

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM ARGISSOLO SOB  
SISTEMAS DE PREPARO E LEGUMINOSAS DE COBERTURA NO SUL DO  
BRASIL**

**Genuir Luis Denega  
(Tese)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM ARGISSOLO SOB  
SISTEMAS DE PREPARO E LEGUMINOSAS DE COBERTURA NO SUL DO  
BRASIL**

GENUIR LUIS DENEGA  
Engenheiro Agrônomo (UFSM)  
Mestre em Ciência do Solo (UFSM)

Tese apresentada como  
um dos requisitos à obtenção do  
Grau de Doutor em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil

Outubro de 2014

Ficha de catalogação (bibliotecária/o). Fica no verso da página anterior)

Página de homologação (“colada” aqui)

## Dedicatória

À minha família e aos que me são familiares.

À minha família por aceitar a distância nestes longos anos.

Aos que me são familiares por entender estas razões!

*Nosce te ipsum* (Sócrates – 469/399 a.C.)

## Agradecimentos

Pelo milagre de poder fazer parte, ao menos por um período de tempo, da Terra, esse organismo complexo e dinâmico que permite que cada ser siga na procura do seu *Tao*.

Aos meus pais, pela faculdade da vida, e principalmente, pela crença conjunta de que tem coisas que “... são assim porque tem que ser assim...!”

Aos meus familiares paternos; “*dziadek*” Júlio (*in memoriam*) e “*babcia*” Armelinda (*in memoriam*) por ter convivido o suficiente para aprender a cultivar o respeito, superar a pobreza e a discriminação sempre com dignidade e através do trabalho e; maternos “*nonno*” Elpídio (*in memoriam*) e “*nonna*” Ida pelo exemplo do cultivo da fé e esperança, sempre se levantando após as quedas da vida.

Aos tios, tias, primos, primas e afilhados, cada um com seu modo de ser, pelas palavras de incentivo quando tudo parecia estar perdido. Agradeço em especial pelo aprendizado do “ser simples, ser camponês” ao tio Darci Parcianello (*in memoriam*), pelo exemplo incondicional de simplicidade e apego aos seus valores de amor a família, a música, a terra, aos cultivos e as criações.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Cimélio Bayer e Prof. Dr. João Mielniczuk, pela sabedoria, incentivo e conhecimentos repassados.

Aos coorientadores Prof. Dr. Frederico Costa Beber Vieira, Prof. Dr. Jeferson Diekow e Prof. Dr. Celso Aita, pelo acompanhamento e amizade;

Ao laboratorista Luiz Antônio da Silveira (Tonho) e ao secretário Jader Amaro pelo exemplo profissional e humanitário;

Aos colegas do Grupo do Manejo e Sistemas de Baixo Carbono; Pós-doutorandos Michely Tomazi, Juliana Gomes, Carla da Rosa, Daiane Carvalho dos Santos e Cecília Sacramento; Colegas da pós-graduação; Luiz Chavez,

Luíza Escobar, Tiago Zchornack, Mirla Weber, Ricardo Bergamo Schenato, Renan Costabeber Vieira, Fernando Viero, Otávio Leal, Daniela Barbosa, Graciele Sarante Santana, Emanuelle Maggiero, Lúcia Salvo Alvarez, Estefânia Camargo, Douglas Adams Weiler, Janquieli Schirmann, Daniel Hanke e Laísa Pimentel; Bolsistas de IC; Pedro Rodrigues, Arthur Teixeira Gonçalves, Eduardo Carniel, Matheus Grolli, Jennifer Caldas, Vanessa Silva, Tamires da Silva, Rafael Barok e Mathias Bergamin pelo convívio, aprendizado e pelas inúmeras ajudas nas coletas de campo. Tenho orgulho de ter participado do grupo e dizer que todos foram imprescindíveis!

Aos professores e demais colegas e amigos que convivi durante o período;

Aos vigilantes e porteiros, pelo constante apoio e pela segurança fornecida, principalmente no período noturno e em feriados e finais de semana;

À Ricardo Bergamo Schenato, Douglas Antônio Rogeri e Rodrigo Teske, pela honra de ter dividido moradia, conhecimentos, debates e filosofias...

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos durante todo o período de doutoramento;

À UFRGS e ao PPGCS/UFRGS pela estrutura física e logística, e pelo estudo público, gratuito e de qualidade.

À EMATER, Escritório Municipal de Planalto/RS e de Severiano de Almeida/RS pelo entendimento quando da finalização de mais essa caminhada.

*“ O futuro não é o lugar para onde estamos indo, mas o lugar que estamos criando. O caminho para ele não é encontrado, mas construído, e o ato de fazê-lo muda tanto a realidade quanto o destino! ” (John Schaar)*

Sigamos nosso *Tao*.

Obrigado a todos!

# EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM ARGISSOLO SOB SISTEMAS DE PREPARO E LEGUMINOSAS DE COBERTURA NO SUL DO BRASIL<sup>1</sup>

Autor: Eng. Ag. M.Sc. Genuir Luis Denega  
Orientador: Prof. Dr. Cimélio Bayer

## RESUMO

O impacto dos sistemas de manejo no comportamento de solos agrícolas como fonte ou dreno de gases de efeito estufa (GEE) é dependente dos sistemas de cultura adotados. O presente estudo foi conduzido, por dois anos (2010/2011 e 2011/2012), em dois experimentos de longa duração (28 e 30 anos) em Argissolo Vermelho e teve como objetivos: (i) avaliar efeito de plantas de cobertura de solo de inverno e de verão e dos sistemas de preparo convencional (PC) e plantio direto (PD) na emissão de óxido nitroso ( $N_2O$ ) e no balanço das emissões de GEE do solo, e (ii) identificar as variáveis meteorológicas e de solo controladoras dos fluxos de  $N_2O$  do solo. O solo em PD apresentou as menores emissões de  $N_2O$  em comparação ao PC nos dois anos agrícolas, enquanto as maiores emissões foram verificadas nos sistemas com presença de leguminosas de cobertura de solo. As emissões de  $CH_4$  foram baixas ( $< 10 \text{ Kg C equivalente} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) em todos os sistemas de manejo, sendo sua magnitude praticamente desprezível no balanço de GEE. As emissões de  $N_2O$  foram completamente contrabalanceadas pelo acúmulo de C no solo nos sistemas com leguminosas de cobertura, tornando o solo inclusive um sumidouro de GEE. O aumento exponencial dos fluxos de  $N_2O$  do solo em valores de porosidade preenchida por água (PPA) superiores a 60-70% indicam que a desnitrificação é o principal processo responsável pela produção de  $N_2O$  no solo. Por sua vez, esse comportamento foi mais característico nos sistemas que incluíam leguminosas de cobertura de solo, as quais determinaram um suprimento de N mineral para a desnitrificação através da decomposição da sua fitomassa rica em N. Os resultados obtidos indicam que a inclusão de leguminosas de cobertura de solo determinam um balanço positivo entre as emissões de  $N_2O$  do solo e as taxas de retenção de C atmosférico no solo, permitindo produzir alimentos com menor impacto ambiental.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (119 p.) Outubro, 2014.

## **GREENHOUSE GAS EMISSION IN AN ACRISOL UNDER TILLAGE SYSTEMS AND COVER CROPS IN SOUTHERN BRAZIL<sup>2</sup>**

Author: M.Sc. Genuir Luis Denega  
Adviser: Prof. Dr. Cimélio Bayer

### **ABSTRACT**

The impact of management systems in the behavior of agricultural soils as a source or sink of greenhouse gases (GHG) is dependent on the adopted crop systems. This study was conducted for two years (2010/2011 and 2011/2012), in two long-term experiments (28 and 30 yr) in an Acrisol and aimed to (i) evaluate the effect of winter and summer cover crops on N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions and GHG balance in no-till and conventionally-tilled soils, and (ii) to identify meteorological and soil variables controlling soil N<sub>2</sub>O fluxes. The soil under no-till had the lowest emissions of N<sub>2</sub>O compared to the conventional tillage, with the largest N<sub>2</sub>O emissions in cropping systems based on legume cover crops. The soil CH<sub>4</sub> emissions were low (<10 kg C equivalent ha<sup>-1</sup>) in all soil management systems, and its magnitude was negligible for the GHG balance. The N<sub>2</sub>O emissions were completely counterbalanced by the C accumulation in the soil under the cover crops-based cropping systems, making the soil a GHG sink. The exponential increase of the soil N<sub>2</sub>O fluxes when water filled porosity space (WFPS) was higher than 60-70%, suggest denitrification as the major process involved in soil N<sub>2</sub>O production. In turn, this behavior was more characteristic in legume-based cover crops systems, which determined a mineral N supply to the denitrification through the decomposition of its N-rich biomass. The results indicate that the inclusion of legume cover crops determine a positive balance between the emissions of N<sub>2</sub>O and C atmospheric retention rates in the soil, allowing to produce food with less environmental impact.

---

<sup>2</sup> Doctoral thesis in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (119 p.) October, 2014.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 O efeito estufa e o aquecimento global.....	4
2.2 Contexto de produção agrícola e da emissão de gases .....	5
2.3 Processos e fatores envolvidos na produção de óxido nitroso .....	6
2.4 Sistemas conservacionistas e sua influência na emissão de óxido nitroso .....	10
2.5 Emissões de metano e os sistemas de manejo.....	13
2.6 Sistemas de manejo conservacionistas e o balanço de GEE .....	14
3. HIPÓTESES GERAIS .....	16
4. OBJETIVOS GERAIS.....	16
5. ESTUDO I .....	17
EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA AFETADA POR SISTEMAS DE CULTURAS E DE PREPAROS EM ARGISSOLO SUBTROPICAL.....	17
5.1 Resumo .....	17
5.2 Introdução.....	18
5.3 Material e métodos .....	19
5.3.1 Caracterização edafoclimática.....	19
5.3.2 Caracterização do experimento e tratamentos avaliados .....	19
5.3.3 Amostragem do ar e análise dos gases .....	20

5.3.4	Variáveis de solo e meteorológicas .....	22
5.3.5	Potencial de Aquecimento Global e Índice de Emissão de gases ....	22
5.3.6	Análise estatística.....	23
5.4	Resultados e discussão .....	24
5.4.1	Emissões de N <sub>2</sub> O .....	24
5.4.2	Variáveis controladoras da emissão de N <sub>2</sub> O .....	27
5.4.3	Emissão acumulada de N <sub>2</sub> O e CH <sub>4</sub> .....	32
5.4.4	Fator de emissão de N <sub>2</sub> O (%N-N <sub>2</sub> O emitido/N adicionado).....	38
5.4.5	Balanco de gases nos sistemas de manejo.....	39
5.5	Conclusões .....	42
6.	ESTUDO II .....	44
	EFEITO DE LEGUMINOSAS TROPICAIS E TEMPERADAS NA EMISSÃO DE ÓXIDO NITROSO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO EM EXPERIMENTO DE LONGA DURAÇÃO .....	44
6.1	Resumo .....	44
6.2	Introdução.....	45
6.3	Material e métodos .....	46
6.3.1	Caracterização edafoclimática.....	46
6.3.2	Caracterização dos experimentos e tratamentos avaliados .....	46
6.3.3	Amostragem do ar e análise dos gases .....	48
6.3.4	Variáveis de solo e meteorológicas .....	50
6.3.5	Potencial de Aquecimento Global e Índice de Emissão de gases ....	50

6.3.6	Análise Estatística .....	51
6.4	Resultados e Discussão .....	52
6.4.1	Emissões de N <sub>2</sub> O .....	52
6.4.2	Variáveis controladoras das emissões de N <sub>2</sub> O.....	57
6.4.3	Emissão acumulada de N <sub>2</sub> O e CH <sub>4</sub> .....	63
6.4.4	Fator de emissão de N-N <sub>2</sub> O .....	69
6.4.5	Taxa de acúmulo de C, PAG e IGEE .....	70
6.5	Conclusões .....	73
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
8.	APÊNDICES.....	88
9.	RESUMO BIOGRÁFICO .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** - a) Temperatura do ar ( $^{\circ}$  C), precipitação (mm), b) fluxos de óxido nitroso ( $\text{N-N}_2\text{O}$ ,  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e c) metano ( $\text{C-CH}_4$ ,  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) do solo no período anual em sistemas de preparos do solo no ano 2010/2011. Barras verticais indicam o erro padrão da média de cada tratamento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....25
- Figura 2** - a) Temperatura do ar ( $^{\circ}$  C), precipitação (mm), b) fluxos de óxido nitroso ( $\text{N-N}_2\text{O}$ ,  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e c) metano ( $\text{C-CH}_4$ ,  $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) do solo no período anual em sistemas de preparos do solo no ano 2011/2012. Barras verticais indicam o erro padrão da média de cada tratamento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....26
- Figura 3** - Relação entre a porosidade preenchida por água (PPA) e os fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo no período de pós-manejo das plantas de cobertura do solo em sistemas de preparos, anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....30
- Figura 4** - Relação entre a porosidade preenchida por água (PPA) e os fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo no período de pós-colheita das plantas da cultura do milho em sistemas de preparos e de culturas, anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....31
- Figura 5** – Cinética e emissão acumulada de  $\text{N}_2\text{O}$  ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) do solo no período anual em sistemas de preparo do solo, nos anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....34
- Figura 6** – Cinética de emissão acumulada de  $\text{CH}_4$  ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) do solo no período anual em sistemas de preparo do solo, nos anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....35
- Figura 7** - Emissão acumulada de  $\text{N}_2\text{O}$  ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) do solo no período de pós-manejo e anual em sistemas de preparo do solo, nos anos 2010/11 e 2011/12.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Letras maiúsculas comparam entre sistemas e minúsculas entre culturas dentro do mesmo tratamento. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....36

**Figura 8** - Emissão acumulada de CH<sub>4</sub> (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período de pós-manejo e anual em sistemas de preparo do solo, nos anos 2010/11 e 2011/12. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....37

**Figura 9** - Taxa de acúmulo de C do solo (Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) em sistemas de preparo do solo. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....39

**Figura 10** - Potencial de aquecimento global (Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) do solo em sistemas de preparo do solo, nas safras 2010/11 e 2011/12. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Letras maiúsculas comparam entre sistemas e minúsculas entre culturas dentro do mesmo tratamento. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....40

**Figura 11** - Índice de gases de efeito estufa (Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> emitido Mg<sup>-1</sup> de grãos de milho produzido) do solo nas safras 2010/11 e 2011/12 em sistemas de preparo do solo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Letras maiúsculas comparam entre sistemas e minúsculas entre culturas dentro do mesmo tratamento. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....41

**Figura 12** - a) Temperatura do ar (° C), precipitação (mm), b) fluxos de óxido nítrico (N-N<sub>2</sub>O, µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e c) metano (C-CH<sub>4</sub>, µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) do solo no período anual em sistema de culturas em plantio direto, na safra 2010/2011. Barras verticais indicam o erro padrão da média de cada tratamento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....54

<b>Figura 13</b> - a) Temperatura do ar ( $^{\circ}$ C), precipitação (mm), b) fluxos de óxido nítrico ( $\text{N-N}_2\text{O}$ , $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e c) metano ( $\text{C-CH}_4$ , $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) do solo no período anual em sistema de culturas em plantio direto, na safra 2011/2012. Barras verticais indicam o erro padrão da média de cada tratamento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	55
<b>Figura 14</b> - Relação entre a porosidade preenchida por água (PPA) e os fluxos de $\text{N}_2\text{O}$ do solo no período de pós-manejo das culturas em sistema de culturas em plantio direto, anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	60
<b>Figura 15</b> - Relação entre a porosidade preenchida por água (PPA) e os fluxos de $\text{N}_2\text{O}$ do solo no período de pós-colheita do milho em sistema de culturas em plantio direto, anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ...	61
<b>Figura 16</b> – Cinética e emissão acumulada de $\text{N}_2\text{O}$ ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) do solo no período anual em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	64
<b>Figura 17</b> – Cinética e emissão acumulada de $\text{CH}_4$ ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) do solo no período anual em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	65
<b>Figura 18</b> - Emissão acumulada de $\text{N}_2\text{O}$ ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) do solo no período de pós-manejo e anual em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	67
<b>Figura 19</b> - Emissão acumulada de $\text{CH}_4$ ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) do solo no período de pós-manejo e anual em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. Média seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	68

- Figura 20** - Taxa de acúmulo de C do solo ( $\text{Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) em sistema de culturas em plantio direto. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....70
- Figura 21** - Potencial de aquecimento global ( $\text{Kg CE ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) do solo em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....72
- Figura 22** - Índice de gases de efeito estufa ( $\text{Kg CE ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  emitido  $\text{Mg}^{-1}$  de grãos de milho produzido) do solo em sistema de culturas em plantio direto nos anos 2010/11 e 2011/12. Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....73

## ÍNDICE DE APÊNDICES

<b>Apêndice 1</b> – Experimento, tratamentos e N fornecido pela cultura de cobertura e pela resteva ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no ano agrícola 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	89
<b>Apêndice 2</b> – Tratamentos, N aplicado ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), $\text{N}-\text{N}_2\text{O}$ emitido ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), $\text{N}-\text{N}_2\text{O}$ (% do N aplicado), Rendimento ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), Potencial de Aquecimento Global ( $\text{CE Kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) e Índice de Gases de Efeito Estufa. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	90
<b>Apêndice 3</b> – Volume acumulado de chuva e irrigação (mm) nos períodos de pós-manejo e pós-colheita nos anos .....	90
<b>Apêndice 4</b> - Emissões de $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e $\text{CO}_2$ ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) no tratamento A/M sob plantio convencional no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	91
<b>Apêndice 5</b> - Emissões de $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e $\text{CO}_2$ ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) no tratamento V/M sob plantio convencional no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	93
<b>Apêndice 6</b> - Emissões de $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e $\text{CO}_2$ ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) no tratamento A/M sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	95
<b>Apêndice 7</b> - Emissões de $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e $\text{CO}_2$ ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) no tratamento V/M sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	97
<b>Apêndice 8</b> - Emissões de $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e $\text{CO}_2$ ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) no tratamento P/M sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. ....	99

<b>Apêndice 9</b> - Emissões de N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> (µg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ) e CO <sub>2</sub> (mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ) no tratamento A+V/M sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	101
<b>Apêndice 10</b> - Emissões de N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> (µg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ) e CO <sub>2</sub> (mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ) no tratamento A+V/M+C sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	103
<b>Apêndice 11</b> - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento A/M em plantio convencional no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	105
<b>Apêndice 12</b> - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento V/M em plantio convencional no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	107
<b>Apêndice 13</b> - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento A/M em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	109
<b>Apêndice 14</b> - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento V/M em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	111
<b>Apêndice 15</b> - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento P/M em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	113
<b>Apêndice 16</b> - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento A+V/M em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	115
<b>Apêndice 17</b> - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento A+V/M+C em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	117



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura sempre foi muito importante para o progresso das civilizações (FOLEY et al., 2005). Estudos das Nações Unidas indicam que por volta do final deste século, a população mundial atingirá 10 bilhões de habitantes demandando um uso crescente e mais eficiente dos recursos naturais (ONU, 2003). Nesse sentido, além de se produzir alimentos, fibras e biocombustíveis, o grande desafio é de que isso seja feito de forma sustentável (FAO, 2013). Estratégias adequadas de manejo dos solos, como por exemplo, o seqüestro de carbono e o uso eficiente de insumos em agroecossistemas são considerados fundamentais na prestação de serviços ambientais, dentre outros, na mitigação das mudanças climáticas (LAL, 2007).

Em nível mundial, a agricultura contribui com 80% das emissões de óxido nitroso ( $N_2O$ ), 22% de gás carbônico ( $CO_2$ ) e 55% de metano ( $CH_4$ ) (IPCC, 2007). Já nas condições brasileiras, a agricultura e a mudança de uso da terra contribuem com 94, 75 e 91% das emissões destes gases de efeito estufa (GEE), respectivamente (EMBRAPA, 2006; MCTI, 2013). Nesta condição, a emissão de  $N_2O$  é proveniente principalmente do uso de fertilizantes nitrogenados industriais.

De forma geral, o uso de práticas agrícolas inadequadas tem sido uma das principais responsáveis por este cenário. Entretanto, sistemas conservacionistas de manejo do solo, sendo o principal o sistema de plantio direto (SPD), podem contemplar alto rendimento de culturas, conservação do ambiente e bons ganhos econômicos.

No Brasil, o SPD representa o manejo conservacionista de solo e de culturas com maiores níveis de adoção, com aproximadamente 32 milhões de hectares cultivados (FEBRAPDP, 2013). Porém, como este passa por fases até atingir estabilidade, estima-se que deste montante, apenas cerca de 3 milhões de hectares estejam consolidados. Por se tratar de um sistema ainda recente e

pelas mudanças no solo ocorrerem gradual e lentamente é fundamental que se estude essa dinâmica em experimentos de longa duração.

Enquanto os solos em PC atuam como uma fonte de C-CO<sub>2</sub> para a atmosfera, solos em PD, usualmente, apresentam um balanço positivo de C (MACHADO et al., 2004; ALVAREZ, 2005). Porém, essa eficiência depende, dentre outros, de fatores climáticos como a precipitação e a temperatura, do sistema de culturas adotado, e do tipo de solo.

No sentido de melhoria da qualidade do solo e maior rendimento das culturas, um dos pontos importantes a considerar é a inclusão de leguminosas de cobertura de solo, as quais incrementam adição de N via fixação simbiótica (AMADO et al., 1999) e de C via fotossíntese (LOVATO et al., 2004), aumentando os estoques desses elementos no solo (BAYER et al., 2000; FRANZLUEBBERS & FOLLETT, 2005). Além disso, o uso de leguminosas reduz a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados minerais, com implicações ambientais e econômicas (DUSENBURY et al., 2008).

Ganho ambiental com a utilização de leguminosas de cobertura de solo foram observados por GOMES (2006), a qual verificou emissão de N<sub>2</sub>O do solo duas vezes inferior com a adição de quantidades equivalentes de N quando da utilização de leguminosa de cobertura do que com a aplicação de fertilizante nitrogenado. A essa menor emissão de N<sub>2</sub>O quando do suprimento parcial de N por leguminosas (BAYER et al., 2014), se soma o menor custo energético, que se reflete em menores emissões de C-CO<sub>2</sub> da fixação simbiótica do N atmosférico em leguminosas em comparação ao processo *Harber-Bosch* a qual se dá as custas da queima de combustíveis fósseis.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O efeito estufa e o aquecimento global

O balanço entre a entrada de energia via radiação solar, e sua perda para o espaço na forma de radiação infravermelha é responsável pela temperatura média de 15° C da superfície terrestre. A radiação solar incidente (ondas curtas) atinge a superfície terrestre, e é emitida na forma de comprimento de onda longa (infravermelho) sendo parcialmente absorvida pelos gases traço e vapor de água presentes na atmosfera, configurando o efeito estufa natural (BAIRD, 2002).

Com o aumento na concentração dos gases de origem antrópica, que originalmente ocupam cerca de 0,1% do volume total de gases da atmosfera, ocorre uma ampliação na capacidade de aprisionamento de energia (forçamento radiativo), constituindo-se no efeito estufa antrópico. Segundo IPCC (2007), o aumento médio de 0,74°C na temperatura do planeta no último século é devido ao aumento na concentração destes gases.

Os principais gases do efeito estufa (GEE) produzidos pela atividade humana na agricultura são o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), sendo responsáveis por 50, 16 e 5%, respectivamente, do forçamento radiativo causador do efeito estufa (IPCC, 2007).

Dentre estes GEE, o N<sub>2</sub>O é o que apresenta o maior potencial de aquecimento global da atmosfera. Quando comparado ao CO<sub>2</sub>, por exemplo, uma molécula de N<sub>2</sub>O equivale a 296 moléculas de CO<sub>2</sub>. Essa diferença, que ocorre devido à sua natureza química e ao longo período de residência na atmosfera faz do N<sub>2</sub>O um dos principais GEE que vem sendo estudados pelos pesquisadores em nível mundial (IPCC, 2013).

CERRI & CERRI (2007) estimam que 80% das emissões mundiais de  $N_2O$  estejam ligadas à agricultura e à mudanças no uso da terra, sendo que no Brasil esse índice pode ultrapassar 94%. Assim, são necessárias pesquisas que contemplem alternativas de manejo de solos que determinem capacidade de alta produção de alimentos com baixa emissão de  $N_2O$  para a atmosfera (GARNETT et al., 2013; BAYER et al., 2014).

## **2.2 Contexto de produção agrícola e da emissão de gases**

O Brasil é um grande produtor mundial de cereais. Dados da ONU/FAO (FAOSTAT, 2013) indicam que o país é o terceiro produtor mundial de milho, ocupando o primeiro lugar como produtor em regiões tropicais e subtropicais. Em termos gerais (todas as culturas), a área cultivada no Brasil é de aproximadamente 50 milhões de hectares (CONAB, 2012), sendo 53,6 (FEBRAPDP, 2013) a 60% (CONAB, 2012) dessa área cultivada em SPD. Desse montante, um terço destas áreas, são semeadas com milho.

No estado do Rio Grande do Sul, o cultivo de milho ocupa 17,5% da área destinada às lavouras de coxilha. Nesta condição, cerca de 80% destas lavouras cultivadas com milho estão sob SPD (COOPLANTIO, 2013). O rendimento médio do estado do RS é de  $5255 \text{ Kg ha}^{-1}$  (EMATER, 2013) cerca de 20% acima do rendimento médio nacional ( $4158 \text{ kg ha}^{-1}$ ; CONAB, 2013).

As culturas de cobertura representam aproximadamente 5% da área cultivada no Brasil enquanto que no RS, considerando apenas as culturas de cobertura de inverno a porcentagem sobe para quase 15% das áreas não incluindo nessa estatística o azevém que se estabelece por ressemeadura natural (CONAB, 2012). Portanto, o uso de culturas de cobertura é bastante negligenciado, mantendo-se uma grande parte das áreas em pousio invernal.

Em relação ao consumo de fertilizantes sintéticos nitrogenados, no período 2002-2011 o consumo praticamente dobrou, passando de 1.834.733 t de N para 3.574.732 t de N. Esse aumento no uso de N produzido industrialmente

contribuiu para um aumento em 71% a emissão de GEE quando comparado ao primeiro ano da década (FAOSTAT, 2013). No ano de 2011, em nível mundial, os fertilizantes nitrogenados foram responsáveis por um acréscimo de 2.128.000 Megatoneladas (Mt) de CE lançados na atmosfera (FAOSTAT, 2013). Enquanto essa fonte de emissão de GEE quase dobrou, foi verificado aumento de 22% na área de cultivo com milho no Brasil. Nesta mesma década, o rendimento por área teve um aumento de 80%, passando dos 2745 Kg ha<sup>-1</sup> (ano 2000) para 5012 Kg ha<sup>-1</sup> (ano 2010). Com o aumento do rendimento por área ocorreu um acréscimo de 61,4% na emissão de GEE proveniente da decomposição dos resíduos culturais, que neste período passou de 409.947 Mt CE para 667.536 Mt CE (FAOSTAT, 2013).

No entanto, se constata segundo vários autores (FOLEY et al, 2005; CANFIELD et al., 2010 e SEUFERT et al. 2012) que o uso inadequado dos fertilizantes nitrogenados é um problema importante a ser enfrentado pois impacta sensivelmente na emissão de N<sub>2</sub>O do solo. Embora a EMBRAPA (2012) relate que o uso de leguminosas, no Brasil, têm potencial de fixar, via FBN, 90 milhões de toneladas de N<sub>2</sub> ano<sup>-1</sup>, o que corresponderia de 770 a 990 milhões de toneladas de C ano<sup>-1</sup>, o IPCC (2006) projeta um aumento entre 35 e 60% na emissão de N<sub>2</sub>O do solo proveniente do uso de fertilizantes nitrogenados até 2030.

### **2.3 Processos e fatores envolvidos na produção de óxido nitroso**

A produção de N<sub>2</sub>O do solo é decorrente dos processos microbiológicos de nitrificação e desnitrificação (CONRAD, 1996).

A nitrificação é um processo aeróbico no qual ocorre a oxidação do amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) a nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), mediado principalmente por bactérias autotróficas dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrospira* (BAGGS & PHILIPORT, 2010). Neste processo, a produção de N<sub>2</sub>O se dá quando bactérias do gênero *Nitrosomonas* utilizam o NO<sub>2</sub><sup>-</sup> proveniente da oxidação do íon NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e o utilizam como acceptor

final de elétrons (POTH & FOCHT, 1985; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Assim, a produção de  $N_2O$  do solo, via nitrificação, está intimamente ligada à disponibilidade de  $NH_4^+$ . É também através do processo de nitrificação com a disponibilidade de  $NH_3$  e  $O_2$  que ocorre a nitrificação desnitrificante (WRAGE et al., 2004; KOOL et al., 2011). KOOL et al. (2011) relataram que em solos arenosos e em condições de baixa umidade, portanto não propícios para produção de  $N_2O$  via desnitrificação, têm na nitrificação desnitrificante o processo responsável pela maior produção de  $N_2O$  do solo.

O processo de nitrificação é influenciado pela acidez do solo, pois os microrganismos que participam deste processo são muito sensíveis a valores baixos de pH. No solo, a nitrificação é máxima em pH de 6,6 a 8,0, sendo muito reduzida em pH menor que 6,0 e nula abaixo de 4,5 (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Dessa forma, o pH influencia indiretamente na produção de  $N_2O$  e sua influência pode ser mais ou menos pronunciada, dependendo de qual dos processos de produção de  $N_2O$  prevalece no solo (GRANLI & BOCKMAN, 1994).

A desnitrificação é um processo anaeróbico no qual  $NO_3^-$  e  $NO_2^-$  são convertidos em formas gasosas de N, principalmente  $N_2O$  e  $N_2$  (CONRAD, 1996; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). A produção de  $N_2O$  ocorre quando bactérias anaeróbias facultativas (principalmente as do gênero *Pseudomonas*) na ausência de  $O_2$  utilizam o  $NO_3^-$  comoceptor final de elétrons em sua cadeia respiratória. Este processo ocorre quando fatores como disponibilidade de  $NO_3^-$ , C-orgânico e condições de solo, tais como alta umidade (porosidade preenchida por água), temperatura do solo e pH não são limitantes.

A nitrificação e a desnitrificação são processos que podem ocorrer simultaneamente em diferentes microsítios presentes no solo (NIELSEN et al., 1996; ABBASSI & ADAMS, 2000). Apesar do  $N_2O$  ser produzido principalmente por nitrificação e desnitrificação, estudo conduzido sob condições controladas verificou que a emissão de  $N_2O$  por desnitrificação apresentou magnitudes cerca de 150 vezes superior do que a nitrificação (PIMENTEL, 2014).

Os fluxos de  $N_2O$  do solo são influenciados por diferentes fatores que agem simultaneamente em três níveis: taxa de nitrificação e desnitrificação (primeiro nível), parâmetros físico-químicos do solo (segundo nível) e velocidade de difusão do gás da fase aquosa para a fase gasosa do solo e desta para a atmosfera (terceiro nível). Esse modelo é conhecido como modelo “*hole in the pipe*” (FIRESTONE & DAVIDSON, 1989). Apesar de estes processos serem bem conhecidos, ainda é difícil prever a quantidade de  $N_2O$  produzido através da nitrificação e desnitrificação porque estes dependem ao mesmo tempo de diversas variáveis de solo como teor de  $NO_3^-$  ou  $NH_4^+$ , umidade do solo (porosidade preenchida por água) e temperatura do solo. Muitas vezes, algumas condições destas estão presentes, mas uma ou as demais não estão determinando baixa produção do gás. Esta dependência de multi-fatores determina dificuldade de obter correlações entre variáveis isoladas e as emissões de  $N_2O$  do solo (CONRAD, 1996).

No entanto, existem faixas de umidade, representada pela porcentagem da porosidade do solo preenchida por água (PPA) em que os processos são mais atuantes. Embora NEIL et al. (2005) tenham proposto um modelo hipotético que prevê uma faixa de PPA de 10-60% para o processo de nitrificação e de 77-80% para o processo de desnitrificação a maioria dos estudos relatam que o processo de nitrificação é o principal responsável pela produção de  $N_2O$  quando a PPA se encontra entre 35 e 60%. Já a desnitrificação ocorre em condições de solo saturado, quando a PPA se encontra acima de 60%, tendo sido relatado em vários trabalhos o nível de 80% como condição ideal.

O conteúdo de água no solo tem múltiplos efeitos sobre as emissões de  $N_2O$  do solo. Altos conteúdos de água no solo dificulta a aeração do solo pela difusão do oxigênio ser muito baixa em água resultando em baixa liberação do  $N_2O$  pelos poros do solo para a atmosfera. Um aumento nas emissões de  $N_2O$  em altos valores de PPA (acima de 80%) pode ser observado até que essa PPA não resulte em restrições a difusão do gás para a atmosfera. Quando esse aumento nos valores de PPA passa a impedir a difusão do  $N_2O$  para a

atmosfera, aumenta as chances desse gás ser convertido a  $N_2$  (GRANLI & BOCKMAN, 1994), reduzindo, portanto, as emissões de  $N_2O$ . Ou seja, estreita-se a razão  $N_2O/N$  dos gases emitidos do solo (GAO et al., 2013).

A produção e emissão de  $N_2O$  dos solos está intimamente relacionada ao regime pluviométrico do local e a distribuição das chuvas ao longo das estações do ano. Isso faz com que as emissões de  $N_2O$  observadas anualmente para um determinado local apresentem variações sazonais e anuais significativas em função dessas condições climáticas (GARCIA-MONTIEL et al., 2003).

