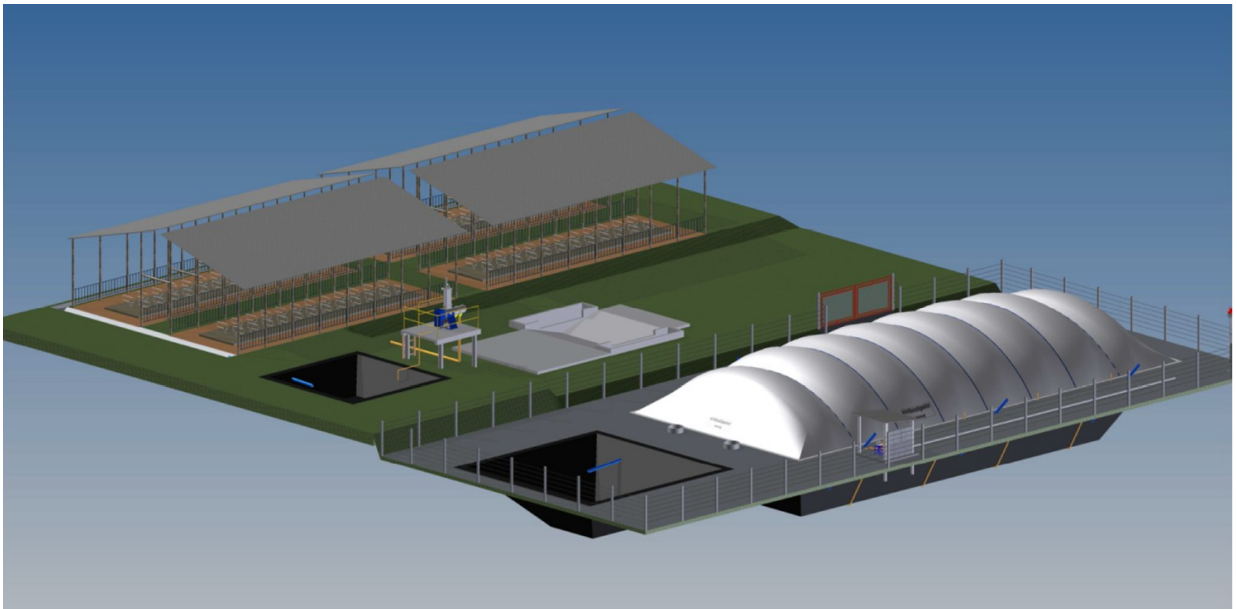
170 Portanto, o projeto contribuirá diretamente para o Programa de Gestão ambiental da USP
171 quanto aos seguintes itens: i) desenvolver um sistema de reciclagem de gases e nutrientes
172 aplicado a bovinocultura de corte sustentável, por meio do acoplamento de um biodigestor
173 anaeróbio a um confinamento experimental de alta tecnologia representado aqui pelo Centro de
174 Estudos de Nutrigenômica; ii) criar práticas sustentáveis de manejo, tratamento e reciclagem dos
175 nutrientes e GEE estimulando o desenvolvimento de pesquisa pela comunidade acadêmica com
176 publicações que poderão apresentar soluções de práticas do manejo de dejetos para produtores
177 rurais; iii) pelo projeto se adequar diretamente às diretrizes V, VIII, XII, XIII, XIV e XV do
178 referido Programa; iv) por estar integrando 3 laboratórios, 3 departamentos e 3 unidades da USP;
179 v) por estar integrando 1 aluno de graduação (Danilo C. Lanzi), 4 alunos pós-graduação (pós-
180 doutorando Tiago Z. Albertini, pós-doutoranda Michele L. Nascimento, doutorando Ciniro C.
181 Junior, doutorando Marcelo A. S. Coutinho) e 7 funcionários da USP (Prof. Dante Pazzanese
182 Lanna, Prof. Carlos C. Cerri, Prof. Paulo R. Leme, Prof. Eduardo F. Delgado, PhD. Diretor
183 Técnico Fazenda Areão Luis F. S. Marchiori, Responsável Técnica MSc. Maria Antônia L.
184 Etchegaray e Técnico de Laboratório Daniel M. Ribeiro); e vi) por utilizar o biofertilizante nas
185 áreas de produção de milho ao invés de adubo sintético, reduzindo um custo para a USP e
186 criando um sistema de reciclagem de nutrientes de forma sustentável gerando resultados por
187 meio de pesquisa e recomendações técnicas aos envolvidos.

188

189 **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

190 *Estrutura: biodigestor e confinamento.* O biodigestor com capacidade de 150 m³ (Figura
191 1) será acoplado ao confinamento (Figura 2) do Centro de Estudos de Nutrigenômica (CEN) na
192 Fazenda Areão da ESALQ/USP. O confinamento será dividido em 4 baias, com capacidade de
193 confinar em cada baia até 25 animais jovens, e portanto, apresentando capacidade total de 100
194 animais.