A sazonalidade das emissões de  $N_2O$ , ao menos em parte, são relacionadas a temperatura do solo. Taxas de reações microbianas no solo são maiores a temperaturas em torno de  $28^\circ C$  e sofrem decréscimos acentuados em temperaturas menores que  $25^\circ C$  e maiores que  $35^\circ C$  (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). O aumento da velocidade nestas reações do solo é medido pelo valor Q10. O valor Q10 se refere a quantas vezes aumenta a velocidade de uma reação a cada vez que é aumentado  $10^\circ C$  na temperatura do solo. Nos fluxos de  $N_2O$  do solo o valor Q10 pode variar de 2 a 10 (SKIBA & SMITH, 2000) por ter grande dependência de outros fatores envolvidos nos processos produtores de  $N_2O$ .

Geralmente dentro da faixa ideal de temperatura do solo onde os microrganismos produtores de  $N_2O$  têm seu metabolismo, com o aumento da temperatura do solo há um aumento nas taxas respiratórias, tendo como consequência o aumento no consumo de  $O_2$ . Esse aumento no consumo de  $O_2$  pode criar microssítios de anaerobiose que, desde que haja substrato, podem favorecer a produção de  $N_2O$  via processo de desnitrificação (LI et al., 2000).

Além das condições químicas do solo (concentração de  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ , C lábil, pH), físicas (difusão de  $O_2$ , temperatura e conteúdo de água), as emissões de  $N_2O$  do solo dependem das condições biológicas do solo, sobretudo, da dinâmica de crescimento e sucessão das populações microbianas do solo.

BEDARD-HAUGNH et al. (2006) relataram que a composição da população microbiana exerce um controle dominante sobre as emissões que permanecem relativamente constantes ao longo do tempo. Além disso, essa população também interage com as variáveis ambientais como, por exemplo, a concentração de nitrato, a temperatura, o espaço poroso ocupado por água e a disponibilidade de C. Os microrganismos que fazem este processo em condições de anaerobiose são os do gênero *Bacillus* e *Pseudomonas*, embora às vezes, em condição de escassez de O<sub>2</sub>, também microrganismos aeróbicos, como *Proteobacterias* e bactérias da família *Archae* possam utilizar o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> como aceptor final de elétrons.

Assim, cada ecossistema pode apresentar uma dinâmica própria em relação a sua população microbiana, sendo que em ecossistemas naturais, a produção de N<sub>2</sub>O é afetada por condições climáticas de temperatura e umidade e outros que afetam diretamente a atividade microbiana. Já em sistemas agrícolas, os fatores controladores da produção de N<sub>2</sub>O também podem sofrer influência devido à adoção de práticas de manejo do solo produzindo relações diferentes daquelas observadas em ambientes naturais (QUADROS et al., 2012).

#### **2.4 Sistemas conservacionistas e sua influência na emissão de óxido nítrico**

Os solos são a maior fonte de emissão de N<sub>2</sub>O para a atmosfera (KOOL et al., 2011), sendo este gás o terceiro mais importante gás de efeito estufa emitido por ações antropogênicas (IPCC, 2007).

Em solos agrícolas, os sistemas de preparo do solo influenciam na estrutura do solo, na taxa de mineralização dos resíduos vegetais e do N orgânico do solo, e nos fatores controladores da emissão de N<sub>2</sub>O para a atmosfera (CHAVEZ et al., 2009; ESCOBAR et al. 2010, ESCOBAR, 2011). Por sua vez, sistemas de cultura afetam a quantidade e qualidade da biomassa

aportada ao solo, com efeito nas condições físicas do solo (teor de água, por exemplo), mas principalmente, das taxas de mineralização e de imobilização de N no solo, com reflexos nos teores de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  do solo (PIMENTEL, 2014).

De modo geral, solos em SPD podem apresentar maior emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  à atmosfera devido a maior presença de populações de bactérias desnitrificadoras quando comparadas a solos em sistema de cultivo convencional (LINN & DORAN, 1984). Tal fato é devido ao maior adensamento do solo (BALL et al., 1999) e maior conservação de água (BAGGS et al., 2006) diminuindo assim a difusão de  $\text{O}_2$  no solo. Além do SPD conservar maior conteúdo de água no perfil quando comparado ao preparo convencional (PC), com o passar dos anos pode aumentar a porcentagem de microporos devido ao adensamento provocado pelo trânsito de máquinas e/ou pelo longo período sem revolvimento (BALL et al., 1999; RUSER et al. 2006). Solos com essas características podem apresentar maior PPA e assim, maior potencial para ocorrência do processo de desnitrificação (RUSER et al., 2006). A permanência da PPA em níveis altos também é influenciada pelo índice de cobertura do solo pelos resíduos culturais. O índice de cobertura do solo influi diretamente no balanço de transferência de energia entre atmosfera e solo podendo assim consequentemente modificar os fluxos de água no sistema solo-planta-atmosfera tendo como consequência a possível alteração na dinâmica da população microbiana do solo. (FURLANI et al., 2008).

Por sua vez, a melhoria das propriedades físicas do solo, principalmente sua estrutura e agregação, fato que ocorre a longo prazo em sistemas conservacionistas pode favorecer a drenagem e aeração do perfil do solo. Solos em SPD nestas condições podem apresentar redução nas emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  quando comparados com solos cultivados em PC (SIX et al., 2004), atingindo inclusive emissões semelhantes às que ocorrem em sistemas naturais (JANTALIA et al., 2008).

A adição de resíduos culturais de leguminosas ao solo tem sido relacionada ao aumento das emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  nos solos agrícolas (BAGGS et

al., 2006). GOMES et al. (2009) e ESCOBAR et al. (2010) verificaram altos índices de emissão de  $N_2O$  nos primeiros dias após o manejo das plantas de cobertura. Esse alto índice de emissão é devido à alta disponibilidade de C e N lábil por ocasião da decomposição dos resíduos culturais. Os processos microbianos, tanto em SPD quanto em PC, são intensificados pela adição de C e N ao solo. Independentemente da fonte, quanto maior a adição de resíduos no solo maior é o aumento da disponibilidade de substrato para os microrganismos no solo e essa adição pode ser responsável por aumentar as emissões de  $N_2O$  (CHATSKIKH et al., 2008; BOECKX et al., 2001). O uso de plantas de cobertura, em especial leguminosas, aumenta a emissão de  $N_2O$ , por estimular os processos de nitrificação e de desnitrificação (AITA & GIACOMINI., 2003). A decomposição dos resíduos é dependente da sua composição bioquímica e da capacidade degradadora da microbiota do solo. Frações prontamente disponíveis são provenientes de materiais constituídos por celulose e hemicelulose e estas, respectivamente, são pronta a moderadamente assimiláveis pela microbiota do solo. Por sua vez, a lignina só entra na célula microbiana após ação enzimática que produz compostos aromáticos simples, sendo estes, importantes componentes das substâncias húmicas do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Sendo assim, é a composição química e estrutural (relação C/N, lignina/N, polifenóis/N) do resíduo vegetal que determina a magnitude das emissões de  $N_2O$  dos solos com adição de resíduos vegetais (AULAKH et al. 1991; PIMENTEL, 2014). A qualidade do resíduo afeta diretamente as taxas de decomposição dos resíduos vegetais e a disponibilidade de N mineral no solo, influenciando conseqüentemente nas emissões de  $N_2O$ . De forma geral, a emissão de  $N_2O$  é tanto maior quanto mais facilmente decomponível for o resíduo vegetal adicionado ao solo. A utilização de plantas de cobertura no SPD, em especial as leguminosas, não somente adiciona grandes quantidades de nutrientes mas principalmente, fornece C e N em formas solúveis e de mais fácil assimilação pelo microrganismos (AITA & GIACOMINI., 2003). Devido a

essas características, as leguminosas podem apresentar condições mais favoráveis para a emissão de  $N_2O$ .

A deposição dos resíduos culturais no solo influencia na magnitude de emissão de  $N_2O$  nas primeiras semanas após seu manejo. Porém, ainda não se sabe ao certo em qual dos sistemas de manejo ocorre uma maior emissão. Ao comparar emissões de  $N_2O$  em sistemas de preparo do solo, alguns autores observaram maiores emissões de  $N_2O$  em preparo convencional [KESSAVALOU et al. (1998); LIEBIG et al.(2005); MOSIER et al. (2006); OMONODE et al. (2011)], enquanto outros autores verificaram maiores emissões em SPD [BALL et al. (2008); HALVORSON et al. (2008); ESCOBAR et al. (2010)]. Por sua vez, JANTALIA et al. (2008) não observaram diferenças significativas nas emissões de  $N_2O$  entre o SPD e o PC, atribuindo este fato aos baixos valores de PPA (<40%) verificados durante o período de amostragem. Dessa forma, se torna necessário um maior número de estudos ao longo de safras consecutivas com o intuito, por exemplo, de verificar quais são os fatores determinantes que favorecem ou não estas emissões.

Estudar a dinâmica de emissão de  $N_2O$  em sistemas conservacionistas por um período mais longo (várias safras), em experimentos de longa duração se torna importante para avaliar respostas cumulativas, haja visto que as mudanças no solo ocorrem de forma lenta e gradual enquanto que ao mesmo tempo os eventos climáticos podem sofrer variação a cada ano.

## **2.5 Emissões de metano e os sistemas de manejo**

Solos aerados usualmente apresentam um pequeno influxo de  $CH_4$  decorrente do balanço do processo de metanotrofia em relação ao processo de metanogênese. Quando cultivados, os solos diminuem essa capacidade de oxidar  $CH_4$  decorrente da alteração da microbiota. Normalmente o cultivo intensivo do solo e a aplicação de fertilizantes nitrogenados são práticas que são relacionadas a essa perda da capacidade de absorção de  $CH_4$  em solos

aerados. Com a adoção de sistemas conservacionistas de manejo, existe a expectativa de recuperar a capacidade oxidativa de CH<sub>4</sub> do solo, mas a mesma deve ocorrer numa perspectiva de décadas e, possivelmente, seja restringida pelo uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, bem como de plantas leguminosas de cobertura de solo. (BAYER et al., 2012).

## 2.6 Sistemas de manejo conservacionistas e o balanço de GEE

O balanço de gases de efeito estufa (GEE) permite avaliar a real contribuição dos sistemas de manejo na mitigação das emissões por levar em consideração todos os principais gases envolvidos (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) e a capacidade de absorção de energia na região do infravermelho, o que se reflete no potencial de aquecimento de cada gás. Além da capacidade de absorção de energia das moléculas, o potencial de aquecimento dos gases (1 para o CO<sub>2</sub>, 25 para o CH<sub>4</sub> e 298 para o N<sub>2</sub>O) também reflete o período de permanência na atmosfera dessas moléculas. O potencial de aquecimento global (PAG) que reflete o balanço das emissões dos GEE é expresso em quantidades equivalentes de C ou CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> equiv. ou C-C O<sub>2</sub> equiv.), e também leva em consideração as emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes das operações agrícolas e da produção de insumos (PIVA et al. 2012).

Abaixo é representada a expressão pela qual é calculado o PAG de sistemas de manejo:

$$\text{PAG (Kg CO}_2 \text{ Equiv ha}^{-1}\text{)} = (\text{CO}_2 \times 1) + (\text{N}_2\text{O} \times 298) + (\text{CH}_4 \times 25) + \text{Custos CO}_2 \text{ Equiv.}$$

Sistemas conservacionistas de manejo, usualmente, apresentam menor PAG do que sistemas convencionais. Naqueles sistemas de manejo, possíveis maiores emissões de N<sub>2</sub>O do solo, são contrabalanceadas por expressivas taxas de retenção de C atmosférico no solo. Em sistemas com leguminosas de cobertura de solo, as mais elevadas taxas de retenção de C no solo superam em diversas vezes as emissões de N<sub>2</sub>O decorrentes dessas espécies, e esses sistemas de manejo apresentam um PAG positivo (influxo líquido de GEE) ou,

quando negativo (efluxo líquido de GEE) este é inferior ao de sistemas exclusivamente com gramíneas (GOMES, 2009; BAYER et al. 2014).

Em termos de impacto de sistemas de manejo sobre as emissões de GEE, recentemente tem sido utilizado um índice o qual expressa a emissão de GEE num determinado sistema de manejo (PAG) por unidade de produto (MOSIER et al., 2006). Este índice representa a eficiência do sistema em produção com a mínima emissão de GEE (SNYDER et al., 2009).

### **3. HIPÓTESES GERAIS**

Os resíduos de plantas de cobertura leguminosas, sejam de inverno como estivais, intensificam as emissões de óxido nitroso no solo independente do sistema de preparo de solo. No período logo após o manejo dessas espécies, a emissão é mais intensa em preparo convencional do que em plantio direto pelas mais elevadas taxas de decomposição dos resíduos vegetais.

As emissões de CH<sub>4</sub> são de baixa magnitude em solos aerados e praticamente não são afetadas pelos sistemas de manejo do solo.

Sistemas conservacionistas de manejo, envolvendo uso de plantas de cobertura e plantio direto, apresentam um balanço positivo de gases em comparação a sistemas convencionais de manejo (baixo aporte de resíduos e intenso revolvimento do solo) como resultado das taxas de sequestro de C no solo, as quais superam as possíveis maiores emissões de N<sub>2</sub>O nestes sistemas de manejo.

### **4. OBJETIVOS GERAIS**

Avaliar o efeito a longo prazo de espécies leguminosas de plantas de cobertura de solo na emissão de óxido nitroso e de metano em Argissolo subtropical em preparo convencional e plantio direto;

Avaliar o potencial de sistemas conservacionistas de manejo em mitigar as emissões de gases de efeito estufa em solos agrícolas do Sul do Brasil.

## 5. ESTUDO I

### EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA AFETADA POR SISTEMAS DE CULTURAS E DE PREPAROS EM ARGISSOLO SUBTROPICAL

#### 5.1 Resumo

Leguminosas de cobertura permitem o suprimento parcial de N para o milho em sucessão, mas pouco se sabe do impacto dessa prática nas emissões de gases de efeito estufa no Sul do Brasil. Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito das culturas de cobertura de inverno (aveia preta e ervilhaca) na emissão de gases de efeito estufa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$ ) em Argissolo subtropical cultivado durante mais de duas décadas em preparo convencional e plantio direto. A avaliação das emissões de gases ( $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$ ) foi conduzida durante dois anos agrícolas (2010/11 e 2011/12), e com as emissões acumuladas anuais destes gases e mais a variação do C no solo e dos valores de custos em  $\text{CO}_2$  das práticas e insumos agrícolas, calculou-se o potencial de aquecimento global e um índice de emissão de gases por unidade de produto (milho), o qual serve como um índice de eficiência de produção em relação ao impacto ambiental. Entre 1/2 a 2/3 das emissões acumuladas se concentraram durante os primeiros 60 dias após o manejo das culturas de cobertura de inverno. De maneira geral as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  no solo em PD foram inferiores do que no solo em PC, mas foram intensificadas quando do uso de leguminosa de cobertura do solo. Entretanto, esse efeito da leguminosa no aumento das emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo foi superado pela sua influência favorável no acúmulo de C no solo. Em todos os sistemas de manejo houve influxo de  $\text{CH}_4$  no solo, sendo este de baixa magnitude. Sistemas em PD e com uso de leguminosa de cobertura no inverno apresentaram um balanço positivo no ponto de vista ambiental, ao mitigar a emissão de GEE e econômico, ao propiciar maior rendimento de grãos por área.

## 5.2 Introdução

A adoção de sistemas de manejo que incluem leguminosas como culturas de cobertura permite a produção de uma alta quantidade de resíduos, com efeito nos estoques de C no solo e na disponibilidade de N para as culturas comerciais (DIECKOW et al., 2006; WEBER, 2008). Quando comparados a sistemas com uso exclusivo de gramíneas, os sistemas com leguminosas disponibilizam N em maior quantidade nas primeiras semanas após o manejo das culturas de cobertura, devido à rápida mineralização (ACOSTA et al., 2014). Por outro lado, gramíneas, e em especial a aveia, pode apresentar um processo lento de mineralização, levando vários meses para que ocorra liberação do N presente na biomassa (AITA & GIACOMINI, 2003).

Em sistemas de baixa adição de insumos, como fertilizantes nitrogenados, a utilização de uma cultura de cobertura leguminosa com potencial de fornecimento de N para a cultura comercial cultivada em sucessão é um aspecto altamente desejável (AITA et al., 1997; AMADO et al., 2002).

Sistemas de culturas que apresentam baixo suprimento de N nesse período, como é o caso de sistemas com uso exclusivo de gramíneas, necessitam de N proveniente de fertilizantes minerais ou orgânicos (dejetos animais), os quais podem determinar o aumento considerável da emissão de  $N_2O$  do solo no sistema de produção, comprometendo a sustentabilidade do agroecossistema.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das culturas de cobertura de inverno (leguminosas e gramíneas) na emissão de óxido nitroso de um Argissolo subtropical durante dois anos agrícolas consecutivos, em dois sistemas de preparo de solo (convencional – SPC e plantio direto – SPD).

### **5.3 Material e métodos**

#### **5.3.1 Caracterização edafoclimática**

As avaliações foram realizadas em um experimento de longa duração que avalia sistemas de preparo de solo e culturas de cobertura (Experimento 2), instalado na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – EEA/UFRGS. A EEA/UFRGS está localizada nas coordenadas geográficas 30° 50' 52" S e 51° 38' 08" O, no município de Eldorado do Sul, RS. O relevo da área é ondulado, com altitude média de 46 metros e a vegetação nativa predominante é de campo nativo, composto principalmente por gramíneas rasteiras e desmodio (*Desmodium sp.*)

A região da Depressão Central, na qual está instalado o experimento, apresenta clima subtropical úmido, Cfa (Köppen), com temperatura média anual de 19,2 °C, variando entre 9°C no mês mais frio e 30°C no mês mais quente (BERGAMASCHI et al., 2003). A precipitação média é de 1440 mm, com curtos períodos de déficit hídrico no verão. O solo do experimento é classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006), derivado de granito, com 220 g Kg<sup>-1</sup> de argila. Os principais minerais na fração argila são a caulinita (720 g Kg<sup>-1</sup>) e os óxidos de ferro (109 g Kg<sup>-1</sup>) (BAYER, 1996).

#### **5.3.2 Caracterização do experimento e tratamentos avaliados**

O experimento de sistemas de preparos e culturas de cobertura foi instalado em área cultivada por duas décadas em preparo convencional e que apresentava elevado estágio de degradação do solo. O experimento usa um delineamento de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas. Três sistemas de preparo (preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto) são aplicados nas parcelas principais (15x20 m), sendo que nas subparcelas (5x20 m) são conduzidos três sistemas de culturas (aveia/milho, vica/milho e aveia+vica/milho+caupi). Duas doses de N são aplicadas em faixas nos blocos

(45x10 m). A dose de 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> foi utilizada até o ano de 1993, sendo a partir deste ano substituída pela dose de 0 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N até os dias atuais. Neste experimento, os gases e as variáveis de solo foram coletados nos tratamentos aveia/milho (A/M) e vica/milho (V/M), em SPC e em SPD em microparcelas de 2x2 metros, todos sem adição de fertilizantes nitrogenados. As demais recomendações de adubação seguiram as recomendações da SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (2004).

### 5.3.3 Amostragem do ar e análise dos gases

A amostragem do ar para determinação dos gases nas duas safras avaliadas foi iniciada no 1º e 3º dias após a aplicação dos preparos de solo e manejo das plantas de cobertura. Na safra 2010/11 foram realizadas 25 coletas, aos 1, 9, 13, 16, 21, 30, 37, 51, 65, 84, 97, 119, 135, 153, 168, 189, 201, 215, 229, 243, 257, 271, 285, 313 e 324 dias após os preparos de solo. Na safra 2011/12 foram conduzidas 33 coletas, sendo o período até os 64 dias (3, 5, 7, 9, 13, 16, 20, 22, 27, 29, 35, 40, 48, 55 e 64 dias) com maior concentração de coletas, e após este período, as coletas foram realizadas com intervalos de aproximadamente quinze dias (71, 90, 114, 125, 140, 156, 176, 187, 202, 215, 230, 250, 264, 278, 292, 307, 323 e 341 dias). Os dois períodos de pós-manejo das plantas de cobertura, para fins de comparação, foram iguais a 60 dias.

Para avaliação das emissões de gases utilizou-se o método das câmaras estáticas, as quais foram compostas por dois módulos: (i) uma base de alumínio (40 x 80 cm), inseridas no solo a 5 cm de profundidade e (ii) um topo de alumínio com as mesmas dimensões, a qual era encaixada sobre a base de alumínio quando da coleta, constituindo a câmara de amostragem. O topo apresenta na sua parte superior uma alça de transporte e orifícios aos quais são conectados o termômetro digital, o extensor de coleta de ar e a fiação para conexão da bateria. Internamente a câmara apresenta três ventiladores do tipo *cooler*.

As coletas de ar foram conduzidas entre as 9 e 11:00 H da manhã, e as emissões foram consideradas equivalentes às emissões médias diárias. As coletas foram realizadas com seringas de polipropileno BD<sup>®</sup> com volume de 20 mL, as quais foram acondicionadas em caixa de isopor a baixa temperatura.

As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A quantificação foi feita por equipamento da marca GC Shimadzu 2014, modelo “Greenhouse” com as seguintes condições cromatográficas: coluna Porapak-Q com temperatura a 70°C, gás de arraste N<sub>2</sub> a 30 mL min<sup>-1</sup>, metanador a 380°C, detector FID a 250°C e ECD a 325°C.

O fluxo dos gases foi calculado a partir do coeficiente angular da equação linear que relaciona a variação na concentração do gás no interior das câmaras e os tempos de coleta (0, 15, 30 e 45 minutos após o fechamento da tampa). As emissões acumuladas foram estimadas a partir da integração dos fluxos diários em relação ao período de coleta.

O fluxo de gases foi calculado pela equação:

$$f = \Delta Q / \Delta t \times PV / RT \times 1/A, \text{ onde:}$$

**Q** é a massa do gás ( $\mu\text{g N}_2\text{O}$  ou  $\text{CH}_4 \text{ m}^{-2}$ ) dentro da câmara no intervalo de tempo **t** (hora<sup>-1</sup>);

**P** é a pressão no interior da câmara, assumida como 1 atm e **V** o volume da câmara (L);

**R** é a constante universal dos gases ( $0,08205 \text{ L.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ ) e **T** a temperatura interna (°K) do interior da câmara;

**A** é a área da câmara ( $\text{m}^{-2}$ ).

### 5.3.4 Variáveis de solo e meteorológicas

A cada tempo em que foi coletado ar do interior das câmaras foi realizada leitura da temperatura do solo a 5 cm de profundidade através de termômetros digitais, inseridos previamente ao lado de cada câmara de coleta.

No mesmo horário das coletas de ar foram feitas amostragens de solo na profundidade de 0 a 10 cm para determinação da umidade gravimétrica. A partir da umidade gravimétrica foi calculada a percentagem da porosidade preenchida por água, pela equação:

$$\text{PPA (\%)} = U_g \times D_s / P_T, \text{ onde:}$$

$U_g$  = Umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ )

$D_s$  = Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$P_T$  = Porosidade total do solo ( $\text{g g}^{-1}$ ), obtida pela equação:

$$P_T = 1 - D_s / D_p, \text{ onde:}$$

$D_p$  = Densidade de partícula ( $2,65 \text{ Mg m}^{-3}$ )

A densidade do solo foi obtida de estudos anteriores feitos nesta mesma área experimental por CHAVEZ (2011) e ESCOBAR (2011).

A temperatura média do ar e a precipitação foram obtidas na Estação Meteorológica Automática do Departamento de Plantas Forrageiras e Meteorologia, da EEA/UFRGS, situada próximo da área experimental.

### 5.3.5 Potencial de Aquecimento Global e Índice de Emissão de gases

O PAG foi calculado a partir das emissões anuais de  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  de cada tratamento avaliado. As emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  foram determinadas diretamente por cromatografia gasosa e as emissões de  $\text{CO}_2$  foram calculadas considerando a taxa de retenção de C do solo, estimada a partir da diferença entre os estoques de C no solo determinados em 2003 (ZANATTA, 2007) na

camada de 0 – 20 cm e o estoque de C do solo no início do experimento em 1985.

As emissões de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> foram convertidas para quantidades equivalentes de C (CE). Para isso considerou-se o potencial de aquecimento global das moléculas de N<sub>2</sub>O e do CH<sub>4</sub>, que é de 298 e 25 vezes maior do que o de uma molécula de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007).

Para o cálculo utilizou-se a seguinte equação:

**PAG (Kg CE ha<sup>-1</sup>) = ( $\Delta C_{\text{solo}}$ ) + (N-N<sub>2</sub>O x 127,48) + (C-CH<sub>4</sub> x 9,08) + custos CE**, onde:

Os fatores de conversão de 127,48 para o N<sub>2</sub>O e 9,08 para o CH<sub>4</sub>, são referentes à conversão das emissões anuais dos respectivos gases para quantidades anuais de CE.

No cálculo do PAG foram considerados também os custos das atividades agrícolas e dos insumos utilizados em cada tratamento, expressos em CE, baseados em levantamento apresentado por LAL (2004) e adaptado para a condição do experimento por ZANATTA (2009).

Um índice de eficiência de produção em relação ao impacto ambiental dos sistemas de manejo foi calculado como a razão entre o PAG (Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e o rendimento de grãos do milho (Mg ha<sup>-1</sup>) (GOMES, 2006). No cálculo, considerou-se o rendimento médio de grãos de milho obtido a partir dos rendimentos médios de milho dos 26 anos do experimento.

### 5.3.6 Análise estatística

Análises descritivas (média  $\pm$  erro padrão) para os fluxos diários de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, PPA e temperatura do solo; as emissões acumuladas anual e no período pós-manejo (60 dias) foram submetidas a análise de variância, e a diferença entre as médias de tratamentos avaliadas pelo teste de Tukey a 10%; a relação entre as variáveis de solo e as emissões de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> foram

avaliadas pela significância dos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) de regressões polinomiais.

## **5.4 Resultados e discussão**

### **5.4.1 Emissões de N<sub>2</sub>O**

Durante o período avaliado, que compreendeu os anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, foi observado um comportamento similar nas emissões de N<sub>2</sub>O do solo, entretanto com maiores magnitudes no segundo ano (Figuras 1b e 2b). A emissão média no período de pós-manejo do ano agrícola 2010/11 variou de  $9,55 \pm 6,17 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  no sistema PD A/M a  $17,50 \pm 15,60 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  no sistema PC A/M. No ano 2011/12, a emissão média variou de  $11,60 \pm 14,00 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  no sistema PD A/M a  $61,80 \pm 63,30 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  no sistema PC V/M. GOMES (2006), ZANATTA (2009) e ESCOBAR (2011), no mesmo experimento verificaram dinâmica semelhante de emissão de N<sub>2</sub>O no período de pós-manejo.

Entre os dois anos agrícolas foram verificados picos de emissão de N<sub>2</sub>O do solo após a colheita do milho/semeadura das culturas de inverno (ZANATTA, 2009) no primeiro ano (2010/11), mas não se verificou esses mesmos picos no segundo ano.

No período de pós-colheita do milho, os fluxos médios apresentaram um comportamento semelhante ao ocorrido no período de pós-manejo do mesmo ano agrícola com menor fluxo no sistema PD A/M ( $6,00 \pm 5,00 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) e maior fluxo no sistema PD V/M ( $26,00 \pm 27,00 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ). Enquanto as emissões no período pós-manejo 2010/11 não apresentaram relação com o volume de chuva acumulado até 3 dias anteriores a coleta de gases (Figuras 1 e 2), no período pós-colheita, ao menos em parte, a emissão de N<sub>2</sub>O deste ano pode ter sido ocasionada pela ocorrência de um evento de chuva de 50 mm logo nos primeiros dias após a semeadura das culturas de inverno, enquanto

que no segundo ano, no período de pós-colheita, eventos de chuva foram inferiores a 20 mm.

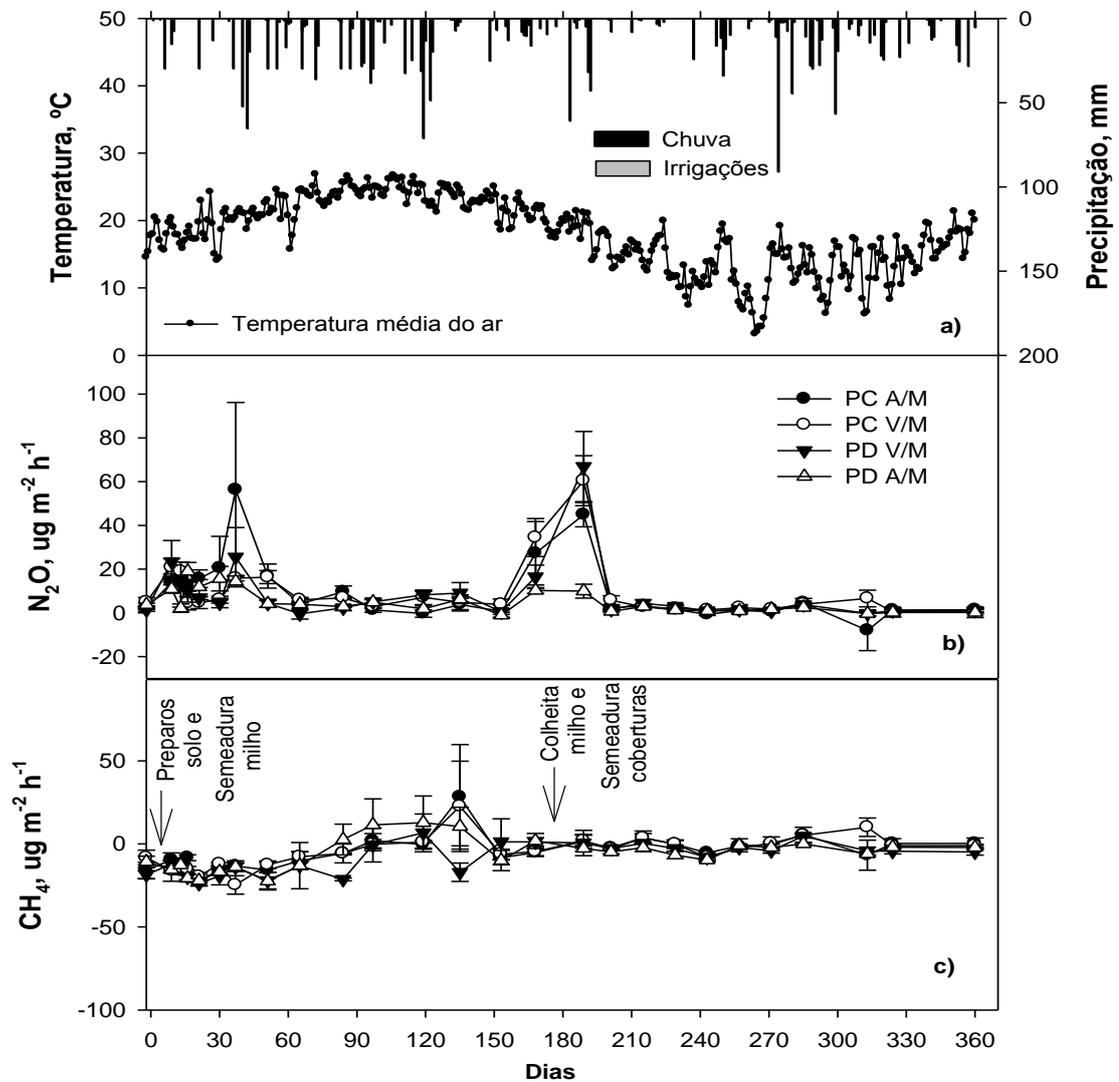
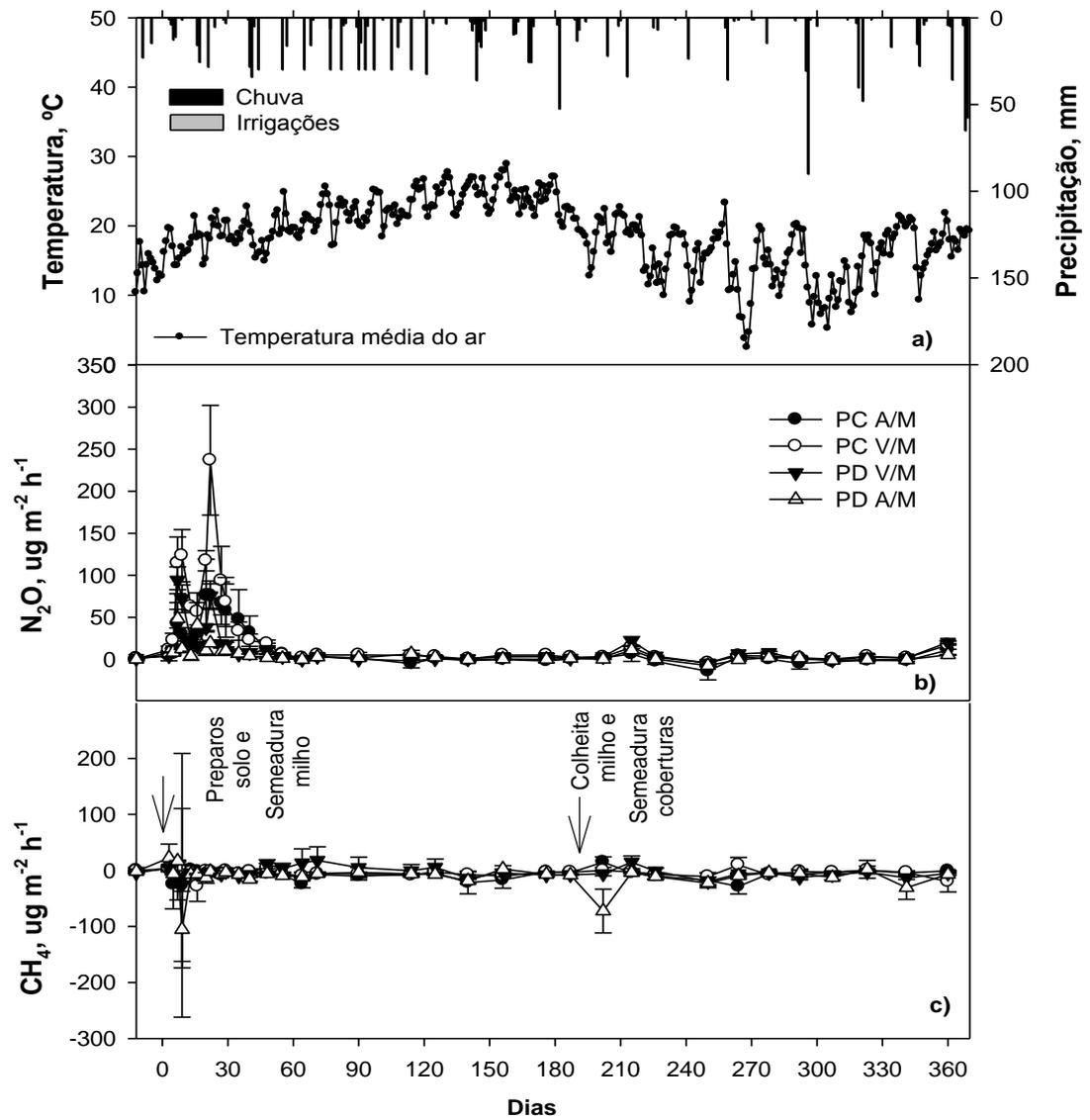


Figura 1 - a) Temperatura do ar (° C), precipitação (mm), b) fluxos de óxido nítrico (N-N<sub>2</sub>O, µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e c) metano (C-CH<sub>4</sub>, µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) do solo no período anual em sistemas de preparos do solo no ano 2010/2011. Barras verticais indicam o erro padrão da média de cada tratamento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.



**Figura 2 - a) Temperatura do ar (° C), precipitação (mm), b) fluxos de óxido nitroso (N-N<sub>2</sub>O, µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e c) metano (C-CH<sub>4</sub>, µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) do solo no período anual em sistemas de preparos do solo no ano 2011/2012. Barras verticais indicam o erro padrão da média de cada tratamento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

No entanto, no segundo ano do pós-manejo (Figura 2) seguindo proposição de autores como BAGGS et al., (2006) e ALMARAZ et al. (2009) foram realizadas coletas de gases em intervalo de tempo (dias) menores, onde foi possível detectar a influência do volume e frequência da chuva na emissão de  $N_2O$  do solo. Entre o 16º e 30º dia após o manejo das culturas de cobertura foi verificado o volume acumulado de 80 mm de chuva sendo este volume mais concentrado entre os dias 16 a 22 (Figura 2). Foi neste período de 6 dias que foram verificadas as maiores emissões de todo o período de avaliação dos anos 2010/2012. Provavelmente, o volume de chuva acumulado neste período favoreceu a formação de microssítios de anaerobiose onde os processos anaeróbicos como a desnitrificação predominaram (LINN & DORAN, 1984).

O fluxo médio anual de  $N-N_2O$  no sistema PC foi de  $9,60 \pm 14,00 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no ano agrícola 2010/11 e  $22,50 \pm 37,80 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  no ano agrícola de 2011/12. No sistema PD, o fluxo médio de  $N-N_2O$  foi de  $6,70 \pm 9,50 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$  e  $9,85 \pm 16,90 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$ , respectivamente nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12. Dessa forma, os fluxos do PD sempre foram cerca de 1,5 a 2 vezes inferiores aos verificados no solo em PC.

#### **5.4.2 Variáveis controladoras da emissão de $N_2O$**

No período de pós-manejo a temperatura do solo não se diferenciou entre os sistemas de preparo e de culturas. A temperatura média dos sistemas no período de pós-manejo nos dois anos de avaliação foi de  $20,3^\circ C$ . Não foram registradas grandes amplitudes no período pós-manejo. A temperatura mínima do solo no ano agrícola 2011/12 foi de  $15,5^\circ C$  no sistema PC enquanto que a temperatura máxima foi de  $25,5^\circ C$  também no PC. O sistema PD se manteve na maioria das coletas, em média,  $1^\circ C$  mais baixo das temperaturas máximas do solo e  $1^\circ C$  mais alto nas temperaturas mínimas do solo quando comparado ao PC. No período pós-colheita, a temperatura média do solo também manteve

a dinâmica embora a amplitude verificada entre máxima e mínima tenha sido maior. A temperatura mínima das mínimas do solo, registrada no inverno de 2010/11 diferiu quase 2°C entre PC (7,3°C) e PD (9,1°C) não tendo sido verificada a mesma tendência no ano de 2011/12 provavelmente devido a melhor cobertura do solo (BRAGAGNOLO, 1986; BERGAMASCHI et al., 2003) pelas plantas de cobertura de inverno que tanto no PD quanto no PC ainda estavam em estágio vegetativo. Como a temperatura do solo influencia na velocidade de nitrificação e desnitrificação dos microrganismos do solo (SNYDER et al., 2009) e considerando que no período de maior emissão de N<sub>2</sub>O do solo estas permaneceram dentro da faixa considerada de máxima atividade dos microrganismos (CONRAD, 1995) era esperado que houvesse relação entre temperatura do solo e emissão de N<sub>2</sub>O do solo. No entanto, esta relação não foi verificada.

No presente estudo a PPA (%) média anual nos dois anos de avaliação foi < 60%. No período de pós-manejo do ano agrícola de 2010/11, o sistema PC variou de 48±9% (PC A/M) a até 49±8% (PC V/M) perfazendo a média aproximada de 48% para o sistema PC. No ano seguinte, o mesmo sistema variou de 53±9% (PC A/M) a 57±11% (PC V/M), perfazendo a média aproximada de 55%. Em ambos os anos, a PPA (%) máxima foi de 63 e 67% respectivamente para o ano agrícola de 2010/11 e 2011/12. No sistema PD a PPA variou de 51±9% a até 53±7% no ano agrícola 2010/11 com média aproximada de 52% enquanto que no ano agrícola de 2011/12 a PPA atingiu o valor médio de 58±12% tanto PD A/M quanto PD V/M. Além do aumento médio da PPA (%) em relação ao ano anterior, o limite máximo atingido foi de 78% PPA. Em ambos os anos, no pós-manejo, a PPA mínima foi de aproximadamente 40% tanto no sistema PC quanto PD.

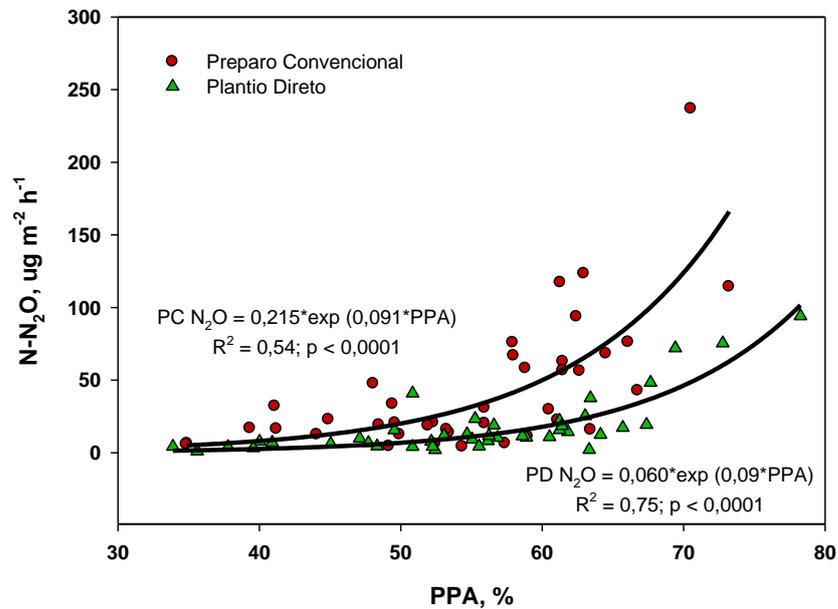
No período de pós-colheita os valores médios de PPA também mantiveram-se abaixo de 60%. No ano agrícola de 2010/11 o sistema PC atingiu PPA de 56±4% enquanto que no PD a PPA foi de 60±9% (com PPA máxima de 77% e PPA mínima de 45%). Valores mais baixos de PPA foram

verificados no ano agrícola 2011/12 onde a PPA média no sistema PC foi de  $45 \pm 11\%$  (com PPA máxima de 64% e PPA mínima de 29%) e no PD média de  $47 \pm 11\%$  (com PPA máxima de 66% e PPA mínima de 33%). Quando verificada a PPA média anual nestes dois sistemas, não houve grandes variações nos dois anos agrícolas. A média do sistema PC foi de 56% de PPA enquanto que no sistema PD foi de 59%.

Os valores de PPA (%) permitem inferir que durante boa parte do tempo, exceto o período inicial de pós-colheita do ano agrícola 2010/11 e dos 6 dias de chuvas frequentes ocorridas no pós-manejo do ano 2011/12, onde a PPA (%) num curto espaço de tempo apresentou-se  $>60\%$  (Apêndices 11, 12, 13 e 14) favorecendo o processo de desnitrificação na produção de  $N_2O$  do solo, no restante do tempo é bem provável que o  $N_2O$  do solo tenha sido produzido pelo processo de nitrificação (BATTEMAN & BAGGS, 2005, WRAGE et al., 2001; KOOL et al., 2011). No período de pós-colheita e no período de pós-manejo, acima referidos, a quantidade a qualidade e a localização dos resíduos podem ter sido responsáveis, juntamente com a PPA  $>60\%$  pela diferença nos picos de emissão de  $N-N_2O$  do solo verificado entre os tratamentos. Em ambos os anos o PC ou o uso de leguminosas ou ambos (PC V/M) foram os tratamentos que apresentaram maior emissão de  $N_2O$  do solo. No caso do PC, o efeito na emissão de  $N_2O$  foi potencializado devido ao revolvimento do solo quando a prática de manejo melhorou o contato do resíduo vegetal com o solo facilitando o acesso dos microrganismos ao material orgânico rico em C lábil acelerando o processo de decomposição (ALMARAZ et al., 2009). Já a incorporação do resíduo de leguminosas, de baixa relação C/N facilitou a rápida decomposição dos resíduos e liberação de N resultando em maiores emissões de  $N_2O$  quando comparado a incorporação de resíduos de gramíneas (BAGGS et al., 2003).

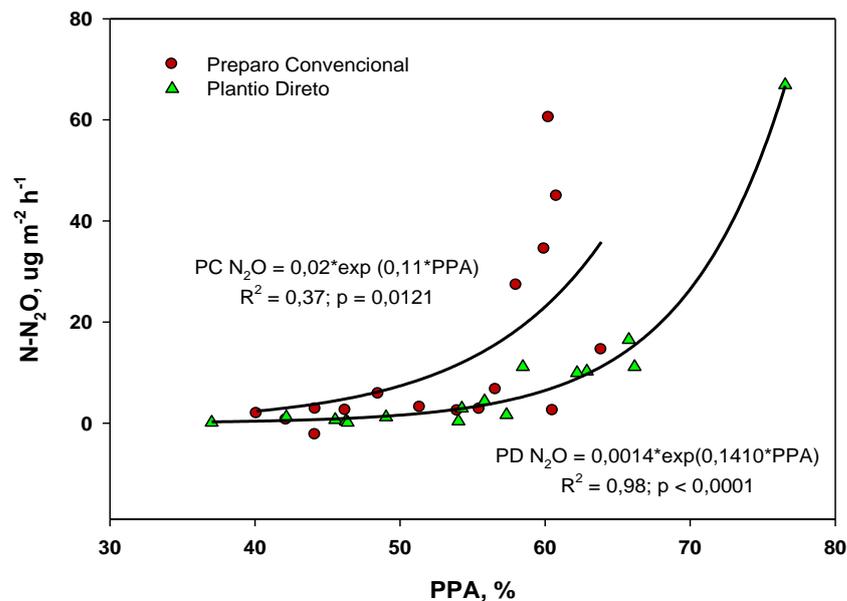
No período de pós-manejo e no período de pós-colheita foram verificadas relações significativas entre PPA (%) e emissão de  $N_2O$  do solo (Figuras 3 e 4). As relações foram mais altas no sistema PD. No pós-manejo e

no pós-colheita do PD, unindo-se os fluxos de  $N_2O$  dos dois anos agrícolas foi possível verificar as relações  $R^2 = 0,75$ ;  $p < 0,0001$  e  $R^2 = 0,98$ ;  $p < 0,0001$ , respectivamente (Figuras 3 e 4). No sistema PC foram verificadas relações com menor dependência. Provavelmente a menor relação verificada no sistema PC [ $R^2 = 0,54$ ;  $p < 0,0001$  (pós-manejo) e [ $R^2 = 0,37$ ;  $p = 0,0121$  (pós-colheita)] reflita o processo de produção de  $N_2O$  dominante, haja visto que segundo JANTALIA et al. (2006) um índice entre 35 e 60% de PPA favorece a emissão de  $N_2O$  do solo como um subproduto do processo de nitrificação.



**Figura 3 - Relação entre a porosidade preenchida por água (PPA) e os fluxos de  $N_2O$  do solo no período de pós-manejo das plantas de cobertura do solo em sistemas de preparos, anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

No entanto, se poderia esperar uma maior relação entre a PPA (%) do PC e a emissão do  $N_2O$  do solo. Porém as operações de aração e gradagem associadas a baixa quantidade de chuva no período de pós-manejo do ano agrícola de 2010/11 provavelmente deixaram o solo submetido a este manejo, com uma menor quantidade de água ao longo do período. A maior aeração e porosidade no PC aliado a distribuição do N liberado em um volume maior de solo pode ter influenciado, limitando a produção de  $N_2O$  do solo. Assim podem ter sido criadas condições desfavoráveis ao processo de desnitrificação (ROCHETTE et al., 2008).



**Figura 4 - Relação entre a porosidade preenchida por água (PPA) e os fluxos de  $N_2O$  do solo no período de pós-colheita das plantas da cultura do milho em sistemas de preparos e de culturas, anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

Estudos, como por exemplo, o realizado por KHALIL et al., (2004) evidenciam que pode ocorrer simultaneamente no solo os processos microbianos de nitrificação e desnitrificação, ambos produzindo  $N_2O$ . No entanto, a predominância de um ou de outro processo irá depender das condições específicas do local podendo inclusive ocorrer produção de  $N_2O$  em microssítios de anaerobiose criados pelo consumo de  $O_2$  (CHIKOWO et al., 2004) desde que não haja ausência de C e N disponível. Embora o preparo de solo no PC tenha um efeito maior no fornecimento de substratos que favorecem a atividade das bactérias nitrificadoras/desnitrificadoras em relação ao sistema de culturas, a menor quantidade de água presente no solo parece ter sido o fator limitante neste caso.

#### **5.4.3 Emissão acumulada de $N_2O$ e $CH_4$**

A emissão acumulada de N- $N_2O$  nos sistemas de preparo e culturas apresentou uma cinética de acúmulo de  $N_2O$  na qual entre 1/3 (ano agrícola 2010/11) a até 2/3 (ano agrícola 2011/12) do total acumulado foi registrado nos primeiros 60 dias após o manejo das plantas de cobertura (Figura 5). A emissão acumulada de  $N_2O$  do solo é o resultado do predomínio ou associação de fatores sobre os processos de produção de  $N_2O$  do solo (FARQUHARSON & BALDOCK, 2008).

Após o período de pós-manejo, embora a população microbiana permaneça no solo, são as variáveis ambientais que controlam a magnitude das emissões de  $N_2O$  do solo (BEDARD-HAUGHN et al., 2006). Assim, verificou-se que o incremento de  $N_2O$ , ou seja a quantidade emitida deste gás do solo para a atmosfera apresentou-se constante. A mudança na dinâmica de emissão constante de  $N_2O$  do solo foi modificada de forma brusca apenas no ano agrícola 2010/11 tendo sido observada a partir do momento em que foi realizada a primeira coleta de gás pós-colheita/rolagem dos resíduos culturais do milho com o uso de rolo-faca aos 168 dias após o manejo das plantas de cobertura. A diferença verificada entre os anos foi devida, como já discutido

anteriormente, ao volume de chuva (50 mm) registrado no período de pós-colheita do ano agrícola 2010/11. Nos dois anos agrícolas a maior emissão acumulada ocorreu no sistema PC V/M (0,8 e 1,2 kg ha<sup>-1</sup> N-N<sub>2</sub>O) seguida pelos sistemas PC A/M (0,7 kg ha<sup>-1</sup> N-N<sub>2</sub>O) e PD V/M (0,6 kg ha<sup>-1</sup> N-N<sub>2</sub>O), ano agrícola 2010/11 e PD V/M (0,5 kg ha<sup>-1</sup> N-N<sub>2</sub>O > PC A/M (0,4 kg ha<sup>-1</sup> N-N<sub>2</sub>O), ano agrícola 2011/12. Nos dois anos agrícolas, o sistema PD A/M foi que apresentou a menor emissão acumulada de N<sub>2</sub>O do solo (Figura 5). Provavelmente o fator limitante que foi responsável pela menor emissão acumulada de N<sub>2</sub>O do solo seja a baixa quantidade de N aportada pela gramínea que neste caso não recebe aplicação de N em cobertura. Assim, em ambos os anos, mesmo com a presença de umidade propícia ao processo de desnitrificação, a baixa quantidade de N aportada ao solo pelos resíduos culturais da aveia, de alta relação C/N, provavelmente tenha sido utilizada pelos microrganismos no processo de decomposição da palha de aveia (VARGAS et al., 2005) ou ainda o N ter sido assimilado pelas raízes do milho que assim pode ter retirado do solo o que seria o substrato para os processos de produção de N<sub>2</sub>O (HERNANDEZ-RAMIREZ et al., 2009). No caso das emissões acumuladas de N<sub>2</sub>O do solo nos tratamentos com uso de leguminosas na mesma condição meteorológica, a disponibilidade de C e N lábeis (GOMES et al., 2009) pode ter sido o fator determinante das maiores emissões registradas.

Em relação a dinâmica de emissão/oxidação de C-CH<sub>4</sub> do solo foi verificado, em ambos os anos agrícolas e sistemas de preparo, a oxidação deste gás (Figura 6). A dinâmica de oxidação do C-CH<sub>4</sub> apresentou padrão aparentemente linear de influxo tendo variado, no ano agrícola 2010/11, do influxo mínimo de -0,20 Kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> (PC V/M) a cerca de -0,50 Kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> (PD V/M), enquanto que no ano agrícola 2011/12 houve o influxo de -0,30 Kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> (PD V/M) a até cerca de -1,0 Kg C-CH<sub>4</sub>.ha<sup>-1</sup> (PD A/M). No ano agrícola 2010/11 tanto em PC quanto em PD praticamente todo o influxo de C-CH<sub>4</sub> foi verificado no período de pós-manejo enquanto que no ano agrícola

2011/12 no período de pós-manejo foi verificado influxo e um pequeno efluxo de C-CH<sub>4</sub> no tratamento PD V/M após os primeiros 60 dias.

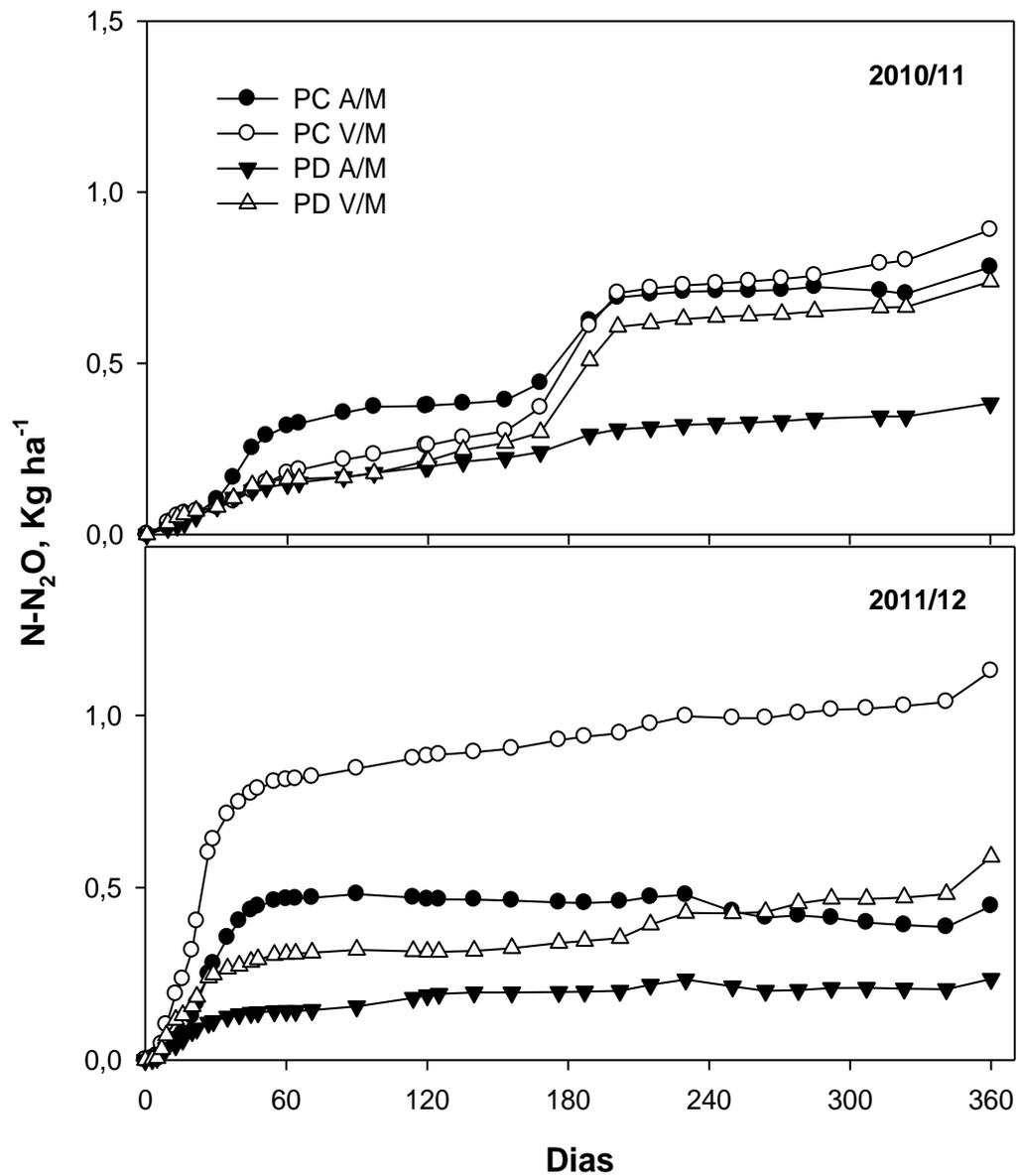


Figura 5 – Cinética e emissão acumulada de N<sub>2</sub>O (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período anual em sistemas de preparo do solo, nos anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

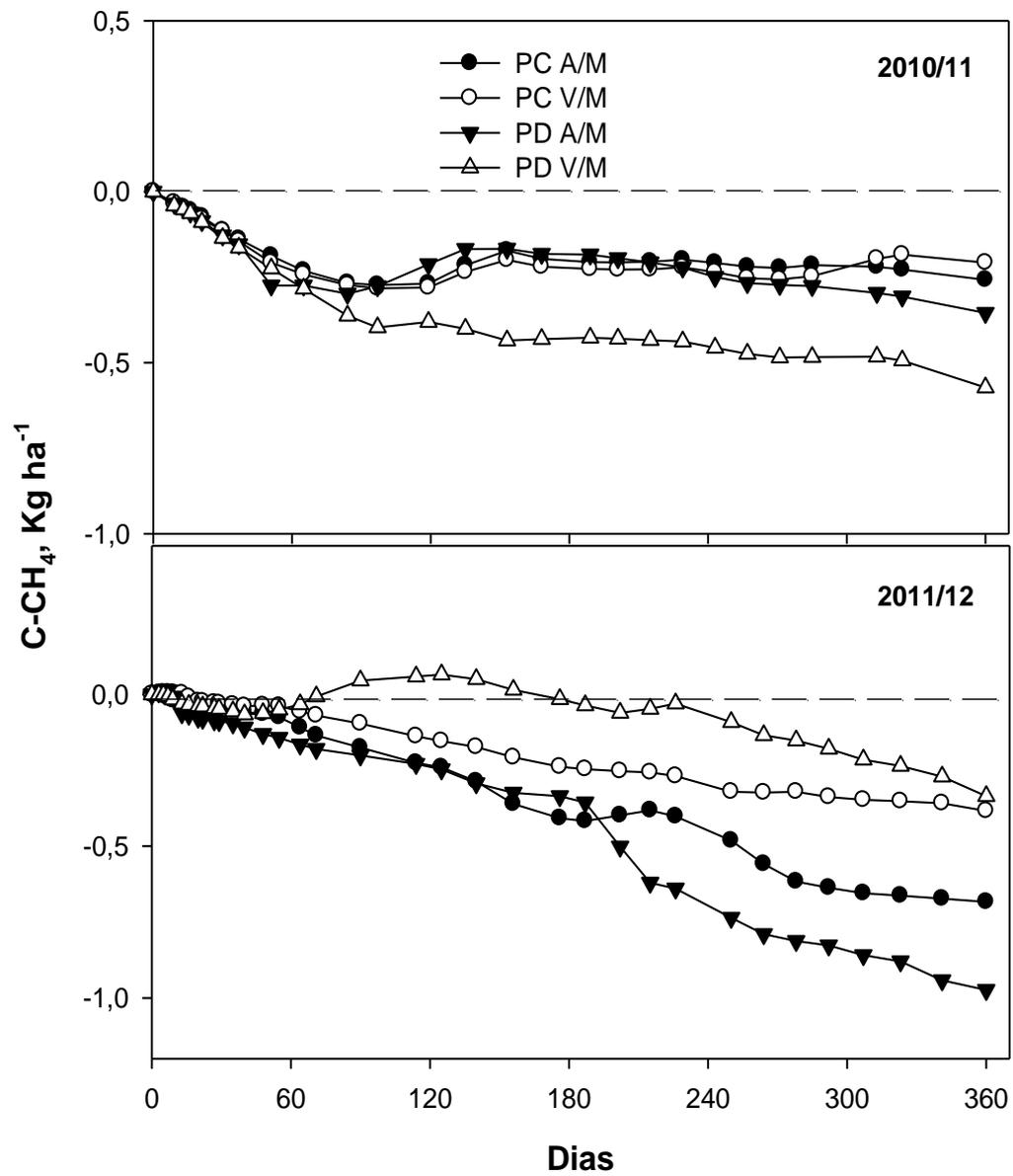


Figura 6 – Cinética de emissão acumulada de CH<sub>4</sub> (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período anual em sistemas de preparo do solo, nos anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

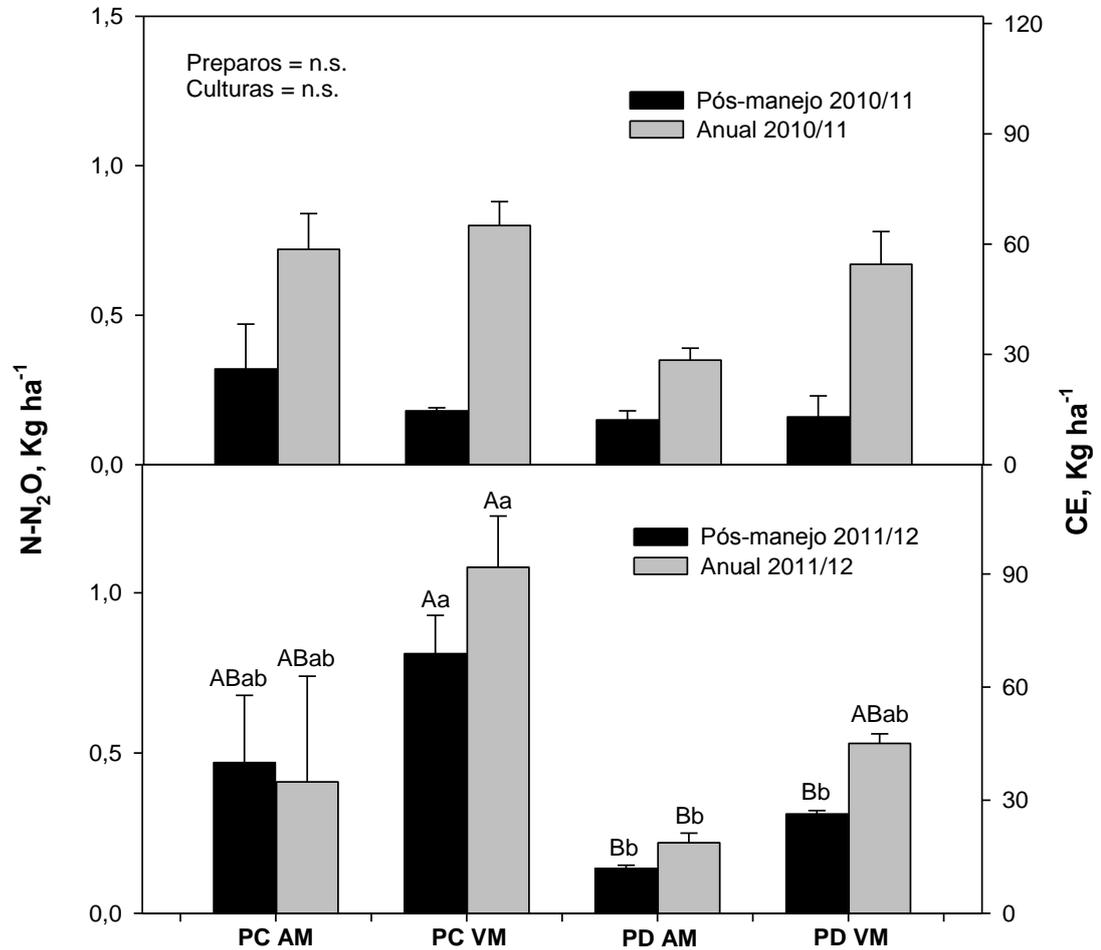


Figura 7 - Emissão acumulada de N<sub>2</sub>O (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período de pós- manejo e anual em sistemas de preparo do solo, nos anos 2010/11 e 2011/12. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Letras maiúsculas comparam entre sistemas e minúsculas entre culturas dentro do mesmo tratamento. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

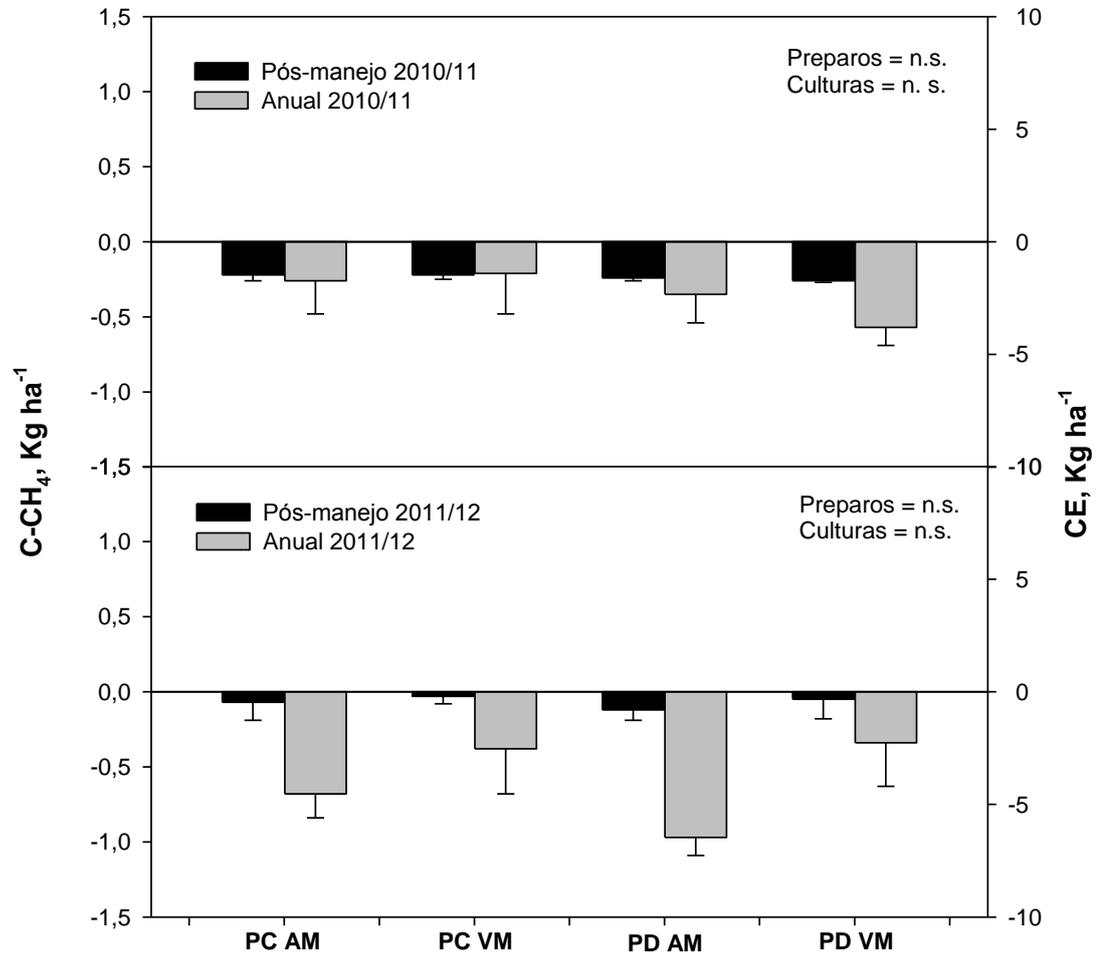


Figura 8 - Emissão acumulada de CH<sub>4</sub> (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período de pós- manejo e anual em sistemas de preparo do solo, nos anos 2010/11 e 2011/12. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

No ano agrícola 2010/11, não foi verificada diferença nem entre sistemas de preparo e nem entre os sistemas de culturas dentro do mesmo preparo (Figura 7), enquanto que no ano seguinte foi verificada diferença significativa tanto entre sistemas de preparo quanto entre sistemas de culturas dentro do mesmo sistema de preparo. De forma geral, a disponibilidade de C e N facilmente decomponíveis para os microrganismos do solo, nos tratamentos com uso de leguminosas como cultura de cobertura aliado aos fatores climáticos e de manejo do solo foram determinantes na diferenciação em termos de quantidade de  $N_2O$  emitido para a atmosfera (SNYDER et al., 2009) quando comparados aos tratamentos com uso de gramíneas.