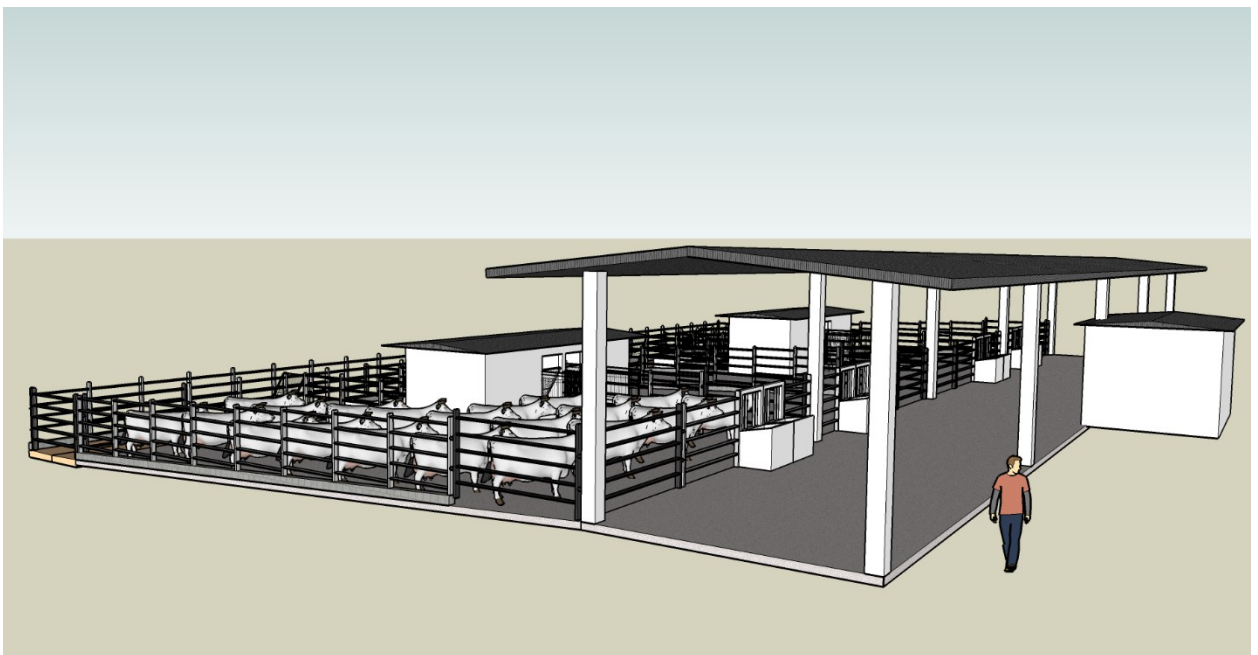
195



196

197 **Figura 1.** Layout esquemático do biodigestor que será acoplado ao confinamento. O biodigestor
 198 terá capacidade de armazenamento de 150 m³. Imagem, cortesia: Sansuy®.

199



200

201 **Figura 2.** Projeto 3D do Confinamento do Centro de Estudos de Nutrigenômica. O confinamento
 202 terá capacidade para confinar até 100 bovinos jovens simultaneamente.

203

204 *Animais e dieta.* Duzentos garrotes Nelore, inteiros, provenientes de rebanho homogêneo serão
 205 confinados quando atingirem o peso inicial de 350 kg. Os abates serão em série, em grupos de 5 animais e
 206 em intervalos de 7 a 28 dias até que os últimos animais alcancem 600 kg (Tabela 1).

207

208 **Tabela 1.** Esquema de abate dos animais

Variável	Valor
----------	-------

13

14

Ponto de abate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Confinamento, dias	-90	0	7	14	21	28	42	56	84	91	98	105	112	126	140	168	196
Intervalo de abate ¹	início pasto	início conf.	7	7	7	7	14	14	28	7	7	7	7	14	14	28	28
Peso estimado ² , kg	300	350	360	369	378	388	405	423	458	467	476	485	494	512	530	565	600
N° animais no abate																	
1° ano do conf.	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2° ano do conf.	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Parcelas perdida ³	10																
N° total de animais	200																

209 conf.: confinamento

210 ¹Referente ao abate anterior, em dias.

211 ²Desempenho estimado dinamicamente (utilizando o Embrapa Invernada 1.0, Barioni et al., 2011) a partir de uma dieta com 2,98 Mcal/kg MS e 9,55% PDR (utilizando o RLM 3.2, Lanna et al., 2011).

212 ³Serão consideradas dez unidades experimentais como parcela perdida durante a fase de planejamento pré-confinamento, por
213 segurança e que não serão abatidas.
214

215

216 A dieta terá alta concentração energética, padrão nos confinamentos comerciais Brasileiros
217 (Millen et al, 2009; Tabela 2). A dieta será misturada com equipamento de alta precisão na
218 pesagem e homogeneização dos ingredientes (Data Ranger[®]), além de possibilitar a divisão da
219 ração entre 3 a 4 tratos/dia, mimetizando o manejo de oferta de alimento dos confinamentos
220 comerciais brasileiros segundo Millen et al. (2009).