No caso do influxo acumulado de C- $CH_4$  em ambos os anos não houve diferenciação significativa entre os sistemas de preparos e culturas (Figura 8), corroborando com MOSIER et al. (2006) no qual também não foi observada diferença significativa na oxidação de C- $CH_4$  entre sistemas de preparo PC e PD.

#### **5.4.4 Fator de emissão de $N_2O$ (%N- $N_2O$ emitido/N adicionado)**

O Fator de Emissão (FE) no ano agrícola 2011/12 foi maior no sistema PC, onde em média foi verificado um FE duas vezes superior ao sistema PD (Apêndice 2). O maior FE foi verificado no sistema PC V/M (0,67% do N aplicado) seguido do sistema PC A/M com 0,37% do N aplicado. Ao se comparar a mudança de sistema PC para PD, o FE baixou em 0,39 pontos percentuais no sistema de culturas V/M e 0,19 pontos no sistema A/M. O presente resultado corrobora com o verificado por GOMES et al. (2009), que na ocasião obtiveram um FE entre 0,39 e 0,75% do N aplicado em sistema PD.

#### 5.4.5 Balanço de gases nos sistemas de manejo

A taxa de acúmulo de C no solo variou de  $-311 \text{ Kg C.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no sistema PC A/M a até  $150 \text{ Kg C.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no sistema PD V/M (ZANATTA, 2006).

O sistema PD A/M, embora sob manejo conservacionista, por não contemplar a entrada de fonte externa de N mineral, limita o aporte de biomassa (MOSIER et al., 2006; ZANATTA et al., 2007). Ao limitar o aporte de biomassa cria-se um déficit anual de C e N no sistema transformando-o em PAG negativo (emissor). De forma semelhante ao PD A/M, os sistemas A/M e V/M em PC além da limitação no aporte de biomassa possuem a taxa anual de perda de COS ( $K_2 = 0,040 \text{ ano}^{-1}$  ou seja, o dobro quando comparada ao  $K_2 = 0,019 \text{ ano}^{-1}$  no PD (BAYER et al., 2006). Assim, os sistemas em PC (V/M e A/M) apresentam-se como os maiores PAG negativos (Figura 9) e mesmo que haja entrada de N via fixação simbiótica (AMADO et al., 1999) e C via fotossíntese (LOVATO et al., 2004), o sistema PC V/M não apresenta balanço positivo. No entanto, quando muda o sistema de preparo para PD ocorre acúmulo de C na taxa de  $150 \text{ Kg.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

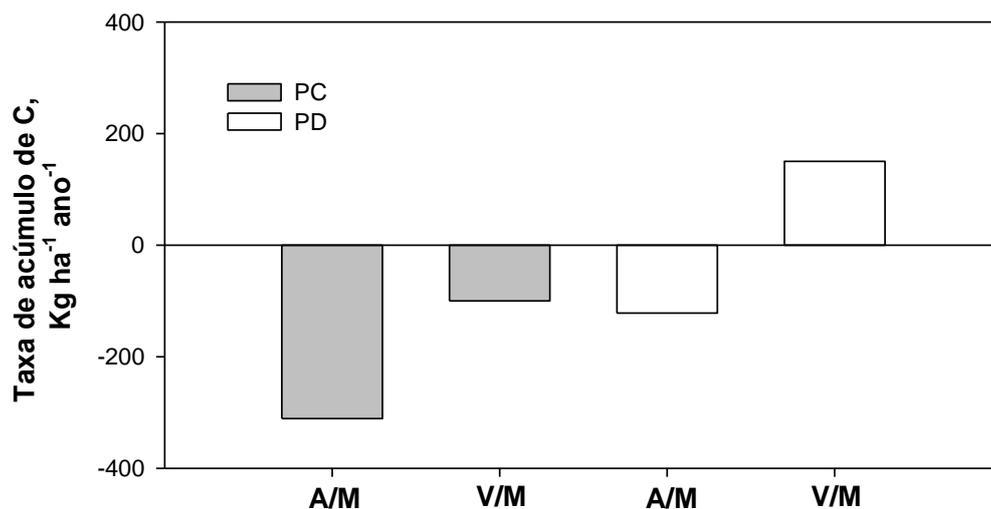
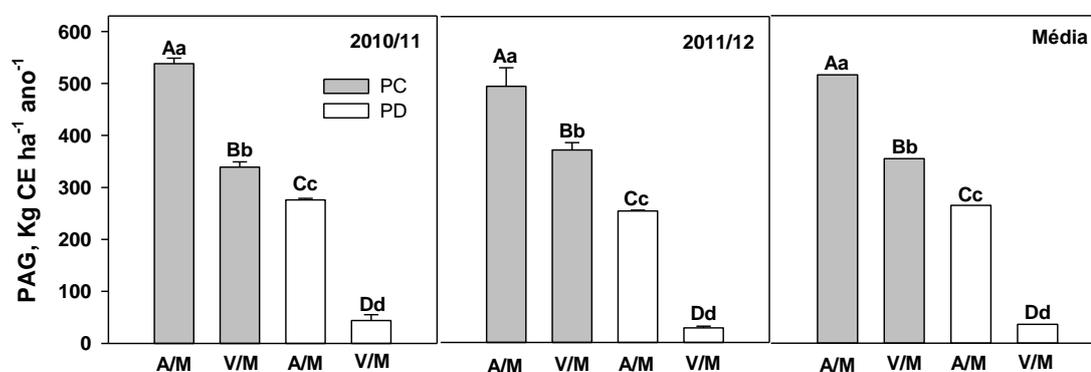


Figura 9 - Taxa de acúmulo de C do solo ( $\text{Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) em sistemas de preparo do solo. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Com a taxa anual de acúmulo de C nos sistemas, a emissão líquida de N-N<sub>2</sub>O, o influxo líquido do C-CH<sub>4</sub> e os custos operacionais transformados em uma unidade equivalente de C (CE) foi possível fazer o balanço líquido de gases de efeito estufa de cada sistema de manejo. O Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos sistemas de preparo e culturas (Figura 10) apresentou-se, na média dos dois anos agrícolas, estatisticamente diferente tanto entre sistemas de preparo quanto entre sistemas de cultura dentro do mesmo sistema de preparo.

O sistema em PC apresentou um PAG médio de 515 Kg CE ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> no A/M e um PAG médio cerca de 1,5 vezes inferior, com valor de 355 Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> no V/M. Como as emissões de N-N<sub>2</sub>O e C-CH<sub>4</sub>, em média, foram semelhantes nestes dois sistemas, o grande diferencial entre os sistemas provém da taxa de acúmulo e/ou perda de C que no PC A/M foi cerca de três vezes maior quando comparado ao PC V/M.



**Figura 10 - Potencial de aquecimento global (Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) do solo em sistemas de preparo do solo, nas safras 2010/11 e 2011/12. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Letras maiúsculas comparam entre sistemas e minúsculas entre culturas dentro do mesmo tratamento. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

Os resultados corroboram com estudo de ROBERTSON et al., (2000) onde o  $N_2O$  foi a maior fonte contribuinte do PAG, enquanto que o sequestro de C do solo, no caso, verificado no PD V/M, foi o principal fator mitigador.

O benefício real do uso de sistemas conservacionistas de solo conjuntamente ao uso de leguminosas fica evidente ao ser comparado a sistemas em PC. O Índice de Gases de Efeito Estufa (Figura 11), na média dos dois anos agrícolas diferiu estatisticamente tanto entre os sistemas de preparo quanto entre culturas dentro do mesmo sistema de preparo.

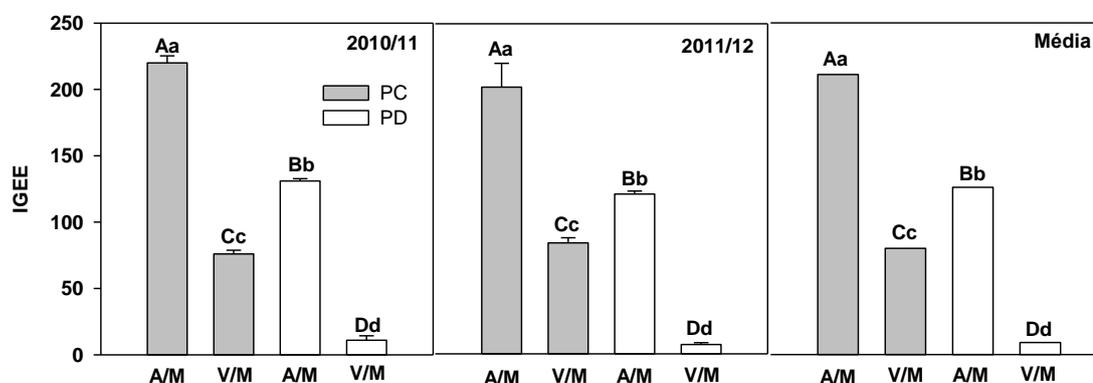


Figura 11 - Índice de gases de efeito estufa ( $Kg\ CE\ ha^{-1}\ ano^{-1}$  emitido  $Mg^{-1}$  de grãos de milho produzido) do solo nas safras 2010/11 e 2011/12 em sistemas de preparo do solo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Letras maiúsculas comparam entre sistemas e minúsculas entre culturas dentro do mesmo tratamento. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

No IGEE, o sistema PC A/M e PD A/M foram os sistemas com maior quantidade de unidades de CE emitidos por tonelada de grãos de milho produzida. O IGEE, na média dos dois sistemas A/M foi cerca de 6 vezes superior aos sistemas com uso de V/M, sendo explicado pelo menor rendimento médio da cultura do milho. Enquanto os sistemas A/M nunca atingiram rendimento médio de  $3,0 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  tanto em PC quanto em PD, os sistemas com uso de V/M chegaram ao teto médio de  $4,3 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  ou seja, cerca de 1,5 vezes acima dos sistemas com uso de A/M. Assim, segundo SNYDER et al. (2009) por mais que o aumento intensivo no rendimento por área incrementa a emissão de gases em relação a área com menor tecnologia esse aumento é preferível pois ao se fazer o balanço líquido por unidade de produto produzido se emitirá menos.

Esses resultados permitem inferências em relação ao impacto que se poderia esperar ao se criar cenários em que fosse possível a mudança do sistema PC para PD com o uso de aveia antecedendo a cultura do milho como também a mudança de sistema de culturas trocando aveia por vicia antecedendo a cultura do milho.

## 5.5 Conclusões

As maiores emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  ocorrem no período pós-manejo das plantas de cobertura na primavera-verão, também ocorrendo picos após a colheita do milho e semeadura das culturas de inverno. Em ambos os casos, aparentemente essas emissões são dependentes da ocorrência de eventos de chuva.

De maneira geral, as maiores emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo ocorrem sob preparo convencional e com a inclusão de leguminosas de cobertura de solo. Entretanto, o acúmulo de C no solo decorrente da utilização dessas culturas sobrepõe-se ao seu impacto nas emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ .

Em todos os sistemas de manejo, verificou-se um influxo de CH<sub>4</sub> no solo sendo este de baixa magnitude.

A alteração de sistema de preparo convencional com uso exclusivo de gramíneas de cobertura de solo para um sistema de plantio direto e com uso de leguminosas de cobertura de solo, em sistemas sem aplicação de N mineral, pode reduzir em diversas vezes a emissão de gases por unidade de milho produzido nesse ambiente subtropical.

## 6. ESTUDO II

### EFEITO DE LEGUMINOSAS TROPICAIS E TEMPERADAS NA EMISSÃO DE ÓXIDO NITROSO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO EM EXPERIMENTO DE LONGA DURAÇÃO

#### 6.1 Resumo

Sistemas conservacionistas de solo são adotados em cerca de 80% das áreas agrícolas que cultivam milho na região sul do Brasil. No entanto, no estado do Rio Grande do Sul, no período de inverno mais de 2/3 destas áreas permanece em pousio enquanto que no terço restante, apenas 1,6% são semeadas com aveia. O uso de leguminosas como plantas de cobertura do solo em sistemas conservacionistas aumenta os estoques de C e N no solo. No entanto, apesar de todos esses benefícios, sistemas com uso de leguminosas podem apresentar uma emissão maior de  $N_2O$  quando comparadas a sistemas com uso de gramíneas sem uso de N proveniente de fontes industriais. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito a longo prazo de leguminosas temperadas e tropicais na emissão de  $N_2O$  do solo em sistemas de culturas sob sistema plantio direto. Para tal foram feitas avaliações, em experimentos de longo prazo, da emissão de  $N_2O$  e  $CH_4$  do solo concomitantemente ao acompanhamento das variáveis meteorológicas e climáticas locais durante os anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12. A emissão de  $N_2O$  variou sazonalmente e foi relacionada com a quantidade de MS e N contido no resíduo e regulada pela PPA do solo. Cerca de 3/4 das emissões acumuladas se concentraram durante os primeiros 60 dias após o manejo das culturas de cobertura de inverno. Sistemas com uso de leguminosas apresentaram um balanço positivo no ponto de vista ambiental, ao mitigar a emissão de GEE e econômico, ao propiciar maior rendimento de grãos por área.

## 6.2 Introdução

A adoção de sistemas de rotação e sucessão de culturas no SPD, visando a cobertura do solo em tempo integral, além de proteger o solo dos processos erosivos pode otimizar o aporte de material orgânico e ciclagem de nutrientes.

A inclusão de leguminosas, tanto de ciclo invernal quanto estival, pode suprir parcialmente a necessidade de N das culturas em sucessão, com impacto favorável no rendimento de grãos (BAYER et al., 1998). Além disso, as leguminosas em comparação às gramíneas (com e sem uso de N em cobertura), com o passar do tempo aumentam os estoques de C e N do solo (AMADO et al., 2001; LOVATO et al., 2004). Embora esse aumento nos estoques de C e N seja um benefício, do ponto de vista ambiental pode se tornar um problema por agregar atributos físicos e microbiológicos que podem favorecer a uma maior emissão de  $N_2O$  do solo. No entanto, sistemas de rotação de culturas com leguminosas apresentam um potencial de aquecimento global (PAG) negativo, ou seja, ocorre uma redução líquida dos gases presentes na atmosfera, em grande parte pelo efeito positivo destes sistemas de manejo no acúmulo de C na matéria orgânica do solo (CHAVEZ, 2011). Entretanto, o efeito dos sistemas de manejo nas emissões de gases e, portanto, no PAG, apresenta uma variação interanual e isso torna necessário a avaliação durante vários anos de forma a poder se concluir quanto ao impacto dos sistemas de manejo nas emissões de gases (KAVDIR et al., 2008; OMONODE et al., 2011).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das culturas de cobertura de inverno (leguminosas e gramíneas) e de verão na emissão de óxido nitroso e de metano no solo, no acúmulo de C no solo o qual representa o efluxo ou influxo líquido de  $CO_2$  da atmosfera, e no balanço da emissão de gases do solo, durante dois anos agrícolas consecutivos, em um experimento de longa duração em sistema plantio direto no Sul do Brasil.

## **6.3 Material e métodos**

### **6.3.1 Caracterização edafoclimática**

As avaliações foram realizadas em dois experimentos de longa duração que avaliam sistemas de preparo de solo e de culturas (Experimento 2) e sistemas de culturas em plantio direto (Experimento 1), instalados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – EEA/UFRGS, na década de 80. A EEA/UFRGS está localizada nas coordenadas geográficas 30° 50' 52" S e 51° 38' 08" W, no município de Eldorado do Sul, RS. O relevo da área é ondulado, com altitude média de 46 metros e a vegetação nativa predominante é de campo nativo, composto principalmente por gramíneas rasteiras e desmodio (*Desmodium sp.*)

A região da Depressão Central, na qual estão instalados os experimentos, apresenta clima subtropical úmido, Cfa (Köppen), com temperatura média anual de 19,2 °C, variando entre 9°C no mês mais frio e 30°C no mês mais quente (BERGAMASCHI et al., 2003). A precipitação média é de 1440 mm, com curtos períodos de déficit hídrico no verão. O solo do experimento é classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006), derivado de granito, com 220 g Kg<sup>-1</sup> de argila. Os principais minerais na fração argila são a caulinita (720 g Kg<sup>-1</sup>) e os óxidos de ferro (109 g Kg<sup>-1</sup>) (BAYER, 1996).

### **6.3.2 Caracterização dos experimentos e tratamentos avaliados**

O experimento de sistemas de culturas em plantio direto (Experimento 1) foi instalado no ano de 1983 sobre uma área que vinha sendo cultivada com colza e girassol, em preparo convencional, desde 1969 (MEDEIROS, 1985). Apresenta delineamento experimental em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais (16x5 m) são cultivados dez sistemas de culturas [aveia/milho, aveia+vica/milho (com descompactação profunda), aveia+vica/milho, aveia+vica/milho+caupi, guandu/milho, lablab/milho,

pousio/milho, pangola, siratro e descoberto] e nas sub-parcelas (8x5 m) são avaliados dois graus de compactação (compactação original e solo descompactado). Em faixas (4x5 m), foram aplicadas duas doses de N na cultura do milho (0 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) até 1993, sendo adotada as doses de 0 e 180 kg de N ha<sup>-1</sup> posteriormente e até os dias atuais. A adubação com P e K é de 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O incorporada na linha de semeadura. Em 2011, por ocasião da correção da acidez do solo, foi aplicado calcário em superfície nas parcelas descompactadas, e a dose de fertilizantes foi aumentada para 70 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 70 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na semeadura da cultura de verão e 30 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na semeadura das culturas de cobertura de inverno. A adubação segue as recomendações da SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (2004).

O experimento de sistemas de preparos (Experimento 2) foi instalado em 1985, em área contígua ao experimento de culturas e, portanto, com o mesmo histórico de uso e manejo do experimento anterior. Este experimento segue um delineamento de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas. Três sistemas de preparo (preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto) são aplicados nas parcelas principais (15x20 m), sendo que nas subparcelas de cada um destes sistemas de preparo (5x20 m) são implantados três sistemas de culturas (aveia/milho, vica/milho e aveia+vica/milho+caupi). Duas doses de N são aplicadas em faixas nos blocos (45x10 m). A dose de 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> foi utilizada até o ano de 1993, sendo a partir deste ano substituída pela dose de 0 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N até os dias atuais. A quantidade e forma de aplicação de P e K foi a mesma utilizada no Experimento 1, tendo aumentado sua dose em igual quantidade no ano de 2011 por ocasião da também aplicação de calcário em superfície, este, que neste experimento foi aplicado em área total.

No presente estudo cinco sistemas de culturas foram avaliados: pousio/milho (*Zea mays* L.) (P/M), aveia (*Avena strigosa* Schreb.)+vica (*Vicia sativa* L.)/milho (A+V/M), aveia+vica/milho+caupi (*Vigna unguiculata* L.) (A+V/M+C) (Experimento 1), aveia/milho (A/M) e vica/milho (V/M) (experimento

2). Em ambos os experimentos, essas coletas e avaliações foram feitas em microparcelsas de 2x2 m situadas na área sem aplicação de ureia.

### 6.3.3 Amostragem do ar e análise dos gases

A amostragem do ar para determinação dos gases nos dois anos agrícolas (2010/11 e 2011/12) foi iniciado no 1º e 3º dias após os preparos de solo e manejo das plantas de cobertura, respectivamente. No ano 2010/11 foram feitas 25 coletas, nos dias 1, 9, 13, 16, 21, 30, 37, 51, 65, 84, 97, 119, 135, 153, 168, 189, 201, 215, 229, 243, 257, 271, 285, 313 e 324 dias após o manejo das culturas de cobertura. No ano 2011/12 foram feitas 33 coletas, sendo o período até os 64 dias (3, 5, 7, 9, 13, 16, 20, 22, 27, 29, 35, 40, 48, 55 e 64 dias) com maior concentração de coletas, sendo após este período, as coletas feitas em intervalos de aproximadamente quinze dias (71, 90, 114, 125, 140, 156, 176, 187, 202, 215, 230, 250, 264, 278, 292, 307, 323 e 341 dias).

As amostragens de ar foram feitas com o uso de câmaras estáticas. As câmaras estáticas foram compostas por dois módulos: uma base de alumínio (40 x 80 cm), inseridas no solo até 5 cm de profundidade, que permanece fixa no local por todo período de avaliações evitando perturbações no solo e; um topo de alumínio com as mesmas dimensões, fechada em uma das extremidades, a qual é encaixada sobre a base de alumínio quando da coleta, constituindo a câmara de amostragem de gás. O topo apresenta na sua parte superior uma alça de transporte e orifícios aos quais são conectados o termômetro digital, o extensor de coleta de ar e a fiação para conexão da bateria. Internamente a câmara apresenta três ventiladores do tipo *cooler*.

As coletas de ar foram feitas por seringas de polipropileno BD® com volume de 20 mL, as quais foram acondicionadas em caixa de isopor a baixa temperatura. Em ocasiões em que as análises dos gases seriam realizadas após 24 horas da coleta, as amostras de ar eram armazenadas em frascos de vidro (Labco®).

As amostras de ar para obtenção da concentração de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> foram analisadas por cromatografia gasosa no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A quantificação foi feita por equipamento da marca GC Shimadzu 2014, modelo “Greenhouse” com as seguintes condições cromatográficas: coluna Porapak-Q com temperatura a 70°C, gás de arraste N<sub>2</sub> a 30 mL min<sup>-1</sup>, metanador a 380°C, detector FID a 250°C e ECD a 325°C.

A variação na concentração de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O no interior das câmaras foi obtida através do coeficiente angular da equação da reta ajustada, utilizando-se da concentração obtida nos tempos de coleta 0, 15, 30 e 45 minutos após o fechamento da câmara.

O fluxo de gases foi calculado pela equação:

$$f = \Delta Q / \Delta t \times PV / RT \times 1/A, \text{ onde:}$$

**Q** é a massa do gás ( $\mu\text{g N}_2\text{O}$  ou  $\text{CH}_4 \text{ m}^{-2}$ ) dentro da câmara no intervalo de tempo **t** (hora<sup>-1</sup>);

**P** é a pressão no interior da câmara, assumida como 1 atm e **V** o volume da câmara (L);

**R** é a constante universal dos gases ( $0,08205 \text{ L.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ ) e **T** a temperatura interna (°K) do interior da câmara;

**A** é a área da câmara ( $\text{m}^{-2}$ ).

As emissões diárias de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> foram obtidas pelo valor médio das três repetições de campo de cada tratamento. As emissões acumuladas de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> no período de pós-manejo, pós-colheita e no período anual foram obtidas pela integração pelo método trapezoidal, da área sob a curva com o uso do programa estatístico CoStat<sup>®</sup> (COSTAT, 2008).

### 6.3.4 Variáveis de solo e meteorológicas

Simultâneo a cada coleta de ar do interior das câmaras foi realizada avaliação da temperatura do solo a 5 cm de profundidade através de termômetros digitais, inseridos previamente ao lado de cada câmara de coleta.

Concomitante ao horário das coletas de ar foram feitas amostragens de solo na profundidade de 0 a 10 cm para determinação da umidade gravimétrica. A partir da umidade gravimétrica foi calculada a percentagem da porosidade preenchida por água, pela equação:

$$\text{PPA (\%)} = U_g \times D_s / P_T, \text{ onde:}$$

$U_g$  = Umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ )

$D_s$  = Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$P_T$  = Porosidade total do solo ( $\text{g g}^{-1}$ ), obtida pela equação:

$$P_T = 1 - D_s / D_p, \text{ onde:}$$

$D_p$  = Densidade de partícula ( $2,65 \text{ Mg m}^{-3}$ )

A densidade do solo foi obtida de estudos anteriores feitos nesta mesma área experimental por CHAVEZ (2011) e ESCOBAR (2011).

A temperatura média do ar e a precipitação foram obtidas na Estação Meteorológica Automática do Departamento de Plantas Forrageiras e Meteorologia, da EEA/UFRGS, situada próximo da área experimental.

### 6.3.5 Potencial de Aquecimento Global e Índice de Emissão de gases

O potencial de aquecimento global (PAG) foi calculado a partir das emissões anuais de  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  de cada tratamento avaliado. As emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  foram determinadas diretamente por cromatografia gasosa e as emissões de  $\text{CO}_2$  foram calculadas considerando a taxa de retenção de C do solo, estimada a partir da diferença entre os estoques de C

no solo determinados para o Experimento 2 no ano de 2003 por ZANATTA et al. (2007) e no Experimento 1, no ano de 2005 por WEBER (2008) ambos na camada de 0 – 0,20 m e o estoque de C do solo no início de cada experimento.

As emissões de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> foram convertidas para quantidades equivalentes de C (CE). Para isso considerou-se o potencial de aquecimento global das moléculas de N<sub>2</sub>O e do CH<sub>4</sub>, que é de 298 e 25 vezes maior do que o de uma molécula de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007).

Para o cálculo utilizou-se a seguinte equação:

**PAG (Kg CE ha<sup>-1</sup>) = ( $\Delta C_{\text{solo}}$ ) + (N-N<sub>2</sub>O x 127,48) + (C-CH<sub>4</sub> x 9,08) + custos CE**, onde:

Os fatores de conversão de 127,48 para o N<sub>2</sub>O e 9,08 para o CH<sub>4</sub>, são referentes à conversão das emissões anuais dos respectivos gases para quantidades anuais de CE.

No cálculo do PAG foram considerados também os custos das atividades agrícolas e dos insumos utilizados em cada tratamento, expressos em CE, baseados em levantamento apresentado por LAL (2004) e adaptado para a condição dos experimentos por ZANATTA (2009).

Um índice de intensidade de emissão de GEE (IGEE) foi calculado como a razão entre o PAG (Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e o rendimento de grãos do milho (Mg ha<sup>-1</sup>) em cada tratamento (GOMES, 2006). No cálculo, considerou-se o rendimento médio de grãos de milho nos últimos 26 anos dos experimentos.

### 6.3.6 Análise Estatística

Análises descritivas (média  $\pm$  erro padrão) para os fluxos diários de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, PPA e temperatura do solo; teste de Tukey a 10% para a emissão acumulada no período de pós-manejo e anual e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para relação entre variáveis de solo e a emissão de N<sub>2</sub>O.

## 6.4 Resultados e Discussão

### 6.4.1 Emissões de N<sub>2</sub>O

Nos dois anos agrícolas, os sistemas com uso de leguminosas foram os que apresentaram maiores emissões de N<sub>2</sub>O (Figuras 12b e 13b). A emissão média do período de avaliações do ano 2010/11 variou de 4,08±4,79 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no grupo das gramíneas (P/M e A/M) a até 19,67±30,86 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no grupo das leguminosas (V/M, A+V/M e A+V/M+C) (Figura 12b). No ano 2011/12, novamente, a média de emissão nos sistemas com uso de leguminosas foi maior, tendo apresentado uma emissão de 49,60±91,50 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> enquanto que no grupo das gramíneas a emissão média foi de 5,15±10,36 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> (Figura 13b). Nos dois anos agrícolas, a maior emissão foi verificada no tratamento A+V/M+C (119,01 e 463,93 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>).

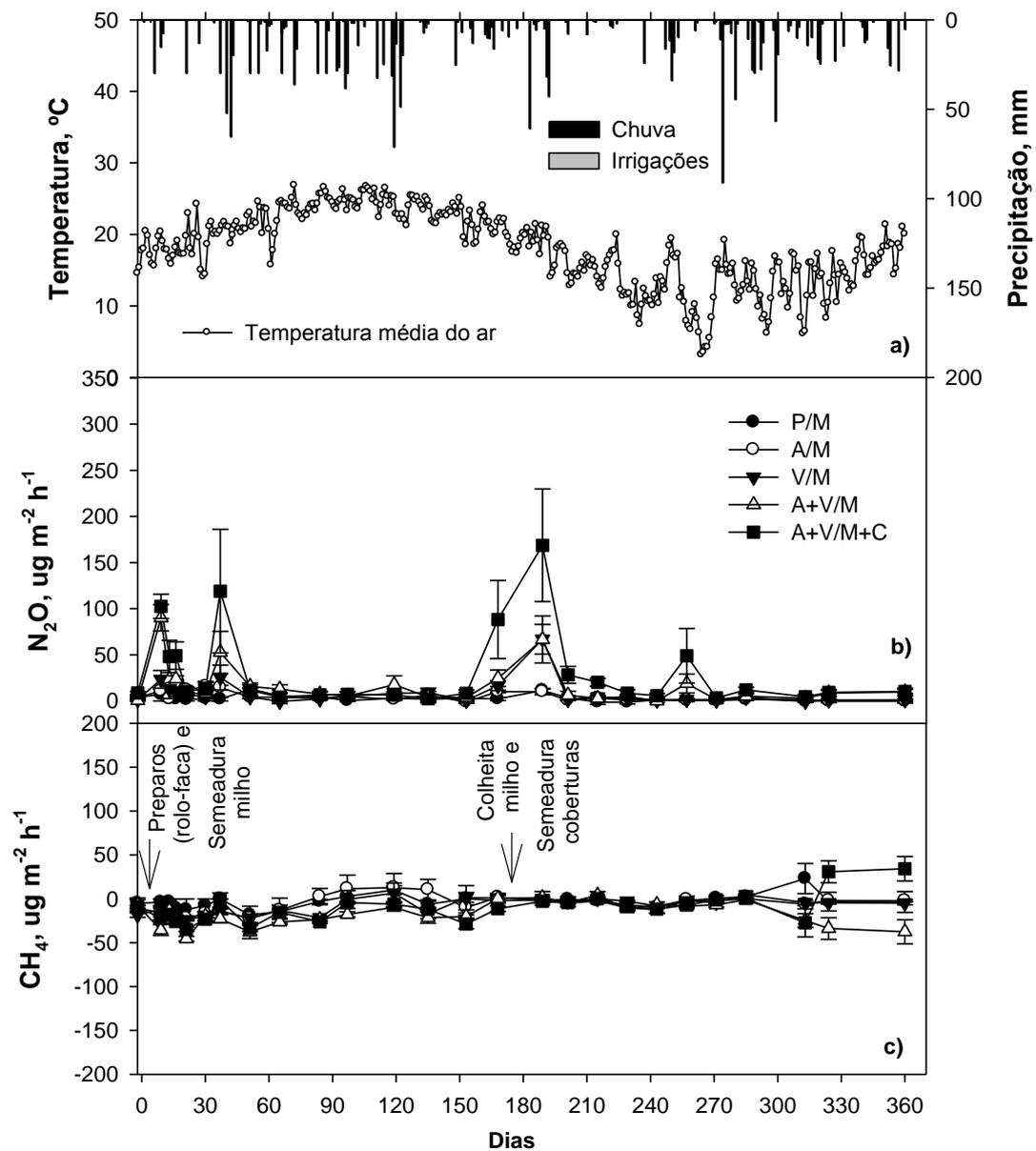
No período de pós-colheita os grupos de leguminosas e de gramíneas também se diferenciaram. O grupo das leguminosas apresentou emissão média de cerca de 10 vezes superior ao das gramíneas em ambos os anos. Na avaliação do ano 2010/11 o grupo leguminosas apresentou emissão média de 47,28±49,47 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> enquanto no grupo das gramíneas foi de 4,92±4,86 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> (Figura 12b). No ano 2011/12, a média de emissão nos sistemas com uso de leguminosas foi inferior em cerca de 4 vezes quando comparado com o ano 2010/11 no mesmo grupo porém mantendo a mesma superioridade de cerca de 10 vezes em relação ao grupo das gramíneas, ou seja, enquanto o grupo das leguminosas apresentou uma emissão média de 21,38±34,08 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> o grupo das gramíneas apresentou emissão média de 2,88±3,67 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> (Figura 13b). No período de pós-colheita o tratamento A+V/M+C apresentou o maior pico de emissão em ambos os anos (168,76 e 123,32 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), sendo no ano 2010/11 (168,76 > 119,01 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), superior ao pico registrado no pós-manejo das culturas, enquanto que no ano 2011/12 (123,32 < 463,93 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) foi cerca de 4 vezes inferior (Figuras 12b e 13b).