221

222 **Tabela 2.** Composição da dieta experimental (em base de MS)

Variável ¹	Valor
Ingrediente, % da MS	
Silagem de milho	19,73
Milho grão seco	58,53
Casca de soja	7,35
Caroço de algodão	7,00
Farelo de soja	5,00
Calcário	1,00
Premix mineral ²	0,50
Uréia pecuária	0,88
Composição química	
Nutrientes digestíveis totais,	79,50
Energia metabolizável, Mcal/kg MS	2,98
Proteína bruta, % MS	14,80
Proteína degradável no rúmen, % MS	9,55
FDNfe, ³ % MS	15,35

223 ¹Dieta otimizada utilizando o software RLM 3.2 (RLM, 2011). ²15,14% Na; 10,56% Ca; 8,92% P; 1,07% Mg;

224 6,08% S; 6691,10 ppm Zn, 2829,80 ppm Fe; 1153 ppm Cu; 797,05 ppm Mn; 90,20 ppm I; 31,50 ppm S; 24,00 ppm

225 Co. ³Fibra em detergente neutro fisicamente efetivo.

226

Dejetos e manejo. Estima-se que a produção máxima de dejetos seja em torno de 1 t/d caindo ao longo do esquema de abate dos animais (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativa da produção fecal ao longo do confinamento ao longo de cada ano do confinamento.

Variável	Valor																
Consumo/Peso vivo, %	2,28																
Nutrientes digestíveis totais, %	79,5																
Matéria seca fecal, %	15,0																
Período de confinamento, d	-90	0	7	14	21	28	42	56	84	91	98	105	112	126	140	168	
Ingestão de matéria seca, kg/d	6,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,2	9,6	10,4	10,6	10,9	11,1	11,3	11,7	12,1	12,9	
Produção fecal/animal, kg MS		1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	
Produção fecal/animal, kg MS		10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,6	13,2	14,3	14,6	14,8	15,1	15,4	16,0	16,5	17,6	
Produção fecal lote, kg MO		872	841	805	766	725	694	659	642	582	519	453	385	319	248	176	

Figura 3. Estimativa da produção fecal dos animais ao longo de cada ano do confinamento.

234 Os dejetos de cada baía serão lavados semanalmente utilizando uma bomba de aspersão
235 que irá manter a relação 4:1 (dejeito:água). A mistura (dejeito + água) será conduzida para o
236 biodigestor por declividade. O processo final de biodigestão anaeróbia será finalizado dentro do
237 intervalo de aproximadamente 30 dias, contudo, este processo é dinâmico, de forma que o
238 biofertilizante produzido será acondicionado em um tanque para ser sequencialmente distribuído
239 nas áreas de produção de milho. O volume do biogás formado será quantificado, amostrado e
240 queimado, evitando sua emissão para a atmosfera.

241 *Análises químicas.* Serão realizadas amostragens dos dejetos nas baias (n = 6 ao longo do
242 confinamento) entre as lavagens semanais das mesmas. O biofertilizante também será amostrado
243 e analisado ao longo do confinamento (n = 6). As amostras serão coletadas, identificadas e
244 congeladas (- 12°C) para posterior análises.

245 Para a determinação do teor de sólidos, cada amostra será colocada em recipiente de
246 alumínio com tara previamente conhecida e pesada para obtenção do peso úmido (Pu) em
247 balança com resolução de 0,001 g. Depois de secas em estufa com circulação forçada de ar, à
248 temperatura de aproximadamente 105°C até atingir peso constante. Em seguida, após atingir
249 temperatura ambiente, as amostras serão pesadas para a determinação do peso seco (Ps).

250 Os teores de sólidos em porcentagem serão determinados por meio da seguinte equação:

251

$$252 \quad ST = 100 - U$$

$$253 \quad U = (Pu - Ps) \times 100 / Pu$$

254

255 Sendo: ST = teor de sólidos totais, em %; U = teor de umidade da amostra, em %; Pu = peso
256 úmido da amostra, em g; Ps = peso seco da amostra, em g.

257

258 O teor de sólidos voláteis será determinado a partir do material seco na estufa, que servirá
259 para determinação do teor de sólidos totais. As amostras serão colocadas em cadinhos de
260 porcelanas, com tara (T) previamente conhecidas e pesadas para determinação do peso inicial
261 (Pi) em balança de resolução de 0,001g. Esses cadinhos serão levados à mufla e mantidos à
262 temperatura de 575°C por duas horas para queima inicial. Após isso, a mesma será parcialmente
263 aberta para ocorrer o resfriamento até a temperatura ambiente. Então, os cadinhos serão pesados
264 em balança analítica para determinação do peso final (Pf). Sequencialmente será obtido peso das
265 cinzas ou matéria mineral necessária para obtenção de sólidos voláteis, que se dá pela seguinte
266 fórmula:

267

$$268 \quad SV = ST - \text{cinzas}$$

269 Cinzas = $\{(1 - P_u - P_m) * 100\} / P_u$

270

271 Onde, SV= teor de sólidos voláteis, em %; Pm = peso obtido após queima na mufla, em g; Pu =
272 peso úmido da amostra, em g.

273

274 O potencial hidrogeniônico (pH), será determinado através do medidor de pH digital
275 “Digimed (DMPH – 2)”. A determinação do pH da amostra será realizada a partir do material
276 imediatamente coletado, conservando sua umidade natural.

277 As análises de macro e micronutrientes serão realizadas em amostras de dejetos através
278 da digestão das mesmas utilizando-se o digestor Digesdahl Hach, que promove a digestão total
279 da matéria orgânica à base de ácido sulfúrico (H₂SO₄), com posterior adição de 10 ml de
280 peróxido de hidrogênio (H₂O₂) até 440°C, obtendo-se um líquido translúcido, ou um extrato.
281 Com esse extrato serão determinados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio,
282 cobre, manganês, zinco, sódio (Bataglia et al., 1983)

283 Para a determinação de nitrogênio será utilizado o destilador micro Kjeldahl, cujo
284 princípio baseia-se na transformação do nitrogênio amoniacal ((NH₄)₂SO₄) em amônia (NH₃), a
285 qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com H₂SO₄ até nova formação de
286 (NH₄)₂SO₄, na presença do indicador ácido/base, conforme metodologia descrita por Silva
287 (1981).

288 Os teores de fósforo (P) serão determinados pelo método colorimétrico utilizando-se
289 espectrofotômetro HACH modelo DR – 2000. Esse método baseia-se na formação de um
290 composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 mol L⁻¹, onde a
291 cor desenvolvida será medida em espectrofotômetro, determinando-se assim a concentração de
292 fósforo das amostras, através da utilização de uma curva padrão traçada previamente a partir de
293 concentrações conhecidas, entre 0 e 52 µg mL⁻¹ de P. Os padrões são preparados conforme
294 metodologia descrita por Malavolta (1991).

295 Os demais minerais serão quantificados por absorção atômica, sendo realizada por meio
296 de um equipamento de absorção atômica modelo GBC 932 AA acoplado a um computador
297 contendo o software GBC AA. Nele, as amostras digeridas são comparadas com padrões
298 segundo o elemento que se esteja analisando.

299 *Caracterização da área de produção de milho.* O experimento será localizado na
300 Fazenda Experimental Areão, localizada no campus da Escola Superior de Agricultura “Luis de
301 Queiroz”, Piracicaba - SP. O clima é do tipo Cwa (Köppen-Geiger) - Tropical mesotérmico de
302 verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (maio a setembro). A precipitação
303 pluviométrica média anual é de 1.388 mm. A média anual de temperatura é de 23°C (7 e 30°C).

304 O solo foi classificado como argissolo vermelho distrófico latossólico e nitossolo vermelho
305 distrófico latossólico, sendo a vegetação original predominantemente classificada como de
306 contato entre o bioma Atlântico e Cerrado localizada na Depressa Periférica Paulista com
307 desníveis entre 200-300 metros cujos litotipos dominantes são arenitos e basaltos. Possui
308 altimetria variando entre 500 e 650 m segundo critérios de Ross & Moroz (1997).

309 A área de instalação do experimento possui o histórico de cultivo de cana de açúcar
310 (*Saccharum* spp., até 2005). Entre 2005 até 2012 a área foi cultivada em plantio direto
311 (semeadura direta) com milho (*Zea mays* spp.) com adubação mineral recomendada em função
312 da análise química do solo e exigência nutricional da cultura. Algumas características físico-
313 químicas da camada 0-20 cm de solos são: argila 10,8%, silte 10,2%, areia 79,0%, 10 mg/kg P,
314 0,08 cmol_c/kg K, 2,38 cmol_c/kg Ca, 0,80 cmol_c/kg Mg, 0,12 cmol_c/kg Al, 1,6 cmol_c/kg H+Al,
315 3,26 cmol_c/kg S, 4,86 cmol_c/kg CTC, 67% V.

316 A área total de produção do milho durante o experimento será de até 15 ha para atender a
317 demanda experimental anual, que é de aproximadamente 50 t de milho na forma de silagem de
318 planta inteira e 50 t de milho grão. O plantio do milho será realizado na safra e entressafra,
319 maximizando a ocupação da área. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu será semeada em torno
320 de 14 dias após a semeadura de milho. A adubação de plantio utilizada será de 100 kg de
321 P₂O₅/ha, 120 kg N/ha e 110 kg K₂O/ha, e ainda aplicação de adubo potássico (20 kg K₂O/ha) por
322 cobertura. A adubação nitrogenada será baseada na aplicação do biofertilizante antes do plantio e
323 em cobertura, em função da disponibilidade do biofertilizante. Por volta de 30 dias após a
324 colheita do milho a braquiária será dessecada para o plantio da cultura subsequente sobre a
325 “palhada” remanescente.