O período após o manejo das culturas de cobertura de inverno, denominado pós-manejo, é caracterizado por apresentar as mais altas emissões de  $N_2O$  do solo (GOMES et al., 2009 ; ZANATTA, 2009). Além do período de pós-manejo podem também ocorrer aumentos nas emissões de  $N_2O$  no período de pós-colheita da cultura de verão (KAVDIR et al., 2008; ESCOBAR et al., 2009).

Esse efeito a curto prazo está relacionado ao aumento da disponibilidade de C e N no solo, através da mineralização dos resíduos vegetais e da matéria orgânica do solo, que por sua vez aumenta o substrato para os processos de produção de  $N_2O$  no solo, como foi verificado em KAVDIR et al., (2008) e GOMES et al., (2009).

No período de pós-manejo do ano de 2011/12 foram verificadas emissões altas e constantes durante os primeiros 60 dias após o manejo das culturas de cobertura de inverno. Essas emissões foram verificadas principalmente nos sistemas com uso de leguminosas. Em contrapartida, no pós-manejo de 2010/11, embora tenha sido observado um período de duração, em dias, semelhante ao ano de 2011/12, os picos foram, dependendo do sistema, de 2 a 5 vezes inferiores aos registrados no ano 2011/12.

No período de pós-colheita de ambos os anos, não foram verificados aumentos na emissão de  $N_2O$  no grupo das gramíneas. Já no grupo das leguminosas, no ano 2010/11 foram verificados aumentos na emissão de  $N_2O$  neste grupo, em todos os tratamentos, antes mesmo da colheita do milho.



**Figura 12 - a) Temperatura do ar (° C), precipitação (mm), b) fluxos de óxido nitroso (N-N<sub>2</sub>O, µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e c) metano (C-CH<sub>4</sub>, µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) do solo no período anual em sistema de culturas em plantio direto, na safra 2010/2011. Barras verticais indicam o erro padrão da média de cada tratamento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

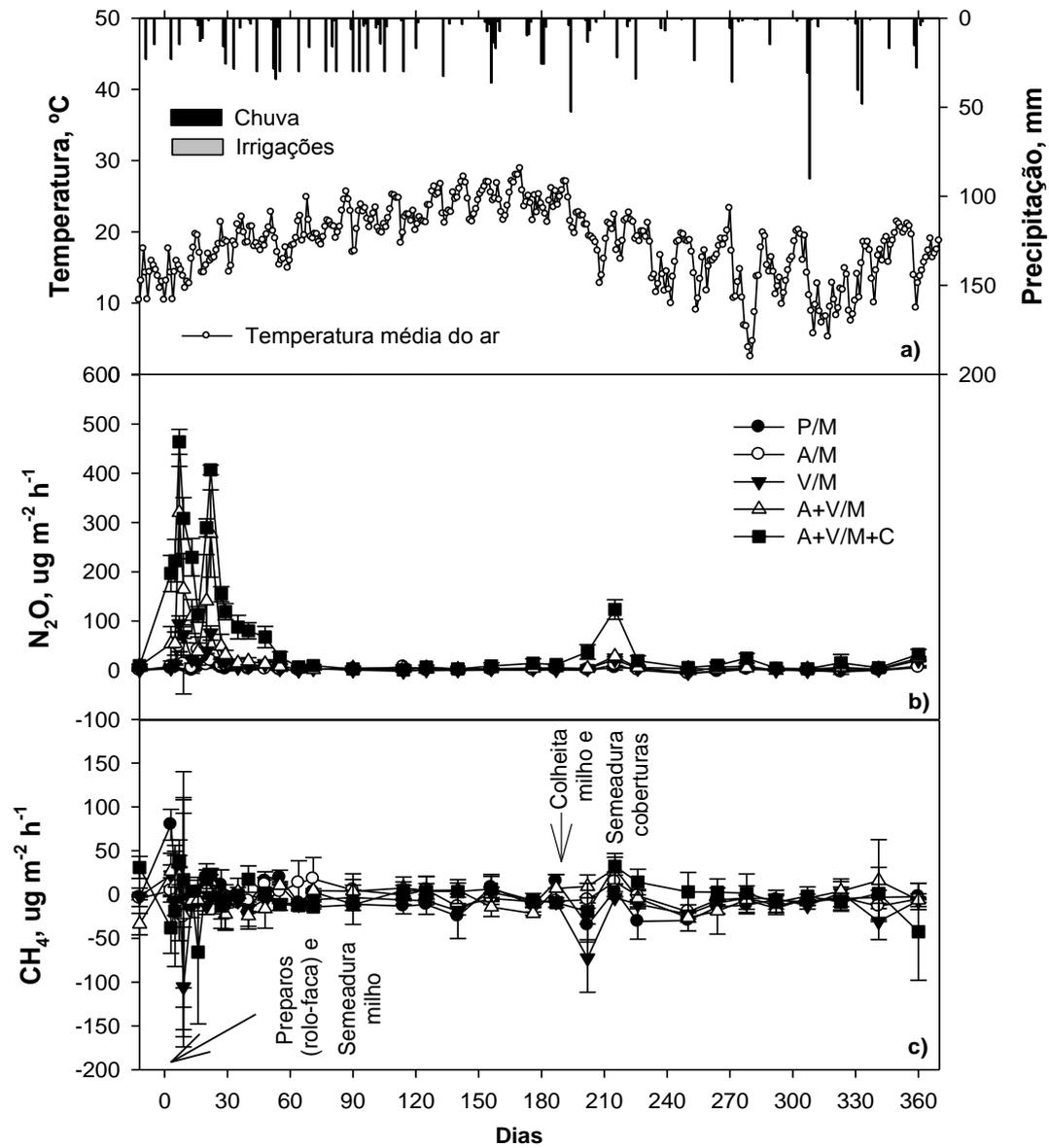


Figura 13 - a) Temperatura do ar ( $^{\circ} C$ ), precipitação (mm), b) fluxos de óxido nítrico ( $N-N_2O$ ,  $\mu g m^{-2} h^{-1}$ ) e c) metano ( $C-CH_4$ ,  $\mu g m^{-2} h^{-1}$ ) do solo no período anual em sistema de culturas em plantio direto, na safra 2011/2012. Barras verticais indicam o erro padrão da média de cada tratamento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

O aumento na emissão de  $N_2O$  foi constatado a campo a partir do início da queda das folhas do caupi e do milho após seus processos de senescência. Nos dois anos, em até uma semana a partir da colheita do milho foi feito o manejo de semeadura das plantas de cobertura de inverno. O manejo de semeadura e os restos culturais do milho parecem não possuir influência na emissão de  $N_2O$  do solo no grupo das gramíneas enquanto que no grupo das leguminosas, principalmente no tratamento A+V/M+C, a presença dos restos culturais do caupi podem ser os responsáveis pelo pico de emissão de  $N_2O$  do solo de forma direta (CHAVEZ, 2011), e indiretamente devido ao maior estoque de C e N atingido com o passar dos anos neste tratamento (LOVATO et al., 2004).

Conforme (CHATSKIKH et al., 2008), quanto maior a adição de resíduos no solo maior é o aumento da disponibilidade de substrato para os microrganismos no solo e essa adição pode ser responsável por aumentar as emissões de  $N_2O$ . Além da quantidade, o tipo de resíduo adicionado pela cultura de cobertura e/ou resíduo de pós-colheita influi na magnitude e na duração dos períodos de maior emissão de  $N_2O$ . Vários trabalhos, dentre os quais o de (AULAKH et al., 1991) relatam que é a composição química e estrutural (relação C/N, lignina/N, polifenóis/N) do resíduo vegetal que determina a magnitude das emissões de  $N_2O$  dos solos com adição de resíduos vegetais. Quando o resíduo fica mais difícil de ser decomposto, o que no pós-manejo foi verificado a partir dos 60 dias e no pós-colheita a partir dos 45 dias, em ambos os anos, as emissões voltaram a ser basais. Aliado a isso a diminuição nas emissões também pode ser decorrente da diminuição do N mineral disponível no solo devido a absorção pela cultura subsequente, sendo no caso do pós-manejo o milho e no caso da pós-colheita, as plantas de cobertura de inverno.

Durante os dois anos agrícolas avaliados, o solo tanto no grupo das leguminosas quanto no grupo das gramíneas apresentou tendência em oxidar metano (Figuras 12c e 13c), sendo mais pronunciada no ano 2010/11. No ano

2011/12 as maiores oscilações, tanto na influxo quanto no efluxo de metano foram verificadas no grupo das gramíneas. A oxidação máxima ocorreu no tratamento A/M (- 105,55  $\mu\text{g C-CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , safra 2011/12) enquanto que o influxo máximo foi verificado no mesmo ano, no tratamento P/M (79,67  $\mu\text{g C-CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ). CHAVEZ (2011) e BAYER et al. (2012) nestas mesmas condições, verificaram que o solo também apresentou um balanço levemente positivo como dreno de metano, corroborando com a literatura internacional em relação aos efeitos benéficos dos solos aerados como sumidouros de metano [BOECKX & CLEEMPUT (2001); (RODHE et al., 2006); USSIRI et al., (2009); LIVESLEY et al., (2010)].

#### **6.4.2 Variáveis controladoras das emissões de N<sub>2</sub>O**

Durante os períodos de pós-manejo e pós-colheita avaliados a temperatura do solo não se diferenciou significativamente entre os grupos de leguminosas e gramíneas. A temperatura média do solo no período de pós-manejo foi de 21°C, variando de 16°C (ano 2011/12) até 26 °C (ano 2010/11) mantendo a mesma média no período de pós-colheita, inclusive na variação da amplitude entre as temperaturas mínimas e máximas, sendo registrado de mínima 15°C no ano 2010/11 e de máxima 28 °C no ano 2011/12.

Embora a temperatura determine a velocidade com que os microrganismos do solo nitrificam ou desnitrificam (SNYDER et al. (2009) e que no caso dos microrganismos produtores de N<sub>2</sub>O do solo, essa faixa ideal de temperatura seja em torno de 20 a 25°C (CONRAD, 1995) decrescendo as emissões acima de 25°C (FARQUHARSON & BALDOCK, (2008), influenciando na variação das emissões de N<sub>2</sub>O do solo, intra e interanualmente (ZHANG et al., 2012), no presente estudo não foi verificada nenhuma relação significativa entre temperatura do solo e emissão de N<sub>2</sub>O do solo.

Uma possibilidade que pode explicar a relação não significativa entre temperatura do solo e a emissão de N<sub>2</sub>O do solo pode ser a profundidade na

qual foi realizada a amostragem da temperatura do solo. (LAVILLE et al., 2011), utilizando-se de câmaras estáticas automáticas verificaram ao relacionar temperatura da superfície do solo com emissão de  $N_2O$  do solo, ambos tendo atingindo no horário das 13 horas seus limites máximos de temperatura e emissão diária, a relação ( $R^2 = 0,92$ ) entre temperatura do solo e emissão de  $N_2O$  do solo. Quando, no mesmo trabalho, os autores utilizaram a temperatura a 5 cm de profundidade, a relação baixou ( $R^2 = 0,74$ ). Essa diferença foi devido a não sincronia entre o horário de máxima emissão de  $N_2O$  do solo (13 horas) com o de máxima temperatura (16 horas). Assim, considerando que no mesmo experimento do presente estudo SALTON (1991) verificou temperatura máxima do solo a 5 cm de profundidade no horário compreendido entre 13 e 15 horas pode-se inferir que a não significância das relações podem seguir lógica parecida a que foi verificada em (LAVILLE et al., 2011), ou seja, quando não há sincronia entre maior temperatura diária do solo e maior emissão diária de  $N_2O$  do solo pode ocorrer redução ou até ausência da relação entre ambos.

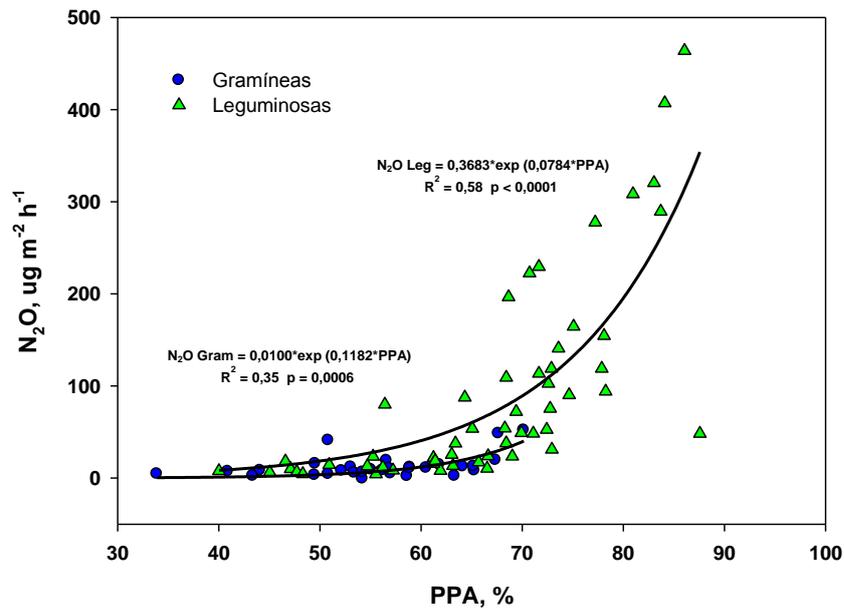
Embora a temperatura do solo não tenha influenciado significativamente nas emissões de  $N_2O$  do solo, esta pode influenciar em outros fatores que estão ligados a produção de  $N_2O$  (FARQUHARSON & BALDOCK, 2008).

O conteúdo de água, além de regular a ventilação do solo, regula a propagação de  $N_2O$  para a atmosfera. O aumento nas emissões de  $N_2O$  pode ser observado em valores de até 80% de porosidade preenchida por água (PPA). Em média, as maiores emissões são verificadas entre 50 e 70% de PPA (LAVILLE et al., 2011). Ao atingir valores de PPA acima de 80%, o conteúdo de água no solo passa a impedir a difusão de  $N_2O$  para a atmosfera, quando este, completa o processo de desnitrificação sendo transformado em  $N_2$  (GRANLI & BOECKMAN (1994).

No caso do presente estudo, o comportamento da PPA média nos dois anos de avaliação permite a separação em: a) PPA acima de 60% no grupo das leguminosas e b) PPA abaixo de 60% no grupo das gramíneas. Quando verificados os períodos de pós-manejo, o grupo com uso de leguminosas

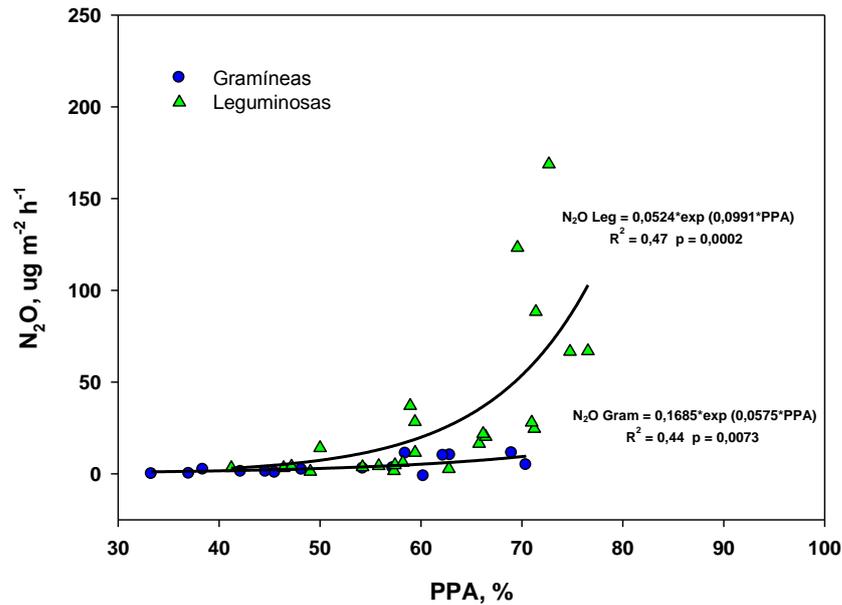
apresentou uma PPA (%) média de  $64 \pm 11$  (2010/11) e  $68 \pm 11$  (2011/12), tendo atingido um limite máximo de 87%, diferenciando-se de forma significativa do grupo das gramíneas que apresentou uma PPA (%) de  $57 \pm 5$  (2010/11) e  $55 \pm 9$  (2011/12), com pico máximo de 70%. Já no período de pós-colheita, foi verificada uma maior proximidade entre a PPA média dos grupos. O grupo das leguminosas apresentou uma PPA (%) média de  $66 \pm 7$  (2010/11) e  $57 \pm 9$  (2011/12), com valores máximos de PPA atingindo 76%, enquanto que o grupo das gramíneas apresentou uma PPA (%) de  $59 \pm 7$  (2010/11) e  $46 \pm 12$  (2011/12), com PPA máxima de 71%. Conforme (KOOL et al., 2011), solos que apresentam PPA >60% sugerem que boa parte do  $N_2O$  produzido e emitido do solo seja proveniente do processo de desnitrificação. Por outro lado, solos que apresentam PPA abaixo de 60% durante boa parte do ano possuem uma grande chance de estar produzindo  $N_2O$  via nitrificação ou nitrificação denitrificante e em alguns casos, por exemplo, nos picos de emissão, via desnitrificação por ausência de  $O_2$  (RUSER et al., 2006).

Vários autores, dentre os quais ABBASI & ADAMS (2000); BALL et al., (2008); ESCOBAR et al., (2010) e LAVILLE et al., (2011), demonstraram que uma das formas de verificar qual dos processos é o responsável pela maior produção de  $N_2O$  pode ser obtido através da relação entre a PPA e os fluxos de  $N_2O$  do solo. No presente estudo, as relações entre a emissão de  $N_2O$  do solo e PPA foram significativas e mais destacadas entre os grupos no pós-manejo e significativas e semelhantes no período de pós-colheita (Figuras 14 e 15).



**Figura 14 - Relação entre a porosidade preenchida por água (PPA) e os fluxos de  $N_2O$  do solo no período de pós-manejo das culturas em sistema de culturas em plantio direto, anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

Provavelmente, no pós-manejo, a maior relação verificada no grupo das leguminosas ( $R^2 = 0,58$ ;  $p < 0,0001$ ) seja devido a maior quantidade e qualidade dos resíduos culturais deixados no solo enquanto que a menor relação verificada no grupo das gramíneas ( $R^2 = 0,35$ ;  $p = 0,0006$ ) além da menor quantidade, seja o reflexo dos diferenciados processos de produção de  $N_2O$ , tendo se repetido o mecanismo no pós-colheita onde o grupo das leguminosas apresentou uma relação ( $R^2 = 0,47$ ;  $p < 0,0002$ ) e o grupo das gramíneas a relação ( $R^2 = 0,44$ ;  $p < 0,0073$ ).



**Figura 15 - Relação entre a porosidade preenchida por água (PPA) e os fluxos de  $N_2O$  do solo no período de pós-colheita do milho em sistema de culturas em plantio direto, anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

A quantidade e qualidade dos resíduos culturais, mais especificamente pela taxa diferente de decomposição de seus componentes no tempo pode ser o responsável pela diferença na PPA médias nos grupos. A maior porcentagem e/ou taxa de cobertura do solo, aliada a maior quantidade de resíduo pode ter criado uma condição de maior permanência da umidade no solo, principalmente devido uma menor taxa de evaporação (FURLANI et al. 2008). A diferença na taxa de cobertura do solo, no tempo, é dada pela diferente resistência dos resíduos culturais à decomposição (CRUSCIOL et al., 2013). Neste caso, quanto maior o tempo de duração, quantidade e concentração de N potencialmente mineralizável no tecido vegetal dos resíduos aliado a maior umidade no solo, maior possibilidade de ocorrência de altas emissões de  $N_2O$ . Umidade do solo com PPA acima de 60-70% caracteriza produção de  $N_2O$  do solo principalmente pelo processo de desnitrificação. Provavelmente, o anteparo físico proporcionado pelos resíduos, a maior quantidade de água no

solo e a maior concentração de N nos resíduos das leguminosas seja o diferencial que explique a maior produção de  $N_2O$  nos sistemas com uso de leguminosas, principalmente no segundo ano de avaliação. Quando a emissão de  $N_2O$  do solo retorna ao seu nível basal, após os primeiros 60 dias do pós-manejo e após os 45 dias do pós-colheita (Figuras 12b e 13b) é provável que a maior parte da produção de  $N_2O$  do solo seja proveniente do processo de nitrificação, (KOOL et al., 2011) haja visto que embora haja umidade suficiente (Figuras 12a e 13a) para o que ocorra o processo de desnitrificação, esse provavelmente é limitado devido a menor concentração de  $NO_3^-$  no solo, sendo o  $NO_3^-$  absorvido na sua maioria pela cultura do milho. A hipótese do predomínio de diferentes processos na produção de  $N_2O$  no solo (ABASSI & ADAMS, 2000) pode ser verificada ao comparar, no pós-colheita, os sistemas A+V/M+C com os demais sistemas do mesmo grupo e do grupo das gramíneas. No sistema A+V/M+C que apresenta uma quantidade maior de N disponível (N do tecido do caupi + resíduos da resteva), há um aumento de 3 a 4 vezes (Figuras 12b e 13b) na emissão de  $N_2O$  do solo com o aumento da PPA enquanto que nos demais sistemas quando ocorre, este é um pico de muito menor intensidade e duração. O predomínio diferenciado dos processos de produção de  $N_2O$  no solo, intra e entre grupos, ocasiona também uma emissão acumulada diferenciada de  $N_2O$  do solo.

No ano agrícola de 2010/11 o volume de precipitação (mm) ficou dentro da média histórica para o período de pós-manejo (Apêndice 3). No entanto esse volume de chuvas foi mal distribuído no período, sendo necessário então o uso de irrigação. Com o uso da irrigação, a soma do volume das precipitações com o volume de irrigação apresentou um saldo 38% acima da média histórica para o período de pós-manejo das culturas. Já no período de pós-colheita ocorreram chuvas dentro da média histórica. Quando considerado todo o ciclo vegetativo da cultura do milho, o volume mal distribuído das chuvas (Figura 12a), representado por chuvas concentradas em períodos curtos e com alto volume (acima de 50 mm) embora tenha ficado dentro da média histórica, exigiu o volume de cerca de 150 mm de irrigação (Apêndice 3). Embora tenha

vido necessário o uso de irrigação, o ano agrícola de 2010/11 foi caracterizado como sendo um ano com chuvas 20% acima da média anual. Ao contabilizar o volume de chuvas com o volume de irrigação, o ano agrícola de 2010/11 recebeu um volume de água de cerca de 1586 mm, aproximadamente 300 mm a mais em relação a média histórica anual.

O ano agrícola de 2011/12, diferentemente do ano anterior, foi caracterizado como um ano com volume de chuva abaixo da média histórica tanto no período de pós-manejo quanto no período anual. Assim, foi necessário o uso de irrigação para que o volume de chuva somado ao volume de irrigação alcançasse a média histórica no período de pós-manejo e subsequente, durante todo o ciclo vegetativo da cultura. No período de pós-colheita o volume de chuva foi 25% abaixo da normal histórica. O ano agrícola de 2011/12 foi caracterizado como um ano em que a precipitação acumulada ficou abaixo da média histórica, com um déficit de cerca de 400 mm (Apêndice 3).

O comportamento das chuvas foi diferenciado nos dois anos de avaliação, tendo apresentado necessidades de irrigação diferente para cada ano, ou seja, no ano 2010/11 foram irrigados 150 mm, enquanto que no ano agrícola 2011/12, 90 mm. Porém, cabe ressaltar que em nenhum dos anos o volume de irrigação, de 20-30 mm a cada irrigação, tenha influenciado nas coletas e mensurações das emissões de  $N_2O$  do solo haja visto que quando havia coincidência de datas entre as coletas de gás e irrigação, a irrigação sempre era feita após o término da coleta dos gases e do solo e em nenhuma situação foi feita irrigação e até 3 dias após uma nova coleta de gás.

#### **6.4.3 Emissão acumulada de $N_2O$ e $CH_4$**

A emissão acumulada de  $N-N_2O$  dos sistemas nos anos agrícolas 2010/11 e 2011/12 foi diferenciada estatisticamente nos tratamentos com uso de leguminosas (Figuras 16 e 18). No grupo das leguminosas e no grupo das

gramíneas, o período de pós-manejo concentrou em média, 2/3 de toda emissão anual acumulada de  $N_2O$  (Figuras 16 e 18) e cerca de 1/2 do influxo anual acumulado de  $CH_4$  (Figuras 17 e 19).

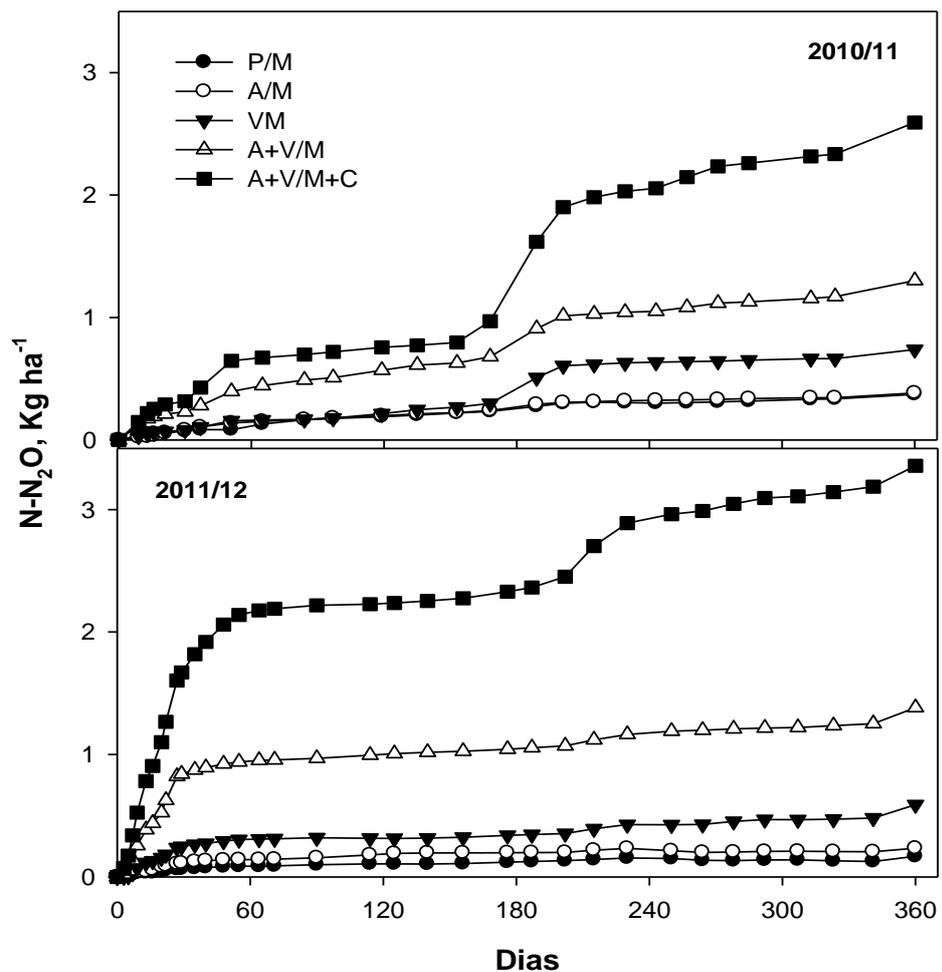
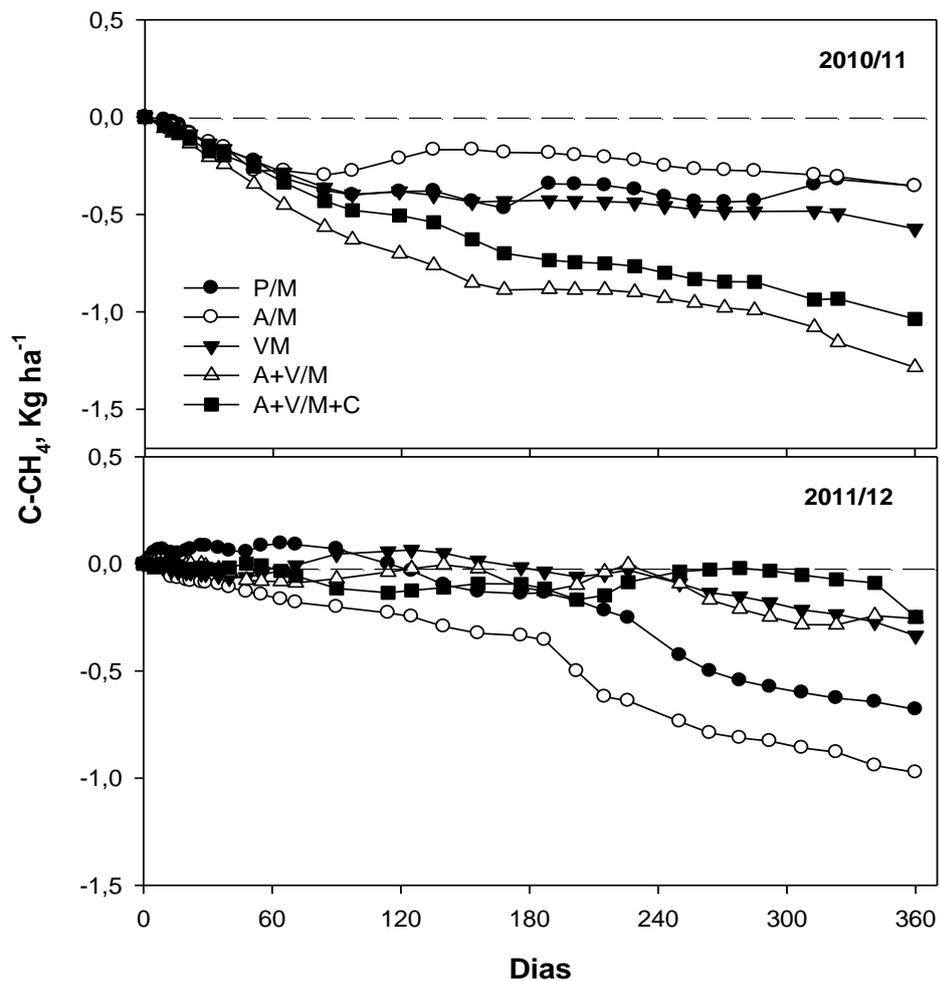


Figura 16 – Cinética e emissão acumulada de  $N_2O$  (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período anual em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.



**Figura 17 – Cinética e emissão acumulada de CH<sub>4</sub> (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período anual em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

A emissão acumulada média de N-N<sub>2</sub>O (Figura 18) dos sistemas no pós-manejo em ambos os anos agrícolas foi maior no grupo das leguminosas (média de  $0,18 \pm 0,11$  Kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) para o ano 2010/11 e média de  $0,55 \pm 0,55$  Kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>; para o ano 2011/12, enquanto que no grupo das gramíneas, nos dois anos agrícolas houve praticamente a mesma emissão ( $0,056 \pm 0,026$  Kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>; ano 2010/11 e  $0,053 \pm 0,039$  Kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> ano 2011/12). No pós-manejo, os tratamentos com maior emissão acumulada foram os que

apresentaram a cada ano desde o início do experimento, um maior aporte de resíduos das culturas de cobertura, ou seja, A+V/M e A+V/M+C. A diferença na emissão acumulada entre os grupos de gramíneas e leguminosas provém diretamente da influência das variáveis climáticas e de solo nos resíduos com diferentes relações C/N (LEE et al., 2006; GOMES et al., 2009) o que devido a sua natureza química são mais ou menos lábeis imediatamente após o pós-manejo. Os tratamentos do grupo das leguminosas ao disponibilizar maior quantidade de N para os microrganismos do solo (ALLUVIONE et al., 2010) foram determinantes na maior emissão acumulada de N<sub>2</sub>O do solo. Segundo ROCHETTE et al., (2004) e SNYDER et al. (2009), a mineralização de resíduos de leguminosas aumenta as emissões de N<sub>2</sub>O do solo.

O comportamento das emissões de N-N<sub>2</sub>O do solo no grupo das gramíneas permaneceu constante até o final dos dois anos de avaliação, atingindo menos de 0,25 Kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> de perdas. Neste caso, a ausência de substratos ricos em N para nitrificação e desnitrificação foram os limitantes da emissão de N<sub>2</sub>O do solo (DUSENBURY et al., 2008).

A influência que a natureza do resíduo e a sua relação com as variáveis climáticas e de solo tem na emissão acumulada de N<sub>2</sub>O do solo pode ser muito bem observada principalmente no pós-manejo do ano agrícola 2011/12. Entre 13<sup>o</sup> e 22<sup>o</sup> dia após o manejo das plantas de cobertura foi verificado um volume acumulado de chuva de aproximadamente 80 mm. Ao se verificar na Figura 16 os tratamentos A+V/M e A+V/M+C foram os que apresentaram maior incremento na emissão acumulada. Este curto período com alta precipitação (PASSIANOTO et al., 2003) e conseqüentemente de alta PPA no solo permitiu a estes tratamentos, segundo o que foi verificado e discutido anteriormente nas variáveis controladoras que o processo microbiano de desnitrificação, potencializado pela alta PPA, tenha sido o principal responsável pela maior emissão de N<sub>2</sub>O do solo (DING et al. (2007) quando comparados aos outros tratamentos que não apresentaram magnitudes consideráveis de emissão

devido a natureza física (P/M e A/M) e/ou menor quantidade de biomassa existente (V/M).