326 *Amostragens dos gases: geral.* Amostras do biogás (n = 6) serão avaliados por
327 cromatografia para quantificar os principais GEE (CH₄, CO₂, N₂O). Tal amostragem ocorrerá
328 diretamente no “gasômetro” acoplado ao biodigestor. Câmaras estáticas serão aleatoriamente
329 posicionadas nos currais de confinamento e nas áreas de produção de milho para a quantificação
330 dos GEE.

331 *Amostragens dos gases no curral de confinamento.* Os quatro currais de confinamento
332 (Figura 2) serão amostrados quanto às emissões de CH₄ e N₂O pelos dejetos gerados durante um
333 ciclo de engorda. Nesses currais, as amostragens desses gases serão realizadas por meio de 6
334 câmaras estáticas, em 3 momentos ao longo do confinamento.

335 As câmaras, de aço galvanizado com 250 mm de diâmetro e 300 mm de altura,
336 primeiramente serão aleatoriamente posicionadas no chão dos currais. Posteriormente, as
337 câmaras serão fechadas com tampas de PVC e, após fechamento, três subseqüentes amostras (15
338 mL) serão tomadas nos tempos t₀, t₁₀ e t₂₀ (10 minutos de intervalo) com auxílio de seringas de

339 polipropileno e imediatamente transferidas em frascos de vidro sob vácuo. Esse meio de
340 amostragem seguem os critérios mínimos de qualidade para a determinação dos fluxos de gases
341 segundo Rochette & Eriksen- Hamel (2008). A temperatura do ambiente e de dentro das câmaras
342 logo após o final da amostragem serão tomadas por meio de termômetros.

343 Os frascos de vidro sob vácuo serão levados ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental
344 do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP-Piracicaba) onde as concentrações de CH₄,
345 CO₂ e N₂O serão determinadas por cromatografia gasosa no equipamento Shimadzu GC-2014®.
346 O N₂O será detectado por ECD (Electron Capture Detector), enquanto que o CH₄ será detectado
347 por FID (Flame Ionization Detector). Os fluxos de CH₄ e N₂O serão calculados pela alteração
348 linear da concentração dos gases com o tempo de incubação no interior da câmara, de acordo
349 com a equação abaixo:

350

$$351 \text{ Fluxo} = (d [\text{gás}] / dt) \times (V_h/A) \times ((1-e/P)/VM)$$

352 Sendo: (d [gás] / dt) = alteração da concentração do gás em função do tempo (mol gás mol⁻¹ s-
353 1); V_h = volume da câmara utilizada na amostragem (m³); A = área da câmara (m²); e/P =
354 pressão de água/pressão atmosférica na câmara (kPa/kPa); VM = volume molar da câmara (m³
355 mol⁻¹).

356

357 O fluxo médio diário será calculado aritmeticamente como a média do valor dos fluxos
358 das câmaras inseridas no curral de confinamento no período de vinte minutos. O valor
359 encontrado será multiplicado por 72, perfazendo a emissão diária, e o fluxo total será calculado
360 pela interpolação linear entre os dias de amostragens. Essas médias diárias serão somadas para
361 produzir o fluxo de CO₂, CH₄ e N₂O por ciclo de confinamento, as quais serão correlacionadas à
362 quantidade de N-excretado e C-excretado (sólidos voláteis) pelos dejetos no curral de
363 confinamento durante esse período, obtendo-se assim, os fatores de emissão desses gases para
364 essa etapa de manejo dos dejetos (Saggar et al., 2004, 2007; 2008; 2010; Giltrap et al., 2011,
365 2010; Luo & Saggar, 2008; Luo et al., 2007).

366 *Amostragens dos gases nas áreas de produção de milho.* Os fluxos de CH₄, CO₂ e N₂O
367 também serão medidos por meio de câmaras estáticas. As câmaras (n = 6) serão instaladas 2 dias
368 antes do início da aplicação do biofertilizante para evitar distúrbio do solo após preparo e
369 fertilização. As câmaras serão inseridas 100 mm no solo um dia antes do início do experimento
370 (ou aplicação do biofertilizante). A altura das câmaras no local de inserção serão medidas em
371 todas as coletas para cálculo do volume de ar de cada câmara, assim como a temperatura do
372 ambiente, de dentro das câmaras e do solo (0-10 cm), por meio de termômetros digitais.
373 Posteriormente, as câmaras serão fechadas com tampas de PVC e três amostras (60 mL) serão

374 tomadas nos tempos t_0 , t_{30} e t_{60} (30 minutos de intervalo) com auxílio de seringas de plásticos e
375 imediatamente transferidas em frascos de vidro sob vácuo.

376 Após a aplicação dos fertilizantes na cobertura do milho, as amostragens de gases serão
377 feitas seis vezes (em espaços mais reduzidos nas primeiras semanas de aplicação do
378 biofertilizante) até que as emissões de N_2O não diferirem significativamente do tratamento
379 controle (Sanz-Cobena et al., 2012).

380 As concentrações de N_2O serão determinadas no mesmo dia por cromatografia gasosa no
381 equipamento no equipamento Shimadzu GC-2014®. O N_2O será detectado por ECD (Electron
382 Capture Detector). Os fluxos de N_2O serão calculados pela alteração linear da concentração dos
383 gases com o tempo de incubação no interior da câmara, de acordo com a equação anterior

384 O fluxo médio diário será calculado aritmeticamente como a média do valor dos fluxos
385 das câmaras no período de uma hora amostrado. Esse valor será multiplicado por 24 (horas em
386 um dia) e o fluxo total será calculado pela interpolação linear entre os dias de amostragens. Essas
387 médias diárias serão somadas para produzir o fluxo de N_2O pelo tempo que os fertilizantes
388 emitiram no período avaliado, as quais serão correlacionadas a proporção de N contido nos
389 mesmos para se obter os fatores de emissão desses gases.

390 *Avaliação da produção do milho e desempenho dos animais.* A produção de milho
391 silagem e milho grão serão quantificadas dentro da área de produção logo após a colheita em
392 balança estacionária. Os animais serão avaliados quanto ao consumo e ganho de peso diário da
393 dieta composta a partir do milho produzido utilizando o biofertilizante.

394 *Análise dos dados.* O delineamento experimental será o inteiramente aleatorizado, com
395 efeitos de controle local sobre as áreas de produção (em função dos diferentes padrões de
396 fertilidade do solo) e do peso dos animais ao início do experimento. Este estudo não terá
397 tratamentos, pois o interesse científico é apenas quantificar e estudar o comportamento dos
398 fluxos dos gases e nutrientes. Os dados de posição e dispersão, bem como a avaliação de dados
399 atípicos do fluxo dos nutrientes e dos GEE serão avaliados por meio do procedimento
400 UNIVARIATE do SAS (SAS, 2008). As medidas repetidas no tempo serão avaliadas pelo
401 procedimento REG e MIXED do SAS.

402

403

404 **5. RESULTADOS ESPERADOS**

405 O que será criado ou produzido como resultado do projeto proposto?

406 Um biodigestor será acoplado a um confinamento de alta tecnologia (este último com recurso já
407 aprovado) que permitirá: i) desenvolver um sistema de reciclagem de gases e nutrientes aplicado
408 a bovinocultura de corte sustentável, por meio do acoplamento de um biodigestor anaeróbio a um

409 confinamento experimental de alta tecnologia representado aqui pelo Centro de Estudos de
410 Nutrigenômica e ii) criar práticas sustentáveis de manejo, tratamento e reciclagem dos nutrientes
411 e GEE estimulando o desenvolvimento de pesquisa pela comunidade acadêmica com publicações
412 que poderão apresentar soluções de práticas do manejo de dejetos para produtores rurais.

413

414 Como esses resultados poderão ser aplicados na USP?

415 O biofertilizante resultante será utilizado nas áreas de produção de milho ao invés de adubo
416 sintético, reduzindo um custo para a USP criando um sistema de reciclagem de nutrientes de
417 forma sustentável gerando resultados por meio de pesquisa e recomendações técnicas aos
418 envolvidos (comunidade acadêmica e produtores). Além disto, os parâmetros (fatores de
419 emissão) dos GEE e os fluxos destes gases poderão ser utilizado em modelos matemáticos para
420 melhorar os inventários nacionais de emissão, os quais usam valores default do IPCC, por não
421 existir valores modelados para as condições brasileiras.

422

423 **6. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO**

Atividade	2014											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Confinamento	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Avaliação química dos dejetos				x			x			x		
Quantificação dos GEE no curral				x			x			x		
Quantificação dos GEE no biodigestor				x			x			x		
Quantificação dos GEE nas áreas de produção de milho	x	x	x							x	x	x
Avaliação do desempenho dos animais				x	x	x	x	x	x	x		
Avaliação da produção de milho			x	x								
Relatório Parcial						x						
Relatório Final												x

424

425 **7. ORÇAMENTO**

426

Item	Quantidade	Valor unitário, R\$	Sub-total, R\$
Hora máquina, colheita milho, automotriz	15	300,00	4.500,00
Mão de obra escavação biodigestor, diárias	50	150,00	7.500,00
Adubo NPK, formulado, t	15	1.000,00	15.000,00
Semente milho, sc	30	200,00	6.000,00
Semente brachiária, sc	30	100,00	3.000,00
Análise química dejetos e biofertilizante	10	150,00	1.500,00
Análises cromatográficas	500	25,00	12.500,00
		Total	50.000,00

427 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

428

429 ABIEC. 2013a. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Disponível em: <

430 http://www.abiec.com.br/noticia.asp?id=811#.UOd5BW_Xbs->. Acesso em: 04 jan. 2013.