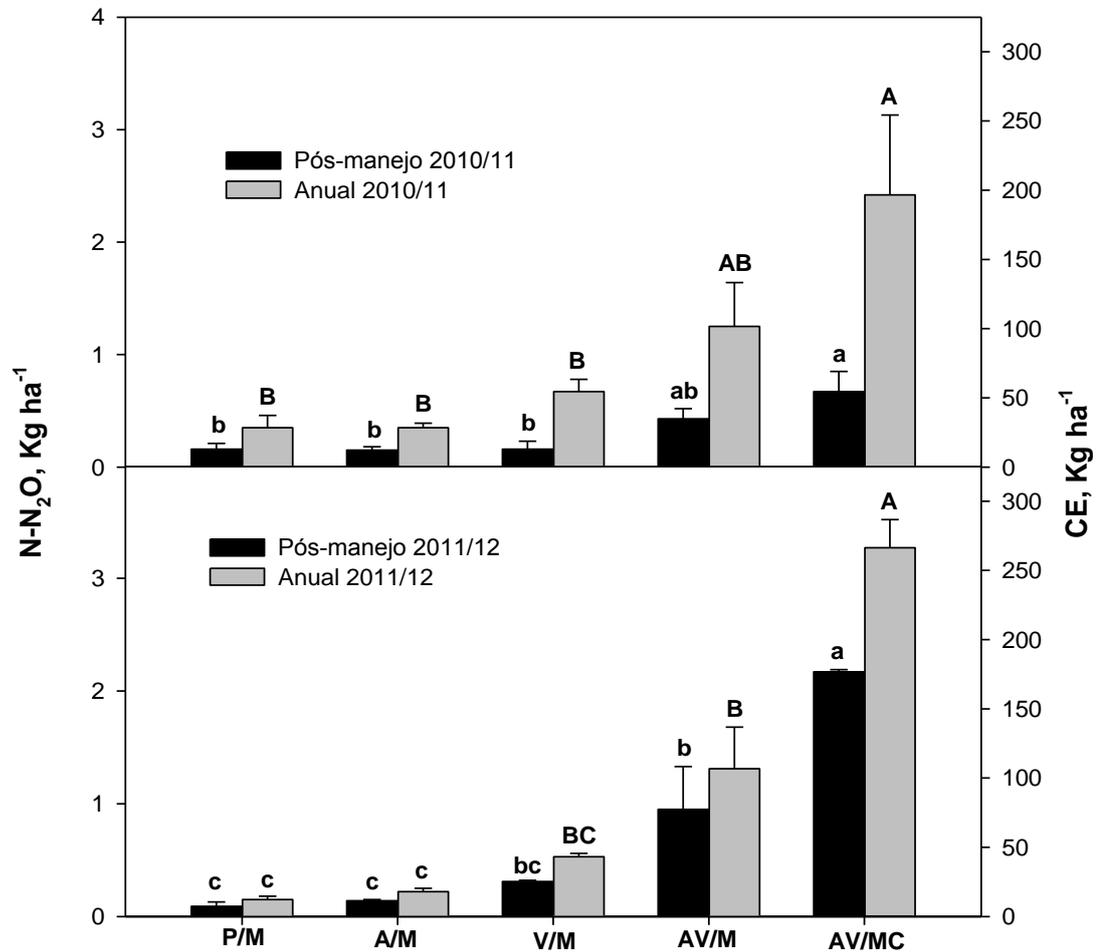
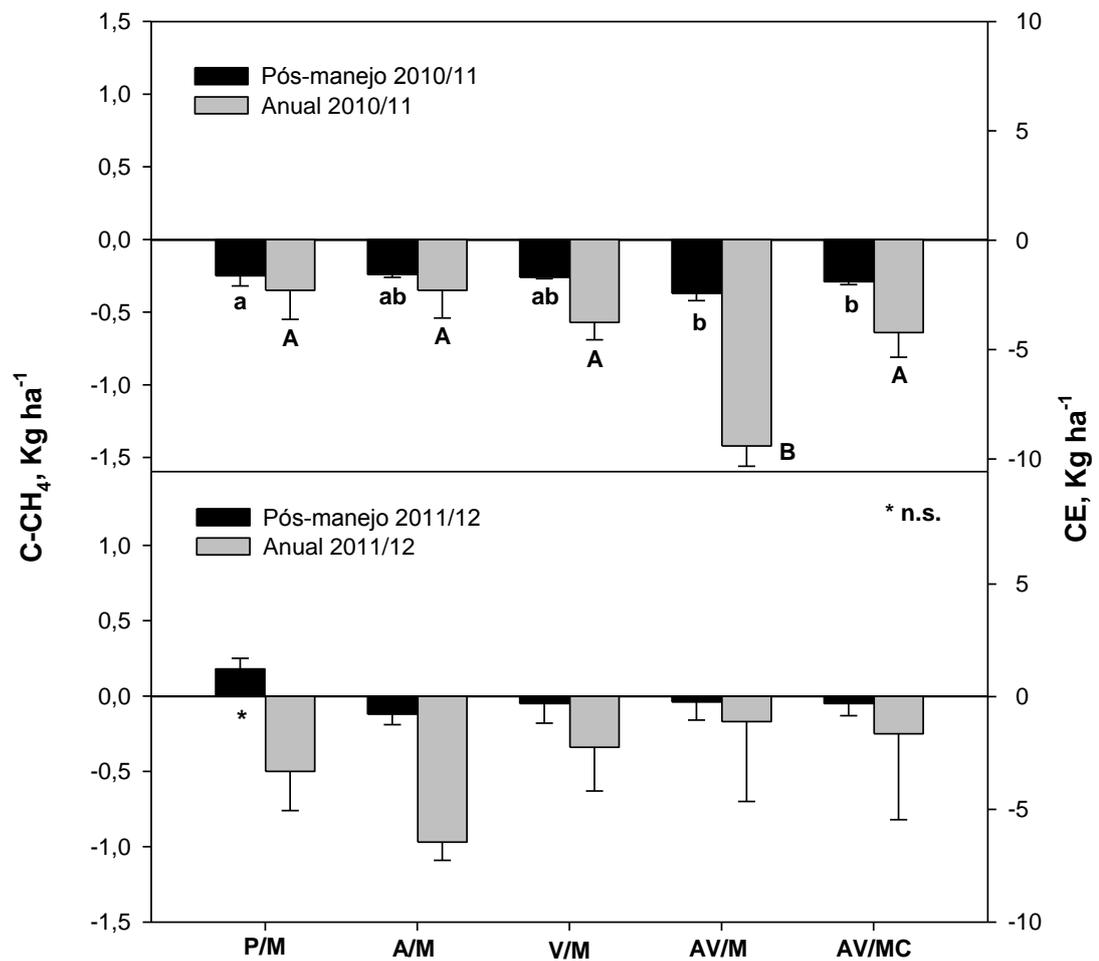


Figura 18 - Emissão acumulada de N<sub>2</sub>O (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período de pós-manejo e anual em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.



**Figura 19 - Emissão acumulada de CH<sub>4</sub> (Kg ha<sup>-1</sup>) do solo no período de pós-manejo e anual em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. Média seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

Passado o período de pós-manejo foi verificado aumento menos acelerado da emissão acumulada de N-N<sub>2</sub>O até antes do início da senescência das folhas do milho e no tratamento A+V/M+C com a também senescência das folhas do caupi. Com a realização da colheita do milho, manejo da área com rolo-faca e semeadura das plantas de cobertura de inverno, houve um

incremento bastante acentuado na emissão acumulada de N-N<sub>2</sub>O, sobretudo no tratamento A+V/M+C. Cerca de 25% do total da emissão acumulada no tratamento A+V/M+C foi verificada no período de pós-colheita e pode ser relacionada a grande entrada de biomassa anual que, em média, no ano agrícola de 2011/12 foi de 4440 Kg.ha<sup>-1</sup> enquanto que no grupo das gramíneas em média houve um aporte de cerca de 1800 Kg.ha<sup>-1</sup>.

Em relação a emissão de C-CH<sub>4</sub> (Figura 19) foi verificado um comportamento diferenciado estatisticamente no ano agrícola 2010/11 e não significativo no ano agrícola 2011/12. O influxo de CH<sub>4</sub> nos dois anos agrícolas variou do influxo mínimo de -0,5 Kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> ao influxo máximo de -1,5 Kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>. Assim como em ALLUVIONE et al. (2009), não foi encontrado um fator de influência clara sobre os processos de oxidação de CH<sub>4</sub>.

#### **6.4.4 Fator de emissão de N-N<sub>2</sub>O**

No ano agrícola 2011/12, o fator de emissão (FE) dos sistemas com uso de gramíneas foi menor que os sistemas com uso de leguminosas (Apêndice 2), tendo atingido no grupo das gramíneas um FE médio de 0,15% do N aplicado, enquanto que nos sistemas com uso de leguminosas o FE aumentou proporcionalmente, de acordo com a quantidade de N aplicado e que na maior parte foi proveniente da biomassa das plantas de cobertura e dos resíduos culturais do milho (resteva). Em ordem crescente o FE foi de 0,28 < 0,83 < 1,04% nos sistemas com uso de V/M, A+V/M e A+V/M+C, respectivamente. A análise estatística não demonstrou diferença significativa na produção de biomassa dos sistemas P/M e A/M. No entanto, no grupo das leguminosas apesar dos sistemas V/M e A+V/M ter apresentado médias semelhantes de produção de biomassa estes diferiram do sistema A+V/M+C que foi o sistema com maior produção de biomassa no geral.

A amplitude verificada entre os FE nestes grupos embora bastante diferenciado entre o grupo das leguminosa e gramíneas permaneceu dentro

dos limites apresentados por estudos feitos em condições semelhantes ao presente estudo (GOMES et al., 2009; EMBRAPA, 2012) e abaixo do indicado como tolerado pelo IPCC (1997) e que também foi observado por DENEGA (2009) em tratamento semelhante aos do grupo das gramíneas.

#### 6.4.5 Taxa de acúmulo de C, PAG e IGEE

A taxa de acúmulo de C do solo (Figura 20) nos tratamentos avaliados variou de  $-120 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no tratamento A/M a até  $489 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no tratamento A+V/M+C (ZANATTA et al, 2007; WEBER, 2008).

Ao se considerar as diferenças entre os grupos, se pode verificar que enquanto no grupo das gramíneas houve perda anual de C do solo, variando de 50 a  $120 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , no grupo das leguminosas foi verificado um sequestro (ganho) de C de 150 a  $489 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Dessa forma, enquanto o grupo das gramíneas, com o passar do tempo foi diminuindo o estoque de C do solo, no grupo das leguminosas o estoque aumentou.

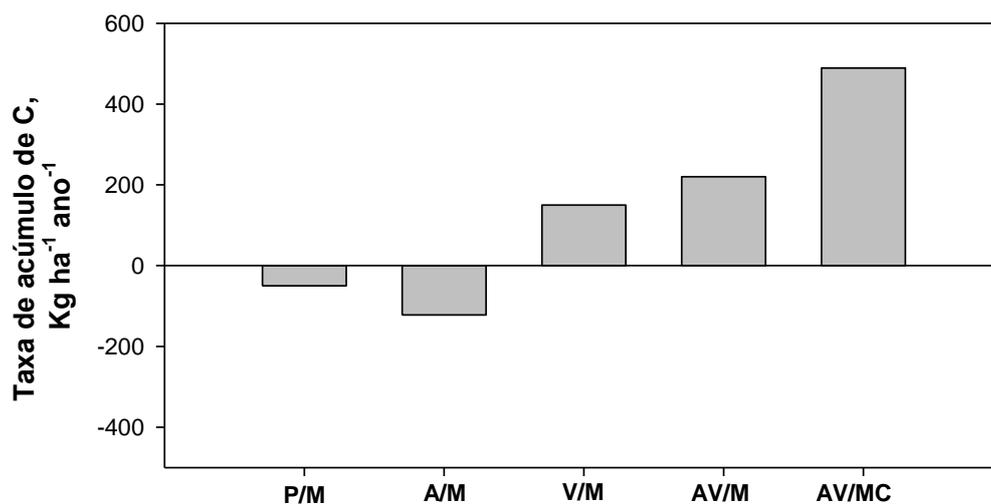


Figura 20 - Taxa de acúmulo de C do solo ( $\text{Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) em sistema de culturas em plantio direto. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

A perda de C do solo no grupo das gramíneas está relacionada a baixa entrada de C via processo de fotossíntese (AMADO et al.1999) e N via fixação simbiótica (LOVATO et al., 2004) ou ainda pelo não uso de adubação nitrogenada limitando assim a produção de biomassa. SIX et al. (2004) relatam que sistemas sob PD são, de forma geral, sequestradores de C no solo. No entanto, a verdadeira mitigação de gases de efeito estufa só é possível se o impacto deste sequestro reduza o PAG líquido gerado pelos três gases de efeito estufa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$ ).

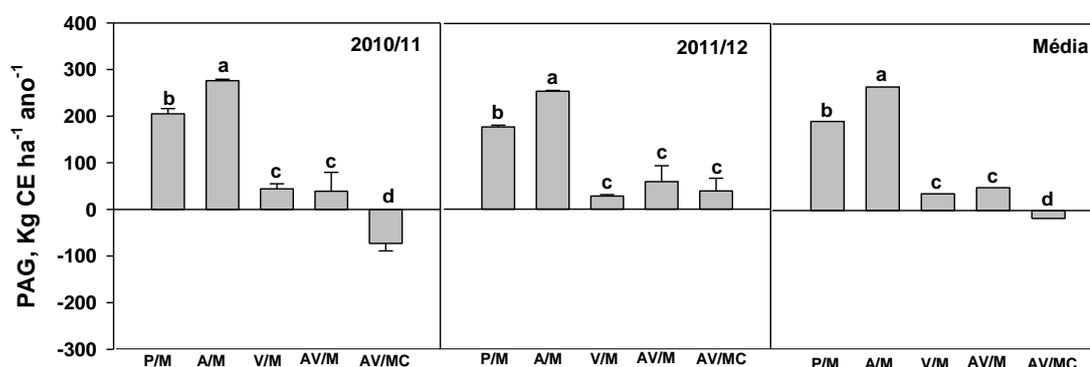
A quantidade relativa de C perdida no grupo das gramíneas devido a taxa negativa de retenção de C em relação aos equivalentes de C dos gases  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  e custos operacionais representou cerca de 40%. Já no grupo das leguminosas, a taxa positiva de retenção de C, ou seja, o sequestro de C no solo, ao compensar todas as emissões em CE dos gases  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  e custos operacionais permitiu os sistemas com uso de leguminosas serem considerados sistemas com balanço positivo de GEE do ponto de vista ambiental.

Semelhante ao presente trabalho, CHAVES (2011), verificou a importância da criação de condições de manejo que permitam que haja uma máxima taxa de retenção de C no solo tornando o sistema um potencial mitigador de GEE.

Nesse sentido o presente estudo verificou, na média, emissões de N- $\text{N}_2\text{O}$  distintas entre os grupos e dentro dos próprios grupos ao mesmo tempo que foi verificado influxo relativamente constante de C- $\text{CH}_4$  no solo. O PAG, ao juntar os três gases de efeito estufa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$ ) mostra o potencial que cada sistema apresenta na mitigação dos efeitos do aquecimento global.

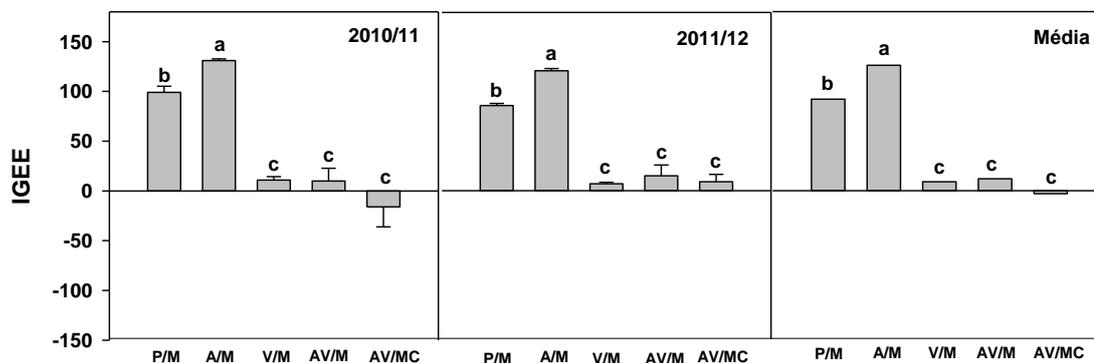
O PAG dos sistemas P/M e A/M foi positivo, sendo emitido na média do grupo, cerca de  $220 \text{ Kg CE ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Figura 21). Já no grupo das leguminosas, foi verificado PAG positivo (V/M e A+V/M) e negativo (A+V/M+C).

O PAG médio dos sistemas apresentou na média dos dois anos: a) grupo das gramíneas: PAG positivo com A/M (265 Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) > P/M (190 Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e b) grupo das leguminosas: PAG positivo com V/M (36 Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), A+V/M (49 Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e PAG negativo com A+V/M+C (-17 Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).



**Figura 21 - Potencial de aquecimento global (Kg CE ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) do solo em sistema de culturas em plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12. Média seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

Os sistemas do grupo das leguminosas, do ponto de vista ambiental e produtivo foram os mais eficientes ao permitir o acúmulo de C e o aumento da produção da cultura do milho. Além disso, através do Índice de Gases de Efeito Estufa (Figura 22) foi possível verificar que houve um balanço líquido menor por unidade de produto produzido (milho) nos sistemas com uso de leguminosas o que segundo SNYDER et al.(2010) é desejável quando se trata de rendimento aliado a menor poluição ambiental.



**Figura 22 - Índice de gases de efeito estufa ( $\text{Kg CE ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  emitido  $\text{Mg}^{-1}$  de grãos de milho produzido) do solo em sistema de culturas em plantio direto nos anos 2010/11 e 2011/12. Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10%. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

## 6.5 Conclusões

Alta umidade do solo (>60-70% PPA) é um fator determinante na emissão de óxido nitroso no solo quando da adoção de sistemas de culturas com leguminosas de cobertura.

As emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  nos sistemas com uso de leguminosas no período de pós-manejo foram potencializadas quando da ocorrência de eventos de chuva acima de 20 mm em até 3 dias anteriores à coleta.

As leguminosas tropicais ou temperadas elevam a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo. Entretanto, as taxas de retenção de C no solo são superiores ao seu efeito nas emissões deste gás, enquanto as emissões de  $\text{CH}_4$  são pouco

afetadas, ocorrendo um influxo de baixa magnitude em praticamente todos os sistemas.

O balanço de GEE (PAG) nos sistemas com leguminosas de cobertura de solo em plantio direto é favorável em relação ao verificado nos sistemas com gramíneas, ressaltando a importância dessas culturas tanto de inverno como de verão na redução do impacto ambiental da produção agrícola. A consideração também do impacto dessas leguminosas no rendimento do milho resulta em maior destaque do papel dessas espécies em sistemas de produção de grãos no subtropico brasileiro.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, M. K.; ADAMS, W. A. Gaseous N emission during simultaneous nitrification-denitrification associated with mineral N fertilization to a grassland soil under field conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 9, p. 1251–1259, 2000.

ACOSTA, J. A. A. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 801–809, 2014.

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para cultura em sucessão. In: FRIES, M. R. **Atualização em recomendação de adubação e calagem, ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Núcleo regional Sul-RBCS, 1997. p. 76-109.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais de plantas de cobertura solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 601–612, 2003.

ALMARAZ, M. et al. Carbon dioxide and nitrous oxide fluxes in corn grown under two tillage systems in Southwestern Quebec. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 73, n.1, p. 113–119, 2009.

ALLUVIONE, F.; HALVORSON, A.; DEL GROSSO, S. J. Nitrogen, tillage, and crop rotation effects on carbon dioxide and methane fluxes from irrigated cropping systems. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.38, n.5, p.2023-2033, 2009.

ALLUVIONE, F. et al. Nitrous oxide and carbon dioxide emissions following green manure and compost fertilization in corn. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 74, n. 2, p. 384–395, 2010.

- ALVAREZ, R. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 21, n. 1, p. 38–52, 2005.
- AMADO, T.J.C. et al. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p.679-686, 1999.
- AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189–197, 2001.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p.241-248, 2002.
- AULAKH, M. S. et al. Crop Residue Type and Placement Effects on Denitrification and Mineralization. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 4, p. 1020–1025, 1991.
- BAGGS, E. M. et al. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. **Plant and Soil**, The Hague, v. 254, n. 2, p. 361–370, 2003.
- BAGGS, E. M.; PHILIPPOT, L. Microbial terrestrial pathways to nitrous oxide. In: SMITH, K. (Ed.). . **Nitrous oxide and climate change**. London: Earthscan, 2010. p. 4–35.
- BAGGS, E. M.; CHEBIIB, J.; NDUFAC, J. K. A short-term investigation of trace gas emissions following tillage and no-tillage of agroforestry residues in western Kenya. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 69–76, 2006.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. p. 622.
- BALL, B. C.; SCOTT, A.; PARKER, J. P. Field N<sub>2</sub>O , CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, n. 1, p. 29–39, 1999.

BALL, B. C.; CRICHTON, I.; HORGAN, G. W. Dynamics of upward and downward N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> fluxes in ploughed or no-tilled soils in relation to water-filled pore space, compaction and crop presence. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam v. 101, n. 1-2, p. 20–30, set. 2008.

BATEMAN, E. M; BAGGS, E. J. Contributions of nitrification and denitrification to N<sub>2</sub>O emissions from soils at different water-filled pore space. **Biology and Fertility Soils**, Heidelberg, v. 41, n. 6, p. 379–388, 2005.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 240 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BAYER, C. et al. Methane emission from soil under long-term no-till cropping systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 124, p. 1–7, ago. 2012.

BAYER, C. et al. Soil nitrous oxide emissions as affected by long-term tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 146, p. 213–222, 2015.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 23–28, 1998.

BEDARD-HAUGNH, A. MATSON, A. L.; PENNOCK, D. J. Land use effects on gross nitrogen mineralization, nitrification and N<sub>2</sub>O emission in ephemeral wetlands. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 38, n. 12, p. 3398–3406, 2006.

BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 77p.

BOECKX, P.; CLEEMPUT, O. Estimates of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes from agricultural lands in various regions in Europe. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 60, n. 1-3, p. 35–47, 2001.

BRAGAGNOLO, N. **Efeito da cobertura do solo por resíduos de culturas sobre a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento do milho**. 1986. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.

CANFIELD, D. E. et al. The evolution and future of Earth's nitrogen cycle. **Science**, Washington, v. 330, n. 6001, p. 192–196, 8 out. 2010.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. Agricultura e aquecimento global . **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 40–44, 2007.

CHATSKIKH, D. et al. Effects of reduced tillage on net greenhouse gas fluxes from loamy sand soil under winter crops in Denmark. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 128, n. 1-2, p. 117–126, out. 2008.

CHAVEZ, L. F. **Balanço da emissão de gases de efeito estufa em Argissolo Vermelho sob sistemas de cultura em plantio direto**. 2011. 120 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CHAVEZ, L. F. et al. Carbon dioxide efflux in a Rhodic Hapludox as affected by tillage systems in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 325–334, 2009.

CHIKOWO, R. et al. Mineral N dynamics, leaching and nitrous oxide losses under maize following two-year improved fallows on a sandy loam soil in Zimbabwe. **Plant and Soil**, The Hague, v.259, n.1-2, p.315-330, 2004.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 06 dez. 2012.

CONRAD, R. Soil microorganisms as controllers of atmospheric trace gases (H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, OCS, N<sub>2</sub>O and NO). **Microbiological reviews**, Washington, v. 60, n. 4, p. 609–640, 1996.

COOPLANTIO. **Cooperativa dos Produtores de Plantio Direto**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www1.cooplantio.com.br/Default.aspx>>. Acesso em: 22 fev. 2013.

Costat. **Costat/Cohort Software**® 6.400: User's Guide. Monterey, CA: CoHort Software, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Cycling of nutrients and silicon in pigeonpea and pearl millet monoculture and intercrop. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1628–1640, 2013.

DENEGA, G. L. **Emissão de óxido nitroso e dióxido de carbono após aplicação de dejetos de suínos e bovinos em um Argissolo**. 2009. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

DIECKOW, J.; MEURER, E. J.; SALET, R. L. Nitrogen application timing and soil no-till oat / maize sequential. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 707–714, 2006.

DING, W. et al. Nitrous oxide emissions from an intensively cultivated maize-wheat rotation soil in the North China Plain. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 373, n. 2-3, p. 501–511, 2007.

DONEDA, A. et al. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 1714–1723, 2012.

DUSENBURY, M. P. et al. Nitrous oxide emissions from a northern great plains soil as influenced by nitrogen management and cropping systems. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 37, n. 2, p. 542–550, 2008.

EMATER. **Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural**. EMATER, Porto Alegre, Brasil, 2013. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/servicos/informacoes-agropecuarias>>. Acesso em: 09 mar. 2013.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília: EMBRAPA-Meio Ambiente, 2012. 347 p.

EMBRAPA-CNPMA. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: emissões de óxido nitroso proveniente de solos agrícolas. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006.

ESCOBAR, L. F. **Mitigação das emissões de gases de efeito estufa por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2011. 104 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ESCOBAR, L. F. et al. Postharvest nitrous oxide emissions from a subtropical oxisol as influenced by summer crop residues and their management. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 435–442, abr. 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Investment in agriculture**. FAO, Rome, Italy, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/investment-in-agriculture/en/>>. Acesso em: 05 mai. 2013.

FAOSTAT. **FAOSTAT Agriculture Data**. FAO, Rome, Italy, 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 05 mai. 2013.

FARQUHARSON, R.; BALDOCK, J. Concepts in modelling N<sub>2</sub>O emissions from land use. **Plant and Soil**, The Hague, v. 309, n. 1-2, p. 147–167, 2008.

FEBRAPDP. **Expansão da área em plantio direto no Brasil**. Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 22 fev. 2013.

FIRESTONE, M. K.; DAVIDSON, E. A. Microbiological basis of NO and N<sub>2</sub>O production and consumption in soil. In: ANDREAE, M. O.; SCHIMMEL, D. S. (Eds.). **Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere**. Chichester: John Wiley & Sons, 1989. p. 7–21. v. 47.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **Science**, Washington, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

FRANZLUEBBERS, A. J.; FOLLETT, R. F. Greenhouse gas contributions and mitigation potential in agricultural regions of North America: Introduction. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 83, n. 1, p. 1–8, 2005.

FURLANI, C. E. A. et al. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 375–380, fev. 2008.

GAO, X. et al. Effect of nitrogen fertilizer rate on nitrous oxide emission from irrigated potato on a clay loam soil in. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 93, n. 1, p. 1–11, 2013.

GARCIA-MONTIEL, D. C. et al. Carbon limitations to nitrous oxide emissions in a humid tropical forest of the Brazilian Amazon. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 38, n. 5, p. 267–272, 2003.

GARNETT, T. et al. Sustainable Intensification in Agriculture : Premises and Policies. **Science**, Washington, v. 341, n. 6141, p. 33–34, 2013.

GOMES, J. **Emissão de gases de efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento global por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2006. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GOMES, J. et al. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 106, p. 36–44, 2009.

GRANLI, T.; BOECKMAN, O. Nitrous oxide from agriculture. **Norwegian Journal of Agricultural Sciences**, As, Noruega, v. 12, n. Supplement, p. 125, 1994.

HALVORSON, A. D.; Del GROSSO, S. J.; REULE, C. A. Nitrogen, tillage, and crop rotation effects on nitrous oxide emissions from irrigated cropping systems. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 37, n. 4, p. 1337–44, 2008.

HERNANDEZ-RAMIREZ, G. et al. Greenhouse gas fluxes in an eastern corn belt soil: weather, nitrogen source, and rotation. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 38, n. 3, p. 841-854, 2009.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. In: EGGLESTON, S. et al. **Agriculture, forestry and other land use**. Vol. 4. IGES, Japan.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2013: the physical science basis**. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2013.

JANTALIA, C. P. et al. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 82, n. 2, p. 161–173, abr. 2008.

KAVDIR, Y.; HELLEBRAND, H. J.; KERN, J. Seasonal variations of nitrous oxide emission in relation to nitrogen fertilization and energy crop types in sandy soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p. 175–186, mar. 2008.

KESSAVALOU, A. et al. Greenhouse gas fluxes following tillage and wetting in a wheat-fallow cropping system. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 27, n. 5, p. 1105–1116, 1998.

KHALIL, K.; MARY, B.; RENAULT, P. Nitrous oxide production by nitrification and denitrification in soil aggregates as affected by O<sub>2</sub> concentration. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.36, n.4, p.687-699, 2004.

KOOL, D. M. et al. Nitrifier denitrification as a distinct and significant source of nitrous oxide from soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 43, n. 1, p. 174–178, 2011.

LAL, R. Carbon emission from farm operations. **Environment International**, Amsterdam, v. 30, n. 7, p. 981-990, 2004.

LAL, R. Soil science and the carbon civilization. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 71, n. 5, p. 1425–1437, 2007.

LAVILLE, P. et al. Effect of management, climate and soil conditions on N<sub>2</sub>O and NO emissions from an arable crop rotation using high temporal resolution measurements. **Agriculture and Forest Meteorology**, v. 151, n. 2, p. 228–240, 2011.

LEE, J. et al. Tillage and field scale controls on greenhouse gas emissions. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, n. 3, p. 714–725, 2006.

LI, C. et al. A process-oriented model of N<sub>2</sub>O and NO emissions from forest soils: 1, model development. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 105, n. D4, p. 4385–4398, 2000.

LIEBIG, M. et al. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 83, n. 1, p. 25–52, 2005.

LINN, D. M.; DORAN, J. W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 48, p. 1267–1272, 1984.

LIVESLEY, S. J. et al. Soil-atmosphere exchange of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in urban gardens systems: impact of irrigation, fertiliser and mulch. **Urban Ecosyst**, London, v. 13, n. 3, p. 273–293, 2010.

LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 175–187, 2004a.

MACHADO, P. L. O. A. et al. Os solos brasileiros e o sequestro de carbono. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 21–25, 2004.

MCTI. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília: MCTI, 2013. Disponível em:<[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0226/226591.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0226/226591.pdf)>. Acesso em: 30 jul. 2013.

MEDEIROS, J. C. **Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo**. 1985. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

MOSIER, A. R. et al. Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. **Journal of Environmental quality**, Madison, v. 35, n. 4, p. 1584–1598, 2006.

NEILL, C. et al. Rates and controls of nitrous oxide and nitric oxide emissions following conversion of forest to pasture in Rondônia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 71, n. 1, p. 1-15, 2005.

NIELSEN, T. H.; NIELSEN, L. P.; REVSBECH, N. P. Nitrification and coupled nitrification-denitrification associated with a soil-manure interface. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, n. 6, p. 1829-1840, 1996.

OMONODE, R. A. et al. Soil nitrous oxide emissions in corn following three decades of tillage and rotation treatments. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 75, n. 1, p. 152–163, 2011.

ONU. **Catalogue of United Nations Population Division Publications, Databases and Software**. ONU, New York, USA, 2003. Disponível em:<<http://www.un.org/esa/population/publications/charting/3.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2013.

PASSIANOTO, C. C. et al. Emissions of CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, and NO in conventional and no-till management practices in Rondônia, Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 38, n. 4, p. 200-208, 2003.

PIMENTEL, L. G. **Emissão de óxido nitroso do solo em sistemas de culturas e sua relação com a qualidade de resíduo vegetal**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

PIVA, J. T. et al. No-till reduces global warming potential in a subtropical Ferralsol. **Plant and Soil**, The Hague, v. 361, n. 1-2, p. 359-373, 2012.

POTH, M.; FOCHT, D. D. <sup>15</sup>N kinetic analysis of N<sub>2</sub>O production by *Nitrosomonas europaea*: an examination of nitrifier denitrification. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 49, n. 5, p. 1134-1141, 1985.

QUADROS, P. et al. The Effect of Tillage System and Crop Rotation on Soil Microbial Diversity and Composition in a Subtropical Acrisol. **Diversity**, Bethesda, v. 4, n. 4, p. 375-395, out. 2012.

ROBERTSON, G. P.; PAUL, E. A.; HARWOOD, R. R. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. **Science**, Washington, v. 289, n. 5486, p. 1922-1925, 2000.

ROCHETTE, P. et al. Nitrous oxide emissions respond differently to no-till in a loam and a heavy clay soil. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 1363-1369, 2008.

RODHE, L.; PELL, M.; YAMULKI, S. Nitrous oxide, methane and ammonia emissions following slurry spreading on grassland. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 22, n. 3, p. 229-237, 2006.

RUSER, R. et al. Emission of N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> from soil fertilized with nitrate: effect of compaction, soil moisture and rewetting. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 38, n. 2, p. 263-274, fev. 2006.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. **Nature**, London, v. 485, n. 7397, p. 229–32, maio 2012.

SIX, J. et al. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practised in the long term. **Global Change Biology**, Oxford, v. 10, n. 2, p. 155–160, 2004.

SKIBA, U.; SMITH, K. A. The control of nitrous oxide emissions from agricultural and natural soils. **Chemosphere**, Oxford, v. 2, n. 3-4, p. 379–386, 2000.

SNYDER, C. S. et al. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 133, n. 3-4, p. 247–266, out. 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: CQFS, 2004. 400p.