431 ACRIMAT. 2013. Associação dos Criadores de Mato Grosso. Disponível em:

432 <[http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_confinamento_analise_economica.](http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_confinamento_analise_economica.htm)

433 [htm](http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_confinamento_analise_economica.htm)>. Acesso em: 20 maio. 2013.

434 ANUALPEC 2012 *Anuário da Pecuária Brasileira (Yearbook of Brazilian Livestock*

435 *Production)*. 1st ed. Instituto FNP and Agra FNP Pesquisas Ltda, São Paulo, Brazil

436 ANUALPEC, 2012. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio,

437 2012. 400p.

438 Barioni, L. G., et al. Embrapa Invernada versão 1.0. 2011. Disponível em:

439 <<http://www.invernada.cnptia.embrapa.br/>> Acesso em: 2 ago. 2011.

440 BNDES. Banco Nacional do Desenvolvimento. Disponível em: <

441 [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Progr](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/abc.html)

442 [amas_e_Fundos/abc.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/abc.html)>. Acesso em: 22 jun. 2013.

443 Cerri, C.C., Maia, S.M.F., Galdos, M.V., Cerri, C.E.P., Feigl, B.J., Bernoux, M., 2009. Brazilian

444 greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. *Scientia Agricola* 66,

445 831-843.

446 Chadwick, D., S. Sommer, R. Thorman, D. Fangueiro, L. Cardenas, B. Amon, and T.

447 Misselbrook. 2011. Manure management: implications for greenhouse gas emissions. *Anim.*

448 *Feed Sci. Technol.* 166–167:514–531.

449 CNA. 2013. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Valor bruto da produção

450 agropecuária cresce 11,2%. Disponível em:

451 <[http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/sut.valor-bruto-](http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/sut.valor-bruto-producao.22jan2013.pdf)

452 [producao.22jan2013.pdf](http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/sut.valor-bruto-producao.22jan2013.pdf)>. Acesso em: 20 maio de 2013.

453 Cornejo, C., Wilkie, A.C., 2010. Greenhouse gas emissions and biogas potential from livestock

454 in Ecuador. *Energy for Sustainable Development* 14, 256-266.

455 Costa Junior, C., Goulart, R.S., Albertini, T.Z., Feigl, B.J., Cerri, C.E.P., Bernoux, M., Lanna,

456 D.P.D., Cerri, C.C., 2013. Brazilian beef cattle feedlot manure management: a country survey.

457 *Journal of Animal* 91, 1811-1818.

458 Cuéllar, A.D., Webber, M.E., 2008. Cow power: The energy and emissions benefits of

459 converting manure to biogas. *Environmental Research Letter* 3, doi:10.1088/1748-

460 9326/3/3/034002. Retrieve January 21, 2013 from [http://iopscience.iop.org/1748-](http://iopscience.iop.org/1748-9326/3/3/034002/fulltext)

461 [9326/3/3/034002/fulltext](http://iopscience.iop.org/1748-9326/3/3/034002/fulltext).

462 Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, Instituto de Estudos do Comércio e
463 Negociações Internacionais (2012) ‘Outlook Brasil 2022 - projeções para o agronegócio’
464 (Eds Scaf P, Ferreira BS, Cutait MS, Silva CR, Duarte LDA, Turra F, Herszkowicz N,
465 Nassar AM, Costa ACP, Santos A, Macêdo FS, Silva LSC, Lima RCA, Granço G,
466 Antoniazzi LB, Harfuch L, Bachion LC, Moreira MMR, Moura PT) (FIESP/ICONE: Brasil,
467 SP)

468 Giltrap, D.L., Saggarr, S., Singh, J., Harvey, M., McMillan, A., Laubach, J. 2011. Field-scale
469 verification of nitrous oxide emission reduction with DCD in dairy-grazed pasture using
470 measurements and modeling. *Soil Research*, 49, 696–702.

471 Intergovernmental Panel On Climate Change – IPCC. 2006. In: Guidelines for national
472 greenhouse gas inventories. Emissions from livestock and manure management. Disponível
473 em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>> Acesso em: Acesso em:
474 10/5/2011.

475 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)., 2006 IPCC Guidelines for National
476 Greenhouse Gas Inventories: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Institute for Global
477 Environmental Strategies, Tokio, Japan. v.4, 644p.