USSIRI, D.; LAL, R.; JARECKI, M. K. Nitrous oxide and methane emissions from long-term tillage under a continuous corn cropping system in Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, n. 2, p. 247–255, 2009.

WEBER, M. A. **Leguminosas e os estoques de carbono e nitrogênio do solo em experimento de longa duração**. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

WRAGE, N. et al. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.33, n.12-13, p.1723-1732, 2001.

WRAGE, N. et al. Nitrous oxide production in grassland soils: assessing the contribution of nitrifier denitrification. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 36, n. 2, p. 229–236, 2004.

ZANATTA, J. A. **Emissão de óxido nitroso afetada por sistemas de manejo do solo e fontes de nitrogênio**. 2009. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ZHANG, Y. et al. Nitrous oxide emissions from a maize field during two consecutive growing seasons in the North China Plain. **Journal of Environmental Sciences**, Amsterdam, v. 24, n. 1, p. 160–168, 2012.

## 8. APÊNDICES

**Apêndice 1** – Experimento, tratamentos e N fornecido pela cultura de cobertura e pela resteva ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no ano agrícola 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Experimento	Tratamento	Cobertura de inverno	Resteva
		$\text{Kg ha}^{-1}$ na MS	
Exp. II, Estudo I	PC A/M	32,9	24,2
	PC V/M	36,5	53,4
	PD A/M	28,3	36,6
	PD V/M	57,1	53,3
Exp. I, Estudo II	P/M	17,6	36,8
	A/M	28,3	36,6
	V/M	57,1	53,3
	A+V/M	68,5	18,5
	A+V/M+C	73,8	115,3

**Apêndice 2** – Tratamentos, N aplicado ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), N-N<sub>2</sub>O emitido ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), N-N<sub>2</sub>O (% do N aplicado), Rendimento ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), Potencial de Aquecimento Global (CE  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) e Índice de Gases de Efeito Estufa. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

	Tratamento	N aplicado <sup>(1)</sup>	N-N <sub>2</sub> O emitido	N-N <sub>2</sub> O (% N aplicado)	Rendimento <sup>(2)</sup>	PAG <sup>(3)</sup>	IGEE <sup>(4)</sup>
		kg.ha <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup>	(Fator de emissão)	Mg. ha <sup>-1</sup>	CE Kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	
Experimento II	PC A/M	69,6	0,41	0,37	2,45	495 (516)	202 (211)
	PC V/M	102,4	1,08	0,67	4,45	372 (355)	84 (80)
	PD A/M	77,4	0,22	0,18	2,10	254 (265)	121 (126)
	PD V/M	122,9	0,53	0,28	4,12	28 (36)	7 (9)
Experimento I	P/M	66,9	0,15	0,13	2,06	177 (191)	86 (92)
	A/M	77,4	0,22	0,18	2,10	254 (265)	121 (126)
	V/M	122,9	0,53	0,28	4,12	28 (36)	7 (9)
	A+V/M	99,5	1,31	0,83	3,89	59 (49)	15 (12)
	A+V/M+C	201,6	3,27	1,04	4,55	39 (-17)	9 (-3)

(1) Corresponde ao N proveniente das plantas de cobertura+aplicado via adubação de base+N proveniente resteva do milho.

(2) Média do rendimento de 26 anos dos experimentos.

(3) Custos operacionais incluídos no PAG conforme Escobar (2011) e Chavez (2011), sendo usados os valores de 138 Kg CE ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup> para PC e 113 Kg CE ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup> para PD. Valores entre parênteses indicam a média dos dois anos de avaliação.

(3). (4) Valores entre parênteses indicam a média dos dois anos de avaliação para o PAG e IGEE, respectivamente.

**Apêndice 3** – Volume acumulado de chuva e irrigação (mm) nos períodos de pós-manejo e pós-colheita nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Períodos	Pós-manejo inverno (mm)		Pós-manejo verão (mm)		Período anual (mm)	
	Natural	Irrigação	Natural	Irrigação	Natural	Irrigação
Ano agrícola 2010/11	222,3	150,0 (373,3)	191,3	--	1586,0	--
Média de 30 anos	232,1	--	183,9	--	1280,8	--
Ano Agrícola 2011/12	195,0	90,0 (285)	99,3	--	968,0	--
Média de 30 anos	288,4	--	129,8	--	1375,5	--

**Apêndice 4** - Emissões de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> (μg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) no tratamento A/M sob plantio convencional no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PC A/M	Safrá 2010/11		μg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				μg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				mg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>			
	-2	11/10/2010	1,22	2,03	3,09	2,12	-22,50	-6,50	-19,02	-16,01	122,25	161,98	108,47	130,90
	9	22/10/2010	21,79	9,96	9,75	13,83	-15,88	-10,49	-1,97	-9,45	187,63	114,38	120,01	140,67
	13	26/10/2010	13,56	11,00	23,27	15,94	-19,89	-16,94	-11,99	-16,28	98,65	86,71	78,49	87,95
	16	29/10/2010	17,25	12,38	7,88	12,50	-4,89	-9,35	-10,71	-8,32	112,82	73,83	51,38	79,34
	21	3/11/2010	11,51	11,70	23,67	15,62	-26,82	-23,79	-15,17	-21,93	79,16	55,61	40,14	58,30
	30	12/11/2010	4,27	7,85	49,43	20,51	-15,25	-20,49	-12,25	-16,00	79,58	55,65	50,11	61,78
	37	19/11/2010	19,91	12,82	136,03	56,25	-19,25	-8,72	-11,95	-13,31	160,42	89,54	90,09	113,35
	51	3/12/2010	13,09	9,71	27,72	16,84	-23,73	-16,55	-7,10	-15,79	157,48	119,87	106,93	128,09
	65	17/12/2010	9,92	0,47	2,16	4,18	-16,58	-14,14	0,29	-10,14	162,22	69,30	153,30	128,27
	84	5/1/2011	12,96	4,47	11,53	9,65	-6,01	-6,08	-4,97	-5,69	269,12	206,10	240,97	238,73
	97	18/1/2011	3,09	1,73	-0,75	1,36	1,12	9,67	-5,25	1,85	146,87	144,93	124,58	138,79
	119	9/2/2011	-3,36	2,35	0,08	-0,31	-1,76	-3,42	4,29	-0,30	74,72	31,61	13,90	40,08
	135	25/2/2011	5,77	7,54	-1,92	3,80	5,27	90,53	-10,91	28,30	167,71	153,00	133,72	151,48
	153	15/3/2011	4,98	1,60	-4,33	0,75	-11,00	-6,51	-7,47	-8,33	108,08	87,32	80,63	92,01
	168	30/3/2011	56,28	12,51	13,04	27,28	-4,46	-1,53	-9,59	-5,19	78,85	71,94	57,65	69,48
	189	20/4/2011	49,79	33,90	50,96	44,88	3,18	7,80	-6,44	1,51	89,75	80,17	91,01	86,98
	201	2/5/2011	4,10	1,57	1,55	2,41	-3,78	-2,33	-1,20	-2,43	67,70	31,60	29,07	42,79
	215	16/5/2011	2,33	5,26	1,73	3,11	-4,05	7,85	7,63	3,81	80,51	61,46	56,11	66,02
	229	30/5/2011	1,26	2,12	1,29	1,56	-5,36	2,03	2,75	-0,20	53,55	45,53	41,15	46,74
	243	13/6/2011	-1,29	0,35	-1,10	-0,68	-5,66	-4,56	-6,11	-5,44	56,03	48,66	42,66	49,12
	257	27/6/2011	2,28	0,42	0,63	1,11	-2,53	-0,07	-1,30	-1,30	23,89	9,62	12,54	15,35
	271	11/7/2011	0,49	1,37	-0,10	0,59	2,81	-2,06	-2,49	-0,58	58,09	52,94	49,52	53,52
	285	25/7/2011	8,41	3,68	1,77	4,62	7,32	3,84	5,18	5,45	70,68	61,62	64,67	65,66
	313	22/8/2011	0,82	1,79	-26,55	-7,98	2,60	1,88	-24,96	-6,83	39,11	28,73	14,48	27,44
	324	2/9/2011	2,67	1,62	-0,53	1,25	2,30	3,91	-5,46	0,25	49,22	49,57	72,71	57,17
	Safrá 2011/12													
	3	17/9/2011	13,66	5,79	-6,66	4,26	3,39	1,78	3,00	2,72	74,59	96,70	35,48	68,92
	5	19/9/2011	8,37	4,32	6,64	6,44	0,86	-75,45	-0,18	-24,92	36,76	78,89	52,97	56,21
	7	21/9/2011	91,43	10,04	26,91	42,79	13,94	-28,08	1,90	-4,08	70,16	43,65	35,84	49,89
	9	23/9/2011	45,49	21,85	21,55	29,63	230,12	-232,56	-77,03	-26,49	55,10	75,12	64,06	64,76
	13	27/9/2011	25,73	21,32	13,52	20,19	-3,77	4,31	2,87	1,14	49,35	81,05	53,62	61,34
16	30/9/2011	38,67	43,00	10,72	30,80	1,05	-4,06	-1,71	-1,57	37,47	92,79	46,18	58,81	
20	4/10/2011	162,26	36,58	28,84	75,89	-8,25	4,05	-7,75	-3,98	36,29	46,40	24,90	35,87	
22	6/10/2011	107,73	49,62	71,24	76,20	-4,64	-0,60	-9,64	-4,96	64,70	57,55	39,46	53,90	
27	11/10/2011	115,87	52,79	31,75	66,80	-8,92	-8,42	-8,58	-8,64	48,56	58,26	58,87	55,23	

... continuação do apêndice 4.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PC A/M			$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\text{mg m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				
	29	13/10/2011	120,50	36,02	17,71	58,08	0,77	-4,12	-2,77	-2,04	61,29	63,56	68,27	64,37	
	35	19/10/2011	116,98	24,63	1,26	47,62	-2,29	-5,98	-10,35	-6,21	46,44	90,44	24,22	53,70	
	40	24/10/2011	70,86	16,30	9,00	32,05	1,59	-4,86	-1,90	-1,72	71,24	96,97	102,79	90,33	
	48	1/11/2011	25,72	6,66	5,14	12,50	-8,88	-5,13	-2,70	-5,57	54,36	89,43	97,57	80,46	
	55	8/11/2011	10,19	5,80	3,04	6,34	-3,80	-10,46	-5,92	-6,73	104,37	118,01	114,26	112,22	
	64	17/11/2011	-2,72	1,20	0,00	-0,51	-31,07	-18,27	-24,65	-24,66	48,73	77,99	78,96	68,56	
	71	24/11/2011	2,69	3,50	3,20	3,13	-4,70	-6,22	-10,87	-7,26	110,99	123,73	145,34	126,69	
	90	13/12/2011	3,39	0,62	0,69	1,57	-5,50	-7,22	-18,01	-10,24	102,43	111,99	137,05	117,15	
	114	6/1/2012	-2,10	1,81	-14,80	-5,03	-5,90	-5,76	-9,89	-7,18	75,07	88,29	107,93	90,43	
	125	17/1/2012	0,92	2,38	-0,32	0,99	-2,37	-4,56	-5,39	-4,11	77,87	85,86	127,91	97,21	
	140	1/2/2012	-0,13	0,38	-4,22	-1,32	-11,12	-9,10	-44,76	-21,66	57,68	60,27	61,44	59,80	
	156	17/2/2012	-1,55	0,72	0,08	-0,25	-7,77	-8,69	-34,15	-16,87	68,98	78,77	69,64	72,46	
	176	8/3/2012	-2,79	1,89	-4,84	-1,92	-1,97	-3,76	-2,75	-2,83	52,40	81,21	99,68	77,76	
	187	19/3/2012	0,64	1,40	-0,17	0,62	-6,40	-6,42	0,21	-4,20	40,51	59,73	87,87	62,70	
	202	3/4/2012	-0,26	3,41	2,52	1,89	4,70	16,35	23,32	14,79	59,42	47,57	86,45	64,48	
	215	16/4/2012	17,81	13,35	-11,23	6,64	-3,85	0,30	-9,74	-4,43	114,35	78,85	127,62	106,94	
	226	27/4/2012	-3,06	4,29	-8,16	-2,31	-12,45	-3,94	-14,30	-10,23	67,36	54,90	89,63	70,63	
	250	21/5/2012	-11,45	1,82	-32,98	-14,20	-28,84	-2,45	-21,15	-17,48	58,28	60,50	67,91	62,23	
	264	4/6/2012	3,75	3,51	3,27	3,51	-25,27	-43,18	-16,76	-28,40	52,96	44,39	47,88	48,41	
	278	18/6/2012	-0,73	0,15	1,65	0,36	-6,07	-8,53	-3,37	-5,99	93,76	92,67	89,39	91,94	
	292	2/7/2012	3,37	0,42	-18,12	-4,78	-1,22	-3,56	-14,51	-6,43	68,61	51,05	61,16	60,27	
	307	17/7/2012	-1,80	-1,06	-5,35	-2,74	-3,23	-2,11	-5,27	-3,54	41,97	31,88	23,76	32,54	
	323	2/8/2012	-0,31	-0,69	-2,49	-1,16	2,15	-0,69	-3,20	-0,58	74,00	67,76	64,32	68,70	
	341	20/8/2012	3,12	0,35	-7,93	-1,48	-2,53	-2,97	-7,23	-4,24	67,09	44,97	47,92	53,33	
	386	4/10/2012	48,66	20,63	15,79	28,36	0,55	0,52	2,32	1,13	73,47	-7,05	88,75	51,72	
	401	19/10/2012	-0,65	3,91	-0,23	1,01	0,47	1,07	1,86	1,13	61,95	54,07	58,26	58,09	
		Safra 2012/13													
		4	29/10/2012	15,36	11,51	129,24	52,04	-1,13	-11,25	3,88	-2,83	69,82	62,26	72,87	68,32
		7	1/11/2012	152,66	77,64	501,02	243,77	-4,83	-6,91	-1,48	-4,41	75,52	79,81	136,92	97,42
		12	6/11/2012	62,80	26,29	307,38	132,16	2,20	-5,36	-2,90	-2,02	233,68	59,22	137,74	143,55
		15	9/11/2012	51,26	87,59	257,28	132,04	46,72	2,83	-8,04	13,84	155,38	93,47	116,15	121,67
		20	14/11/2012	40,23	55,48	126,46	74,06	91,01	-1,17	-15,70	24,71	153,41	141,57	154,97	149,98
		28	22/11/2012	97,83	28,71	189,53	105,36	142,91	-4,53	1,13	46,50	-	-	-	-
		42	06/12/2012	6,01	1,29	183,68	63,66	73,81	-4,37	23,85	31,10	-	-	-	-
		54	18/12/2012	5,24	2,23	8,79	5,42	50,06	-4,59	-6,30	13,06	-	-	-	-
		76	09/01/2013	7,24	5,18	10,49	7,64	37,69	-8,87	26,16	18,32	-	-	-	-
	91	24/01/2013	3,55	3,47	11,70	6,24	27,89	-1,76	-2,96	7,72	-	-	-	-	
	103	05/02/2013	3,60	2,52	3,57	3,23	-3,05	-6,45	-4,40	-4,63	-	-	-	-	
	117	19/02/2013	6,12	-1,72	211,05	71,81	8,61	0,47	3,07	4,05	140,18	95,37	122,42	119,32	

**Apêndice 5** - Emissões de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> (μg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) no tratamento V/M sob plantio convencional no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PC V/M	Safrá 2010/11		μg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				μg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				mg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>			
	-2	11/10/2010	7,17	4,69	3,10	4,99	-5,65	-2,22	-16,95	-8,27	76,47	71,26	123,66	90,47
	9	22/10/2010	26,26	23,11	12,96	20,78	-28,40	-13,20	-6,88	-16,16	134,26	141,11	139,41	138,26
	13	26/10/2010	21,76	18,11	17,36	19,08	-15,58	-14,70	-17,93	-16,07	95,33	96,61	84,60	92,18
	16	29/10/2010	3,92	9,94	-0,67	4,40	-16,25	-12,11	-17,17	-15,18	49,70	63,38	36,95	50,01
	21	3/11/2010	0,27	9,52	4,20	4,66	-24,35	-16,49	-18,13	-19,66	41,51	52,15	41,76	45,14
	30	12/11/2010	5,60	3,49	9,03	6,04	-12,71	-13,08	-10,53	-12,10	53,58	51,48	48,05	51,04
	37	19/11/2010	13,82	15,62	18,17	15,87	-30,04	-13,65	-30,48	-24,72	100,92	97,86	87,49	95,43
	51	3/12/2010	10,66	17,75	20,63	16,35	-13,74	-8,15	-15,89	-12,60	130,00	85,33	108,84	108,06
	65	17/12/2010	4,73	6,83	6,41	5,99	-7,18	-2,60	-13,55	-7,78	127,49	123,41	157,58	136,16
	84	5/1/2011	5,94	7,75	6,82	6,84	-13,55	5,25	-9,05	-5,78	246,19	212,10	254,88	237,72
	97	18/1/2011	4,45	1,51	2,69	2,88	-2,99	5,41	-3,20	-0,26	152,05	180,00	101,80	144,61
	119	9/2/2011	7,75	12,53	1,10	7,13	0,88	2,14	0,19	1,07	78,56	53,46	53,67	61,90
	135	25/2/2011	11,20	3,66	-0,26	4,87	-8,62	76,72	-0,32	22,59	151,13	141,33	142,85	145,10
	153	15/3/2011	8,72	1,62	1,34	3,89	-10,54	-0,46	-7,75	-6,25	96,43	88,39	93,60	92,81
	168	30/3/2011	17,86	47,26	38,22	34,45	-9,39	-1,18	-3,42	-4,67	74,47	68,50	66,44	69,81
	189	20/4/2011	37,64	72,55	71,13	60,44	-2,87	8,27	0,34	1,91	112,20	90,16	103,96	102,11
	201	2/5/2011	1,93	6,68	8,78	5,79	-3,11	-3,82	-2,24	-3,06	38,99	49,76	57,10	48,61
	215	16/5/2011	1,32	4,90	2,01	2,74	-1,72	7,07	5,24	3,53	54,10	56,40	75,59	62,03
	229	30/5/2011	4,15	2,48	-0,49	2,05	-4,18	2,37	1,50	-0,10	46,37	39,24	51,15	45,59
	243	13/6/2011	1,68	1,87	0,57	1,37	-7,78	-11,49	-5,13	-8,13	50,33	46,70	57,73	51,59
	257	27/6/2011	1,62	0,51	5,02	2,38	-2,56	-1,02	-3,70	-2,43	14,69	22,47	22,46	19,87
	271	11/7/2011	1,01	2,70	1,58	1,76	-6,55	7,01	0,57	0,35	43,57	48,93	57,98	50,16
	285	25/7/2011	3,86	3,44	4,64	3,98	-0,64	14,78	1,24	5,13	73,59	64,39	69,00	68,99
	313	22/8/2011	2,24	3,30	14,21	6,58	-0,27	11,66	18,68	10,02	38,96	31,85	39,02	36,61
	324	2/9/2011	1,90	-1,30	1,00	0,53	0,41	-1,09	-2,18	-0,95	53,77	58,70	58,30	56,92
	Safrá 2011/12													
	3	17/9/2011	9,04	19,84	5,03	11,30	-4,43	10,20	2,00	2,59	119,94	114,70	65,95	100,19
	5	19/9/2011	7,12	37,40	22,72	22,42	-4,94	3,19	-3,88	-1,88	117,88	234,34	174,97	175,73
	7	21/9/2011	83,52	176,78	82,52	114,28	28,59	-21,36	-6,12	0,37	113,54	100,35	114,45	109,45
	9	23/9/2011	113,99	181,08	74,88	123,32	-2,98	1,84	-3,24	-1,46	90,46	159,70	106,85	119,00
	13	27/9/2011	53,84	64,11	70,21	62,72	-5,17	-2,19	-3,47	-3,61	89,71	149,02	113,61	117,45
	16	30/9/2011	51,48	20,55	97,82	56,62	-82,24	0,47	-2,91	-28,23	63,44	100,73	136,03	100,06
	20	4/10/2011	133,59	124,31	93,93	117,27	-1,72	-0,76	-0,34	-0,94	41,73	72,33	66,48	60,18
22	6/10/2011	353,79	127,87	228,78	236,82	-1,81	-5,92	3,03	-1,56	102,18	89,56	96,04	95,93	
27	11/10/2011	155,11	16,50	109,30	93,64	-9,45	-2,33	-5,46	-5,75	57,01	66,11	83,66	68,93	

... continuação do apêndice 5.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PC V/M			$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\text{mg m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				
	29	13/10/2011	106,13	10,82	87,71	68,22	-3,10	2,23	-0,97	-0,61	66,89	33,01	93,03	64,31	
	35	19/10/2011	42,68	11,91	46,05	33,54	-10,00	-2,13	-5,50	-5,88	21,83	48,84	56,81	42,49	
	40	24/10/2011	26,10	8,89	33,54	22,84	-8,23	7,90	-5,44	-1,92	89,39	107,93	119,30	105,54	
	48	1/11/2011	26,96	16,62	12,27	18,62	-2,06	20,77	-6,01	4,23	76,12	89,51	108,78	91,47	
	55	8/11/2011	6,41	3,71	6,89	5,67	-11,53	-3,06	-5,16	-6,59	103,29	124,68	119,52	115,83	
	64	17/11/2011	3,74	0,84	1,01	1,86	-22,55	-1,01	-5,90	-9,82	68,83	90,77	78,90	79,50	
	71	24/11/2011	8,19	3,60	4,35	5,38	-11,02	-1,06	-5,45	-5,84	136,23	143,67	163,67	147,86	
	90	13/12/2011	10,92	1,58	3,52	5,34	-6,74	-3,09	-7,82	-5,89	138,69	129,72	139,05	135,82	
	114	6/1/2012	8,98	1,26	4,21	4,82	-12,03	-3,66	-10,48	-8,72	101,83	91,06	107,50	100,13	
	125	17/1/2012	5,11	2,85	2,25	3,40	-6,38	4,30	-7,07	-3,05	102,80	109,52	106,73	106,35	
	140	1/2/2012	1,66	0,04	-0,26	0,48	-15,05	2,75	-11,05	-7,78	62,19	63,78	69,05	65,01	
	156	17/2/2012	7,51	4,09	3,92	5,17	-11,67	-5,38	-12,52	-9,86	85,84	92,51	76,96	85,11	
	176	8/3/2012	7,74	2,71	4,79	5,08	-3,54	-1,43	-4,54	-3,17	76,66	86,88	97,53	87,03	
	187	19/3/2012	4,16	1,62	1,82	2,53	-9,04	-1,22	1,01	-3,08	67,88	71,32	87,55	75,58	
	202	3/4/2012	6,81	-1,98	3,55	2,79	-0,52	1,85	-2,19	-0,29	50,36	53,88	55,57	53,27	
	215	16/4/2012	16,38	15,84	11,32	14,51	-3,25	0,01	-4,09	-2,44	72,26	119,43	86,05	92,58	
	226	27/4/2012	3,71	0,11	3,57	2,46	-9,19	-4,69	-6,84	-6,91	44,51	58,01	46,51	49,68	
	250	21/5/2012	-11,76	0,01	-1,19	-4,31	-23,43	-0,50	-9,11	-11,01	42,27	64,15	97,64	68,02	
	264	4/6/2012	1,96	2,96	8,32	4,42	-14,71	32,53	10,90	9,57	58,96	49,34	80,21	62,84	
	278	18/6/2012	1,54	3,33	7,00	3,96	-10,10	-9,01	-5,39	-8,17	83,65	87,24	81,20	84,03	
	292	2/7/2012	1,26	1,34	2,68	1,76	-5,75	6,83	-6,82	-1,91	60,42	59,05	77,21	65,56	
	307	17/7/2012	0,87	-0,75	1,04	0,39	-4,83	-0,60	-4,25	-3,22	61,41	50,54	37,17	49,71	
	323	2/8/2012	-0,62	4,55	6,77	3,57	-4,17	14,42	-8,33	0,64	91,48	130,79	70,74	97,67	
	341	20/8/2012	0,29	2,98	1,91	1,72	-8,22	2,47	-5,23	-3,66	72,03	116,98	84,38	91,13	
	386	4/10/2012	44,25	13,92	55,40	37,86	-3,96	6,26	1,07	1,12	60,73	185,73	40,81	95,76	
	401	19/10/2012	7,19	1,13	7,94	5,42	-0,99	8,75	9,39	5,72	50,16	65,96	64,25	60,12	
		Safra 2012/13													
		4	29/10/2012	147,93	81,31	167,70	132,31	-7,68	-5,11	-3,19	-5,33	69,27	-13,32	69,84	41,93
		7	1/11/2012	267,37	217,85	381,06	288,76	-5,65	2,45	-4,76	-2,66	116,60	237,08	90,38	148,02
		12	6/11/2012	117,73	99,04	130,27	115,68	-5,95	-2,87	-3,62	-4,15	71,12	85,21	70,36	75,56
		15	9/11/2012	73,64	63,02	263,05	133,24	-0,97	9,42	0,50	2,98	114,06	143,33	130,91	129,43
		20	14/11/2012	28,70	40,43	102,24	57,12	-6,98	-0,49	-9,38	-5,62	123,31	117,36	133,27	124,64
		28	22/11/2012	24,16	43,22	64,50	43,96	-4,68	-0,35	-16,86	-7,30	-	-	-	-
		42	06/12/2012	6,05	4,92	7,31	6,10	-11,40	-4,45	-17,74	-11,20	-	-	-	-
		54	18/12/2012	3,23	7,11	1,92	4,08	-7,02	-15,73	-8,36	-10,37	-	-	-	-
		76	9/01/2013	7,97	6,98	4,72	6,55	-3,09	39,86	-3,47	11,10	-	-	-	-
		91	24/01/2013	8,03	7,31	4,75	6,70	-9,41	-15,45	-4,99	-9,95	-	-	-	-
	103	05/02/2013	3,30	6,08	4,16	4,51	-9,20	-8,72	-12,62	-10,18	-	-	-	-	
	117	19/02/2013	5,16	5,80	3,28	4,75	36,21	6,77	25,91	22,96	115,77	114,86	110,68	113,77	

**Apêndice 6** - Emissões de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> (µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) no tratamento A/M sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PD A/M	Safrá 2010/11		µg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				µg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				mg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>			
	-2	11/10/2010	4,99	2,82	3,50	3,77	-10,48	-5,00	-16,88	-10,79	217,29	217,42	96,62	177,11
	9	22/10/2010	13,09	12,56	7,13	10,92	-18,10	-16,44	-12,26	-15,60	170,14	148,61	174,38	164,38
	13	26/10/2010	-0,44	5,90	1,14	2,20	-11,42	-12,93	-13,69	-12,68	76,44	97,64	62,26	78,78
	16	29/10/2010	26,23	18,83	11,96	19,01	-24,12	-16,35	-21,33	-20,60	178,64	119,09	175,75	157,83
	21	3/11/2010	11,64	17,82	6,25	11,90	-19,48	-23,11	-23,77	-22,12	85,52	70,27	75,88	77,22
	30	12/11/2010	10,04	26,85	9,97	15,62	-17,48	-13,07	-19,72	-16,76	81,66	76,80	71,43	76,63
	37	19/11/2010	18,58	14,50	10,26	14,45	-9,54	-13,57	-18,56	-13,89	146,95	145,47	119,25	137,22
	51	3/12/2010	1,38	6,63	4,47	4,16	-11,93	-26,01	-29,32	-22,42	143,44	127,76	121,79	131,00
	65	17/12/2010	3,00	5,12	3,84	3,99	3,05	-40,76	-1,60	-13,10	161,70	136,11	84,78	127,53
	84	5/1/2011	3,23	2,02	3,22	2,82	-9,46	-3,54	20,86	2,62	247,66	260,13	267,85	258,55
	97	18/1/2011	4,78	2,89	7,03	4,90	-5,09	-3,17	42,64	11,46	202,83	192,50	309,76	235,03
	119	9/2/2011	-0,77	3,07	3,23	1,84	-1,51	-4,81	44,71	12,80	98,03	102,43	222,86	141,11
	135	25/2/2011	6,45	8,12	4,23	6,27	-11,29	14,26	28,42	10,46	147,90	164,76	204,33	172,33
	153	15/3/2011	1,71	-2,42	-2,36	-1,02	-20,42	-10,26	0,58	-10,03	80,17	75,95	121,13	92,42
	168	30/3/2011	8,01	12,49	10,21	10,24	-4,91	-0,20	10,40	1,76	105,51	95,04	132,54	111,03
	189	20/4/2011	16,22	7,47	6,13	9,94	-0,34	-1,65	-6,01	-2,67	123,85	80,87	113,70	106,14
	201	2/5/2011	0,23	1,22	0,57	0,67	-2,71	-5,13	-6,82	-4,89	44,06	33,83	45,74	41,21
	215	16/5/2011	2,84	3,38	2,52	2,91	-0,20	-7,07	0,55	-2,24	89,74	60,13	84,82	78,23
	229	30/5/2011	3,42	1,28	-0,80	1,30	-2,55	-9,22	-8,41	-6,73	62,59	37,57	45,86	48,68
	243	13/6/2011	0,37	1,27	1,26	0,97	-7,45	-11,64	-10,02	-9,70	65,66	50,79	56,50	57,65
	257	27/6/2011	1,72	2,12	-1,25	0,86	-3,32	-6,15	6,89	-0,86	48,27	25,56	37,91	37,25
	271	11/7/2011	3,18	1,14	0,69	1,67	0,07	-0,36	-6,33	-2,21	60,55	43,81	49,23	51,20
	285	25/7/2011	2,39	1,57	3,45	2,47	1,83	-0,44	-1,37	0,01	69,07	58,35	69,06	65,50
	313	22/8/2011	0,88	0,33	-2,37	-0,38	-2,89	-7,86	-7,37	-6,04	34,77	26,45	39,30	33,51
	324	2/9/2011	-3,96	2,30	2,14	0,16	-2,86	0,38	-3,37	-1,95	47,66	48,82	51,41	49,29
	Safrá 2011/12													
	3	17/9/2011	7,69	8,03	7,68	7,80	0,15	71,72	-5,00	22,29	107,04	73,71	95,74	92,16
	5	19/9/2011	8,79	7,10	8,60	8,16	-6,85	-5,47	-6,81	-6,38	114,66	99,35	122,61	112,21
	7	21/9/2011	26,56	63,00	55,65	48,40	15,34	18,62	16,28	16,75	80,32	76,32	83,41	80,01
	9	23/9/2011	13,92	11,38	12,24	12,52	-79,73	-2,28	-234,66	-105,55	89,44	68,36	94,64	84,15
	13	27/9/2011	12,99	5,46	-5,71	4,25	-1,03	-10,53	-10,11	-7,23	74,64	29,36	78,52	60,84
16	30/9/2011	19,43	9,75	93,67	40,95	-3,83	-8,09	-8,01	-6,64	71,76	41,56	64,31	59,21	
20	4/10/2011	21,72	7,40	2,58	10,57	-2,61	-32,23	-4,77	-13,20	61,75	37,34	61,88	53,66	
22	6/10/2011	23,22	21,86	13,28	19,45	-4,82	-4,48	2,67	-2,21	76,70	56,72	93,90	75,77	
27	11/10/2011	16,92	8,74	2,00	9,22	-7,89	-3,73	-7,85	-6,49	61,26	32,87	53,53	49,22	