478 Kaparaju, P., and J. Rintala. 2011. Mitigation of greenhouse gas emissions by adopting anaerobic
479 digestion technology on dairy, sow and pig farms in Finland. *Renewable Energy* 36:31–41.

480 Kebreab, E.; Clark, K.; Wagner-Riddle, C, and J. France. Methane and nitrous oxide from
481 Canadian animal agriculture: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, v.86, p.135-
482 158, 2006.

483 Lanna, D. P. D., Almeida R., Nepomuceno, N. H., Barioni, L. G., et al. RLM 3.2 - Ração de
484 Lucro Máximo versão 3.2. 2011.

485 Luo, J., Ledgard, S.F., Lindsey, S.B. 2007. Nitrous oxide emissions from application of urea on
486 New Zealand pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 50, 1–11.

487 Luo, J., Saggarr, S. Nitrous oxide and methane emissions from a stand-off pad. 2008. *Australian*
488 *Journal of Experimental Agriculture*, 48, 179–182.

489 MAPA. 2012. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio
490 Brasil 2011/2012 a 2021/2022. Disponível em:
491 <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES-](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES-web.pdf)
492 [web.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES-web.pdf)>. Acesso em 27 jan. 2013.

493 MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Bovinos e bubalinos. Disponível
494 em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>>. Acesso em 27
495 jan. 2013a.

496 MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Exportação. Disponível em: <
497 <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>>. Acesso em 27 jan.
498 2013b.

499 MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento. Programa Agricultura de Baixo
500 Carbono. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-](http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc)
501 [sustentavel/plano-abc](http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc)> Acesso em: 27 jan. 2013c.

502 Mathot, M., V. Decruyenaereb, D. Stilmantc, and R. Lamberta. 2012. Effect of cattle diet and
503 manure storage conditions on carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions from
504 tiestall barns and stored solid manure. *Agric. Ecosyst. Environ.* 148:134–144.

505 Millen, D. D., R. D. L. Pacheco, M. D. B. Arrigoni, M. L. Galyean e J. T. Vasconcelos. A
506 snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot
507 nutritionists in Brazil. *J. Anim. Sci.* 87:3427-3439, 2009.

508 Millen, D. D., R. D. L. Pacheco, P. M. Meyer, P. H. M. Rodrigues, and M. D. B. Arrigoni. 2011.
509 Current outlook and future perspectives of beef production in Brazil. *Anim. Front.* 1:46–52.

510 Monteny, G.J., Bannink, A., Chadwick, D., 2006. Greenhouse gas abatement strategies for
511 animal husbandry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112, 163–170.

512 Rochette, P., Eriksen-Hamel, N., 2008. Chamber measurements of soil nitrous oxide flux: are
513 absolute values reliable? *Soil Science Society of American Journal* 72, 331–342.

514 Saggari, S., Andrew, R.M., Tate, K.R., Hedley, C.B., Rodda, N.J., Townsend, J.A., 2004.
515 Modelling nitrous oxide emissions from dairy-grazed pastures. *Nutrient Cycling in*
516 *Agroecosystems*, 68, 243–255.

517 Saggari, S., Giltrap, D.L., Li, C., Tate, K.R., 2007. Modelling nitrous oxide emissions from
518 grazed grasslands in New Zealand. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 119, 205– 216.

519 Saggari, S., Harvey M, Singh J, Giltrap D, Pattey E, Bromley T, Martin R, Dow D, Moss R,
520 McMillan, A. 2010. *Journal of Integrative Environmental Sciences* 7: 61-70.

521 Saggari, S., Tate KR, Giltrap DL, Singh J 2008. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide and
522 methane in New Zealand terrestrial ecosystems and their mitigation options: a review. *Plant*
523 *and Soil* 309: 25-42.

524 Sanz-Cobena, A., Sánchez-Martín, L., García-Torres, L., Vallejo, A. 2012. Gaseous emissions of
525 N₂O and NO and NO₃ leaching from urea applied with urease and nitrification inhibitors to a
526 maize (*Zea mays*) crop. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 149: 64–73.

527 SAS Institute. SAS/STAT: guide of personal computers. Version 9.2. Cary, 2008.

528 USDA. Livestock and poultry: world market and trade circular archives. Disponível em:
529 <<http://www.fas.usda.gov>>. Acesso em 27 jan. 2013.

- 530 Wagner-Riddle, C.; Kebreab, E.; France, J. et al. Supporting measurements required for
531 evaluation of greenhouse gas emission models for enteric fermentation and store animal
532 manure. In: FRANCE, J.; KEBREAB, E. (Eds.) Mathematical modelling in animal
533 nutrition. Oxfordshire: CABI, 2008. p.204-224.
- 534 Wang, Q., Thompson, E., Parsons, R., Rogers, G., Dunn, D., 2011. Economic feasibility of
535 converting cow manure to electricity: A case study of the CVPS Cow Power program in
536 Vermont. Dairy Science 94, 4937–4949.
- 537
538