... continuação do apêndice 6.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
			µg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				µg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				mg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				
PD A/M	29	13/10/2011	18,66	8,87	3,91	10,48	0,45	-3,36	-6,43	-3,11	79,41	50,97	81,92	70,76	
	35	19/10/2011	11,81	2,33	7,21	7,12	-8,49	-12,27	-1,05	-7,27	17,59	4,60	13,94	12,04	
	40	24/10/2011	8,11	3,98	0,98	4,36	-10,93	-22,40	-14,65	-15,99	86,65	56,18	91,56	78,13	
	48	1/11/2011	0,67	4,37	1,13	2,06	-5,95	-7,30	-4,74	-6,00	65,07	42,30	64,97	57,45	
	55	8/11/2011	0,10	2,18	0,88	1,05	-7,69	-8,91	-11,04	-9,21	84,11	74,62	84,93	81,22	
	64	17/11/2011	-2,04	1,98	-0,39	-0,15	-12,03	-8,10	-14,40	-11,51	84,36	81,22	91,72	85,77	
	71	24/11/2011	2,33	4,65	1,94	2,97	-1,83	-4,61	-10,80	-5,75	127,64	126,89	130,74	128,42	
	90	13/12/2011	-1,00	5,06	1,55	1,87	13,68	-11,39	-12,76	-3,49	123,79	111,41	131,08	122,09	
	114	6/1/2012	2,80	14,93	1,93	6,55	-6,67	-4,95	-7,11	-6,24	90,60	92,43	82,84	88,62	
	125	17/1/2012	1,61	2,58	3,47	2,56	-7,96	-8,64	-4,48	-7,02	101,19	89,51	100,02	96,91	
	140	1/2/2012	1,24	-1,32	-1,21	-0,43	-9,40	-25,56	-20,80	-18,59	52,69	47,20	58,32	52,74	
	156	17/2/2012	2,15	-2,34	1,48	0,43	-9,75	7,40	9,57	2,41	61,55	43,90	90,57	65,34	
	176	8/3/2012	1,37	-1,71	0,28	-0,02	-7,58	-7,56	-6,45	-7,19	73,82	28,70	66,88	56,47	
	187	19/3/2012	0,16	2,67	0,69	1,17	-8,10	-8,05	-8,70	-8,28	61,30	42,82	46,68	50,27	
	202	3/4/2012	0,39	-0,11	0,09	0,12	-150,40	-38,81	-28,64	-72,62	38,95	21,61	62,15	40,90	
	215	16/4/2012	8,33	5,13	19,91	11,12	-2,55	-7,00	-1,51	-3,69	86,63	67,78	136,55	96,99	
	226	27/4/2012	-2,66	0,56	3,22	0,37	-8,63	-20,86	-3,63	-11,04	45,68	28,13	69,70	47,84	
	250	21/5/2012	-9,81	-7,14	-5,05	-7,34	-26,14	-23,52	-17,48	-22,38	44,32	39,72	43,17	42,40	
	264	4/6/2012	1,94	-0,57	-2,57	-0,40	-5,90	-11,63	-11,10	-9,54	59,87	43,07	77,20	60,05	
	278	18/6/2012	1,28	1,20	3,39	1,96	-7,63	3,17	-7,43	-3,96	66,55	44,49	69,06	60,03	
	292	2/7/2012	1,67	4,33	-1,39	1,54	5,53	-12,21	-7,96	-4,88	58,91	51,73	50,10	53,58	
	307	17/7/2012	-1,41	-2,35	0,52	-1,08	-16,71	-16,70	-4,84	-12,75	29,51	47,68	33,74	36,98	
	323	2/8/2012	0,50	-4,89	3,49	-0,30	29,91	-25,12	1,06	1,95	51,85	13,83	65,94	43,87	
	341	20/8/2012	-1,32	-3,77	3,75	-0,45	-72,05	-14,42	-5,70	-30,72	49,00	6,85	71,41	42,42	
	386	4/10/2012	14,54	19,95	5,70	13,40	-16,88	-20,26	13,58	-7,85	68,96	95,27	<b>-32,93</b>	<b>43,77</b>	
	401	19/10/2012	14,35	-2,67	0,12	3,93	13,91	-31,63	7,32	-3,47	41,86	10,83	81,52	44,74	
		Safra 2012/13													
		4	29/10/2012	4,66	3,92	1,94	3,51	29,72	-21,20	-8,24	0,09	71,45	144,84	25,21	80,50
		7	1/11/2012	9,65	13,66	14,72	12,68	22,28	6,40	-3,20	8,49	55,66	75,20	105,74	78,87
		12	6/11/2012	9,25	4,93	3,98	6,05	-26,10	-5,53	-3,81	-11,81	43,59	117,68	51,03	70,77
		15	9/11/2012	10,63	12,36	7,06	10,02	-3,14	13,01	-5,34	1,51	113,82	165,40	91,42	123,55
		20	14/11/2012	11,06	4,66	4,66	6,80	17,27	-25,18	-3,91	-3,94	60,97	118,82	89,92	89,90
		28	22/11/2012	13,89	-9,54	6,03	3,46	-9,05	-22,75	-4,09	-11,96	-	-	-	-
		42	06/12/2012	8,62	8,18	4,86	7,22	-44,28	-27,93	-5,58	-25,93	-	-	-	-
		54	18/12/2012	4,31	-14,10	-1,40	-3,73	-6,73	-51,79	-9,78	-22,77	-	-	-	-
		76	9/01/2013	10,70	17,31	2,69	10,23	-22,69	-24,30	-8,71	-18,57	-	-	-	-
	91	24/01/2013	1,17	6,38	1,48	3,01	-5,01	3,55	-13,98	-5,15	-	-	-	-	
	103	05/02/2013	-0,28	15,52	3,76	6,33	-67,49	-22,63	-11,54	-33,89	85,36	-	-	85,36	
	117	19/02/2013	11,42	-10,26	3,48	1,55	30,15	-34,10	-8,65	-4,20	114,67	98,34	116,58	109,86	

**Apêndice 7 - Emissões de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> (µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) no tratamento V/M sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.**

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PD V/M	Safrá 2010/11		µg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				µg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				mg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>			
	-2	11/10/2010	2,32	0,14	1,71	1,39	-13,71	-20,12	-21,88	-18,57	118,78	101,98	96,24	105,67
	9	22/10/2010	39,40	6,10	24,78	23,43	-12,39	-15,82	-8,66	-12,29	208,62	140,38	137,82	162,28
	13	26/10/2010	33,57	2,21	3,07	12,95	-12,63	-13,14	-6,45	-10,74	108,38	81,48	37,56	75,81
	16	29/10/2010	19,98	4,66	5,14	9,93	-21,77	-17,03	-21,11	-19,97	115,75	78,24	65,11	86,37
	21	3/11/2010	8,18	6,39	5,76	6,77	-21,34	-24,22	-25,73	-23,76	41,84	37,38	47,66	42,29
	30	12/11/2010	8,80	2,23	2,56	4,53	-29,45	-11,70	-17,02	-19,39	71,05	56,18	52,94	60,06
	37	19/11/2010	52,47	10,23	13,71	25,47	-12,63	-18,72	-10,56	-13,97	181,21	132,21	128,34	147,25
	51	3/12/2010	6,55	5,78	0,73	4,36	-31,16	-21,14	-14,29	-22,20	159,76	141,06	145,09	148,64
	65	17/12/2010	4,44	-3,24	-2,45	-0,41	-16,39	-8,93	-14,05	-13,12	171,21	129,08	122,73	141,00
	84	5/1/2011	4,21	-0,16	2,83	2,29	-21,72	-22,60	-19,77	-21,36	282,16	256,57	273,62	270,79
	97	18/1/2011	2,28	4,94	7,82	5,02	19,42	-14,28	-7,15	-0,67	157,80	294,24	267,77	239,93
	119	9/2/2011	10,53	4,97	9,33	8,28	-4,99	29,46	-4,58	6,63	162,01	152,76	171,95	162,24
	135	25/2/2011	0,39	9,77	17,00	9,05	-24,86	-6,37	-19,98	-17,07	182,59	189,97	190,44	187,67
	153	15/3/2011	-1,14	-0,17	2,94	0,54	-14,63	28,84	-10,52	1,23	98,79	100,44	101,56	100,26
	168	30/3/2011	13,35	26,92	9,22	16,50	-4,04	3,89	3,67	1,17	102,20	99,84	100,80	100,95
	189	20/4/2011	97,88	58,57	44,25	66,90	-10,05	15,43	-3,79	0,53	136,43	127,21	153,74	139,12
	201	2/5/2011	1,21	2,34	1,33	1,63	-1,09	-4,63	-2,70	-2,81	23,80	42,13	52,76	39,56
	215	16/5/2011	7,45	3,77	1,82	4,35	0,43	0,70	-0,08	0,35	74,33	76,10	105,91	85,45
	229	30/5/2011	4,60	2,54	1,74	2,96	-3,64	0,19	-5,06	-2,84	52,72	47,86	61,70	54,09
	243	13/6/2011	0,57	1,06	1,18	0,94	-9,78	-5,31	-9,12	-8,07	57,04	54,40	66,58	59,34
	257	27/6/2011	0,23	0,96	3,43	1,54	-0,15	-3,33	-3,08	-2,18	11,11	14,73	16,21	14,02
	271	11/7/2011	2,17	-0,44	0,63	0,79	-1,29	-5,88	-5,28	-4,15	60,17	51,35	67,21	59,58
	285	25/7/2011	2,29	5,77	3,40	3,82	2,47	6,31	5,24	4,67	71,84	64,28	75,85	70,66
	313	22/8/2011	-2,37	0,78	0,81	-0,26	-8,07	-4,64	-0,08	-4,26	31,73	41,94	49,57	41,08
	324	2/9/2011	0,02	1,37	1,75	1,04	-1,24	-4,77	-7,10	-4,37	54,22	66,69	61,76	60,89
	Safrá 2011/12													
	3	17/9/2011	4,78	6,48	1,95	4,41	8,96	9,30	-5,46	4,27	129,49	85,05	123,99	112,85
	5	19/9/2011	13,84	11,53	9,86	11,74	-7,37	-4,02	-8,88	-6,76	175,59	131,15	179,88	162,21
	7	21/9/2011	115,96	103,46	63,05	94,16	36,17	-2,67	-84,77	-17,09	152,72	115,22	155,61	141,18
	9	23/9/2011	63,35	103,88	49,08	72,10	-77,73	232,27	-232,02	-25,83	127,64	88,08	125,24	113,65
	13	27/9/2011	21,76	8,69	35,99	22,14	-0,30	-5,58	-6,13	-4,01	114,15	66,84	102,74	94,58
16	30/9/2011	13,63	8,37	25,28	15,76	-5,25	-5,14	-6,41	-5,60	90,24	56,97	83,50	76,90	
20	4/10/2011	36,26	32,39	44,60	37,75	-0,89	-6,47	-3,29	-3,55	82,12	57,99	74,60	71,57	
22	6/10/2011	102,07	72,20	52,23	75,50	-2,17	-0,53	-2,51	-1,74	98,47	83,55	106,70	96,24	
27	11/10/2011	18,70	14,28	23,01	18,66	-9,92	1,14	-11,89	-6,89	83,18	53,81	68,55	68,51	

... continuação do apêndice 7

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD V/M			$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\text{mg m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				
	29	13/10/2011	14,85	13,69	23,41	17,32	-1,95	0,51	-3,90	-1,78	104,06	96,21	103,83	101,37	
	35	19/10/2011	4,78	0,67	13,32	6,26	-9,88	-9,43	-10,34	-9,88	25,39	13,83	29,88	23,03	
	40	24/10/2011	6,84	7,46	9,12	7,81	-7,32	-4,88	-9,85	-7,35	113,70	110,21	106,43	110,11	
	48	1/11/2011	9,58	20,34	4,72	11,55	-1,32	26,01	9,36	11,35	74,91	66,56	50,26	63,91	
	55	8/11/2011	8,25	0,78	1,03	3,36	20,99	0,28	-12,22	3,02	95,73	76,06	92,75	88,18	
	64	17/11/2011	0,99	0,51	-0,90	0,20	63,80	-7,52	-16,57	13,24	91,94	87,23	103,39	94,19	
	71	24/11/2011	3,31	4,84	2,08	3,41	66,45	-6,39	-6,66	17,80	137,72	129,65	148,97	138,78	
	90	13/12/2011	-2,78	2,57	1,09	0,30	42,08	-15,43	-11,35	5,10	132,68	117,33	142,04	130,68	
	114	6/1/2012	-5,85	0,64	-0,38	-1,87	21,32	-12,50	-10,51	-0,56	98,40	67,51	95,59	87,17	
	125	17/1/2012	0,84	0,93	0,52	0,76	34,94	-7,21	-10,85	5,63	119,20	95,18	113,48	109,29	
	140	1/2/2012	1,68	-0,44	0,96	0,73	-15,75	-16,32	-9,55	-13,88	59,49	38,04	52,63	50,05	
	156	17/2/2012	2,52	1,20	5,75	3,16	-15,91	6,80	-4,82	-4,64	72,00	64,21	90,31	75,51	
	176	8/3/2012	3,34	1,95	4,58	3,29	-12,65	-3,14	-8,49	-8,09	69,84	68,81	67,53	68,73	
	187	19/3/2012	2,31	-0,19	1,75	1,29	-9,13	-5,82	-7,69	-7,55	58,85	61,53	45,35	55,25	
	202	3/4/2012	3,52	4,53	1,79	3,28	-4,67	-0,45	-12,96	-6,03	114,88	55,80	59,65	76,77	
	215	16/4/2012	32,43	16,13	16,41	21,82	13,83	-4,61	34,42	14,55	138,59	88,06	97,06	107,91	
	226	27/4/2012	5,25	4,58	1,89	3,91	-1,79	-10,98	8,54	-1,41	77,34	59,35	64,42	67,04	
	250	21/5/2012	1,53	-4,94	-9,73	-4,38	-4,16	-30,30	-24,92	-19,79	101,95	96,97	78,75	92,56	
	264	4/6/2012	6,53	6,93	6,46	6,64	-6,65	-6,86	-5,01	-6,17	86,35	76,35	70,73	77,81	
	278	18/6/2012	10,41	8,09	5,85	8,12	-7,54	-6,20	1,81	-3,98	98,03	83,09	89,94	90,35	
	292	2/7/2012	-3,61	2,81	1,33	0,18	-14,86	-18,16	-3,60	-12,20	65,13	49,79	75,02	63,31	
	307	17/7/2012	1,28	-2,45	-0,61	-0,59	-6,79	-9,70	-6,42	-7,64	37,21	29,83	-9,46	19,19	
	323	2/8/2012	2,24	2,48	3,74	2,82	-1,85	-3,91	-3,43	-3,06	112,60	79,32	95,27	95,73	
	341	20/8/2012	-1,53	4,66	1,99	1,70	-12,19	-18,58	-9,58	-13,45	85,14	81,37	70,91	79,14	
	386	4/10/2012	42,84	48,99	45,83	45,89	-0,07	10,32	9,36	6,53	148,10	163,42	85,93	132,48	
	401	19/10/2012	0,12	3,20	2,99	2,10	-10,34	9,02	0,34	-0,33	90,62	97,94	73,59	87,38	
		Safra 2012/13													
		4	29/10/2012	25,56	21,82	21,57	22,98	-15,35	-0,47	-14,35	-10,06	63,05	45,23	51,91	53,40
		7	1/11/2012	94,35	59,86	69,44	74,55	-19,28	-4,35	-7,93	-10,52	137,50	86,71	112,89	112,37
		12	6/11/2012	16,05	21,04	16,17	17,76	-12,81	-8,35	-11,33	-10,83	71,42	69,20	55,21	65,27
		15	9/11/2012	36,97	36,67	33,27	35,64	-4,31	-0,14	-4,89	-3,11	109,89	108,89	131,76	116,84
		20	14/11/2012	8,84	23,38	6,75	12,99	-9,42	-5,25	-6,31	-7,00	130,86	121,64	77,65	110,05
		28	22/11/2012	8,71	22,31	-2,61	9,47	-7,59	-9,41	-1,55	-6,19	-	-	-	-
		42	06/12/2012	6,48	7,74	4,88	6,37	-13,37	-7,71	-13,84	-11,64	-	-	-	-
		54	18/12/2012	0,87	-2,10	11,39	3,39	-9,86	-17,55	-7,93	-11,78	-	-	-	-
	76	9/01/2013	-14,28	3,42	1,86	-3,00	33,34	-8,77	-15,50	3,03	-	-	-	-	
	91	24/01/2013	2,59	2,33	4,31	3,07	-19,08	-22,49	-11,19	-17,58	-	-	-	-	
	103	05/02/2013	1,66	2,09	2,14	1,96	-20,12	-23,84	-15,99	-19,98	-	-	-	-	
	117	19/02/2013	4,26	4,36	2,36	3,66	-2,29	-3,80	-8,88	-4,99	118,59	84,15	121,69	108,14	

**Apêndice 8** - Emissões de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> (µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) no tratamento P/M sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PD P/M	Safrá 2010/11		µg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				µg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				mg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>			
	-2	11/10/2010	5,94	6,08	-	6,01	1,90	-16,60	-	-7,35	198,50	128,81	-	163,65
	9	22/10/2010	21,05	-	-	21,05	-11,76	-	-	-11,76	177,90	-	-	177,90
	13	26/10/2010	6,65	-	-	6,65	-10,53	-	-	-10,53	184,22	-	-	184,22
	16	29/10/2010	6,08	-	-	6,08	-31,20	-	-	-31,20	71,35	-	-	71,35
	21	3/11/2010	4,06	-	-	4,06	-37,05	-	-	-37,05	48,10	-	-	48,10
	30	12/11/2010	8,06	-	-	8,06	-22,95	-	-	-22,95	53,51	-	-	53,51
	37	19/11/2010	5,89	-	-	5,89	-0,41	-	-	-0,41	152,51	-	-	152,51
	51	3/12/2010	20,26	18,55	-	19,40	-34,36	-20,98	-	-27,67	111,10	134,49	-	122,80
	65	17/12/2010	-1,74	18,47	-	8,36	-19,51	-24,16	-	-21,83	75,50	133,87	-	104,68
	84	5/1/2011	4,64	8,19	-	6,41	-7,78	-1,30	-	-4,54	270,67	233,36	-	252,01
	97	18/1/2011	-0,99	2,36	-	0,68	-7,42	15,72	-	4,15	189,83	220,00	-	204,91
	119	9/2/2011	3,27	5,66	-	4,46	13,89	16,32	-	15,10	159,73	148,13	-	153,93
	135	25/2/2011	4,96	1,03	-	3,00	-12,32	-6,25	-	-9,28	190,46	157,19	-	173,82
	153	15/3/2011	4,17	4,91	-	4,54	-12,21	12,31	-	0,05	76,59	87,95	-	82,27
	168	30/3/2011	5,53	1,05	-	3,29	-7,83	1,89	-	-2,97	71,29	97,60	-	84,44
	189	20/4/2011	9,84	15,96	8,39	11,40	2,23	-2,45	-4,14	-1,45	79,17	109,35	113,21	100,58
	201	2/5/2011	2,06	6,77	0,92	3,25	-6,45	-0,46	4,77	-0,71	49,84	53,51	51,98	51,78
	215	16/5/2011	3,37	-1,62	-5,43	-1,22	-3,30	-2,22	-1,12	-2,22	62,40	66,24	79,73	69,46
	229	30/5/2011	-0,48	-4,83	1,26	-1,35	-14,50	-5,69	-10,26	-10,15	32,20	44,43	45,66	40,76
	243	13/6/2011	0,11	0,65	2,80	1,19	-13,43	-18,24	-5,53	-12,40	39,72	46,15	50,15	45,34
	257	27/6/2011	-0,24	3,60	-1,40	0,65	-7,11	0,62	0,26	-2,08	20,35	18,47	11,44	16,75
	271	11/7/2011	1,50	1,42	-1,64	0,43	0,10	5,86	-4,13	0,61	42,51	49,92	60,22	50,88
	285	25/7/2011	2,11	2,91	-0,27	1,58	-1,15	8,20	-0,38	2,22	56,52	59,14	60,61	58,76
	313	22/8/2011	3,10	0,94	0,68	1,57	46,94	32,38	-10,27	23,02	20,72	26,11	30,33	25,72
	324	2/9/2011	-0,80	0,94	-0,64	-0,17	-20,20	-5,82	16,37	-3,22	49,22	40,15	48,66	46,01
	Safrá 2011/12													
	3	17/9/2011	2,30	1,66	5,44	3,13	111,04	49,98	77,98	79,67	85,09	73,40	140,18	99,56
	5	19/9/2011	3,29	1,44	12,11	5,61	-38,36	67,43	43,31	24,13	96,84	65,01	140,80	100,88
	7	21/9/2011	27,24	50,64	77,87	51,91	-38,91	51,16	72,38	28,21	69,79	78,12	182,80	110,24
	9	23/9/2011	105,54	8,51	-89,53	8,17	86,91	-239,03	98,39	-17,91	64,01	56,62	93,59	71,41
	13	27/9/2011	-1,19	8,89	-9,90	-0,73	-34,53	10,33	-16,11	-13,44	55,17	47,09	26,72	42,99
16	30/9/2011	7,07	6,41	5,50	6,33	-29,17	23,94	14,79	3,19	48,03	30,21	68,46	48,90	
20	4/10/2011	14,81	11,32	8,60	11,58	34,55	5,80	19,07	19,81	45,94	37,63	46,47	43,35	
22	6/10/2011	10,03	5,69	22,67	12,80	37,74	-4,70	14,58	15,87	71,69	58,82	92,33	74,28	
27	11/10/2011	-1,45	8,01	8,16	4,91	-20,65	39,17	13,75	10,76	45,78	-1,57	67,82	37,34	

... continuação do apêndice 8.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
			$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\text{mg m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				
PD P/M	29	13/10/2011	-4,42	6,39	4,39	2,12	-11,38	28,10	-59,01	-14,10	-4,65	70,71	92,99	53,02	
	35	19/10/2011	22,87	5,17	-3,44	8,20	2,01	-13,27	12,94	0,56	50,40	39,70	56,07	48,73	
	40	24/10/2011	1,80	-0,02	5,45	2,41	-55,20	7,83	-15,71	-21,03	79,93	56,20	114,46	83,53	
	48	1/11/2011	8,65	1,31	1,46	3,80	36,60	5,87	3,34	15,27	56,94	52,77	76,91	62,21	
	55	8/11/2011	-4,55	0,98	5,03	0,48	33,42	4,17	20,05	19,21	64,72	62,12	87,76	71,53	
	64	17/11/2011	-0,48	-0,32	0,21	-0,20	-9,43	-8,37	-11,12	-9,64	91,28	68,32	95,27	84,96	
	71	24/11/2011	4,06	0,11	4,90	3,02	1,11	2,19	5,17	2,82	120,81	139,65	137,18	132,55	
	90	13/12/2011	4,06	1,36	-1,15	1,42	-6,72	-2,06	-24,63	-11,14	144,67	116,69	110,37	123,91	
	114	6/1/2012	4,83	0,97	-2,51	1,10	-30,83	-3,86	-4,91	-13,20	99,60	86,21	87,66	91,16	
	125	17/1/2012	-4,54	-5,43	7,06	-0,97	-29,06	-14,45	9,14	-11,46	91,46	86,07	102,52	93,35	
	140	1/2/2012	1,36	-2,03	1,15	0,16	-36,66	-61,59	23,78	-24,82	47,55	29,49	38,74	38,59	
	156	17/2/2012	1,57	1,37	2,93	1,95	35,57	3,98	-15,38	8,06	78,10	34,04	63,05	58,40	
	176	8/3/2012	2,46	2,82	1,72	2,33	-9,10	-15,69	-11,22	-12,00	79,23	39,64	74,34	64,41	
	187	19/3/2012	2,09	2,11	2,67	2,29	25,78	0,07	19,70	15,18	71,86	73,89	66,67	70,81	
	202	3/4/2012	-3,25	2,81	3,96	1,17	-72,98	-21,24	-10,54	-34,92	43,82	35,85	34,98	38,22	
	215	16/4/2012	-0,23	0,98	13,80	4,85	7,96	-8,70	14,63	4,63	50,75	52,16	75,80	59,57	
	226	27/4/2012	6,93	0,30	6,32	4,52	-4,55	-70,33	-17,48	-30,79	50,43	39,96	54,49	48,29	
	250	21/5/2012	-6,23	-5,25	-6,23	-5,90	-52,66	-22,78	-13,77	-29,73	89,13	52,51	67,34	69,66	
	264	4/6/2012	-6,61	-4,13	0,90	-3,28	-11,84	-1,82	-28,70	-14,12	46,27	34,82	55,80	45,63	
	278	18/6/2012	3,08	3,87	-0,85	2,04	-7,83	-21,83	-6,26	-11,97	26,52	26,63	63,19	38,78	
	292	2/7/2012	0,87	0,63	1,02	0,84	-15,41	-1,18	-1,38	-5,99	29,07	32,53	40,03	33,88	
	307	17/7/2012	1,40	-2,05	0,50	-0,05	-14,97	-4,34	-7,10	-8,80	17,78	20,44	25,89	21,37	
	323	2/8/2012	-13,00	1,01	1,06	-3,64	-29,67	14,12	1,69	-4,62	49,72	34,77	64,59	49,69	
	341	20/8/2012	3,13	-0,67	-0,45	0,67	-13,50	12,66	-9,13	-3,32	44,21	41,07	46,93	44,07	
	386	4/10/2012	16,49	14,23	23,65	18,13	-26,10	5,12	-22,21	-14,40	80,18	71,32	103,82	85,11	
	401	19/10/2012	0,12	1,92	-2,59	-0,18	4,21	24,51	43,69	24,13	40,29	34,84	67,53	47,55	
		Safra 2012/13													
		4	29/10/2012	43,83	0,81	1,52	15,39	-8,37	-3,45	41,05	9,74	79,14	78,62	70,67	76,14
		7	1/11/2012	82,72	0,40	7,44	30,19	-7,64	-41,95	12,37	-12,41	125,67	82,94	100,57	103,06
		12	6/11/2012	28,61	5,11	6,55	13,42	10,95	-30,17	-31,21	-16,81	1,28	73,76	63,95	46,33
		15	9/11/2012	218,91	2,99	5,87	75,92	7,89	31,69	-14,87	8,24	99,58	111,56	116,91	109,35
		20	14/11/2012	23,50	2,72	6,52	10,91	23,89	11,79	-18,56	5,71	38,78	59,32	51,43	49,84
		28	22/11/2012	3,77	1,22	13,84	6,28	2,55	-2,57	11,88	3,95	64,29	87,47	79,69	77,15
		42	06/12/2012	15,67	-2,85	8,54	7,12	-44,38	20,63	40,90	5,72	123,15	155,43	108,04	128,87
		54	18/12/2012	5,22	3,82	3,10	4,05	-32,07	39,74	13,29	6,99	128,46	157,09	128,08	137,88
		76	9/01/2013	1,66	3,69	7,78	4,38	-26,28	-9,56	-29,37	-21,74	155,05	161,44	144,00	153,50
	91	24/01/2013	2,96	1,66	3,02	2,55	25,65	11,15	-30,41	2,13	171,56	162,09	167,04	166,90	
	103	05/02/2013	2,12	1,78	0,98	1,63	-27,28	76,15	-14,61	11,42	75,95	86,67	90,52	84,38	
	117	19/02/2013	-1,22	-1,38	-12,63	-5,08	-18,02	76,87	-33,33	8,51	113,22	131,61	124,74	123,19	

**Apêndice 9** - Emissões de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> (μg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) no tratamento A+V/M sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PD A+V/M	Safrá 2010/11		μg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				μg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>				mg m <sup>-2</sup> hora <sup>-1</sup>			
	-2	11/10/2010	1,03	1,74	-0,91	0,62	2,68	-5,60	-18,96	-7,29	229,48	196,45	228,62	218,18
	9	22/10/2010	65,22	114,66	90,76	90,21	-26,49	-47,52	-32,50	-35,50	143,50	188,26	127,05	152,94
	13	26/10/2010	23,35	25,72	22,05	23,71	-19,51	-8,22	-12,03	-13,25	116,40	83,00	96,01	98,47
	16	29/10/2010	18,69	22,91	30,11	23,90	-21,43	-22,54	-28,54	-24,17	112,05	116,93	110,22	113,07
	21	3/11/2010	8,45	6,22	9,52	8,06	-48,80	-40,14	-47,78	-45,57	67,19	74,12	84,30	75,20
	30	12/11/2010	1,90	12,68	10,74	8,44	-19,87	-16,27	-23,35	-19,83	108,05	107,09	98,01	104,38
	37	19/11/2010	32,53	98,17	27,35	52,68	-14,49	-23,37	-30,29	-22,72	257,81	258,43	176,52	230,92
	51	3/12/2010	17,58	17,14	12,79	15,84	-34,69	-26,53	-52,07	-37,76	177,53	196,19	154,31	176,01
	65	17/12/2010	3,50	18,42	16,60	12,84	-20,89	-27,78	-30,19	-26,29	217,89	248,22	231,83	232,65
	84	5/1/2011	3,40	13,03	5,99	7,47	-26,88	-23,81	-20,17	-23,62	328,72	336,21	312,68	325,87
	97	18/1/2011	5,37	7,42	2,19	4,99	-17,46	-22,97	-12,81	-17,75	265,63	256,32	294,94	272,30
	119	9/2/2011	12,56	36,16	4,44	17,72	-10,31	-9,29	-9,48	-9,69	182,90	126,40	213,23	174,18
	135	25/2/2011	-7,86	11,63	8,99	4,25	-30,84	-9,29	-24,16	-21,43	227,74	216,22	228,49	224,15
	153	15/3/2011	-7,55	8,15	10,43	3,68	-23,10	-17,22	-20,18	-20,16	122,29	97,99	111,95	110,74
	168	30/3/2011	31,37	35,59	6,90	24,62	-3,73	9,02	-4,26	0,34	103,83	138,72	105,74	116,10
	189	20/4/2011	52,62	116,19	31,15	66,65	-0,93	1,56	3,38	1,34	158,28	161,67	124,53	148,16
	201	2/5/2011	3,02	14,76	0,78	6,19	-3,56	-7,56	-1,80	-4,31	68,15	82,27	40,82	63,75
	215	16/5/2011	3,18	6,65	-1,53	2,76	-1,21	0,96	12,47	4,07	96,11	113,88	73,24	94,41
	229	30/5/2011	7,03	3,75	3,64	4,81	-12,81	-11,53	-9,36	-11,23	53,90	58,00	47,61	53,17
	243	13/6/2011	-0,58	3,38	-2,54	0,09	-9,58	-0,97	-8,73	-6,43	57,71	62,38	56,19	58,76
	257	27/6/2011	9,52	39,44	7,83	18,93	-6,17	-7,79	-10,91	-8,29	60,83	44,94	79,26	61,67
	271	11/7/2011	3,43	-0,33	1,16	1,42	-11,43	-2,41	-6,57	-6,80	69,16	67,70	72,57	69,81
	285	25/7/2011	4,35	9,65	1,79	5,27	-2,10	-2,00	1,08	-1,00	81,19	85,31	84,64	83,71
	313	22/8/2011	8,96	-4,22	4,26	3,00	-27,83	-36,49	-9,86	-24,73	48,85	30,45	55,58	44,96
	324	2/9/2011	5,41	16,05	4,55	8,67	-56,12	-31,87	-13,43	-33,81	77,71	78,06	95,36	83,71
	Safrá 2011/12													
	3	17/9/2011	9,69	122,55	29,08	53,77	39,36	25,59	14,30	26,41	137,53	184,18	130,20	150,64
	5	19/9/2011	25,20	100,86	36,10	54,05	32,54	-58,29	64,08	12,78	173,49	230,11	165,15	189,58
	7	21/9/2011	235,65	507,75	218,01	320,47	12,70	9,56	40,40	20,89	144,37	154,31	144,24	147,64
	9	23/9/2011	68,04	306,53	119,29	164,62	-40,77	-240,88	212,33	-23,11	103,78	141,78	109,83	118,46
	13	27/9/2011	73,41	178,20	75,79	109,13	7,89	-20,22	-8,57	-6,96	112,23	157,15	101,46	123,61
16	30/9/2011	6,70	67,17	39,75	37,87	-26,72	-8,13	16,54	-6,10	58,88	120,48	84,81	88,06	
20	4/10/2011	61,85	328,28	32,57	140,90	27,70	-2,26	-2,30	7,71	60,24	119,62	74,77	84,88	
22	6/10/2011	265,66	436,76	130,26	277,56	3,54	10,63	30,08	14,75	114,87	132,50	114,92	120,76	
27	11/10/2011	25,82	97,61	22,17	48,53	-58,34	12,04	-6,95	-17,75	71,58	104,63	84,40	86,87	

... continuação do apêndice 9.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD A+V/M			$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\text{mg m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				
	29	13/10/2011	16,68	48,81	28,02	31,17	-57,05	5,59	-15,73	-22,40	120,60	140,65	128,07	129,78	
	35	19/10/2011	15,10	27,58	0,62	14,43	28,93	-24,47	4,76	3,07	51,67	57,38	54,38	54,48	
	40	24/10/2011	10,79	32,70	11,20	18,23	-39,87	-32,27	-0,72	-24,29	105,90	134,06	115,70	118,55	
	48	1/11/2011	15,41	26,08	-2,62	12,96	22,99	-18,55	-53,57	-16,38	74,81	89,54	70,42	78,26	
	55	8/11/2011	1,75	17,44	4,04	7,74	17,48	11,47	2,08	10,34	86,36	103,71	87,69	92,59	
	64	17/11/2011	4,25	4,69	0,85	3,26	-24,68	-2,71	-8,28	-11,89	124,26	136,01	115,00	125,09	
	71	24/11/2011	0,62	1,46	2,16	1,41	6,60	6,79	0,12	4,51	165,63	176,60	160,97	167,73	
	90	13/12/2011	11,94	-2,25	3,16	4,28	29,70	-3,25	-15,32	3,71	145,39	170,66	164,12	160,06	
	114	6/1/2012	10,92	1,46	1,59	4,65	31,75	1,04	-10,72	7,36	95,49	122,50	107,70	108,56	
	125	17/1/2012	3,53	5,11	4,94	4,53	36,66	-15,44	-7,29	4,65	123,78	119,70	115,28	119,59	
	140	1/2/2012	0,25	3,11	1,22	1,53	-8,70	19,43	4,53	5,09	52,89	48,65	54,52	52,02	
	156	17/2/2012	0,02	4,59	4,46	3,02	-1,01	-6,02	-35,71	-14,25	70,81	79,86	82,13	77,60	
	176	8/3/2012	2,62	7,78	1,80	4,07	-18,15	-23,14	-23,74	-21,68	74,79	66,96	71,81	71,19	
	187	19/3/2012	3,81	7,48	3,23	4,84	38,14	-5,10	-12,09	6,99	68,89	59,71	64,92	64,51	
	202	3/4/2012	7,35	-0,04	3,88	3,73	18,55	-16,74	25,88	9,23	48,41	45,65	37,77	43,94	
	215	16/4/2012	34,57	18,36	31,22	28,05	25,54	1,79	61,39	29,57	102,98	96,42	99,01	99,47	
	226	27/4/2012	3,55	3,09	9,65	5,43	-23,67	1,61	9,58	-4,16	64,53	61,99	64,24	63,59	
	250	21/5/2012	2,72	6,18	1,43	3,44	-22,64	-19,82	-36,51	-26,32	120,02	93,09	69,32	94,14	
	264	4/6/2012	1,00	-1,55	6,17	1,87	6,24	-71,55	8,74	-18,86	54,96	71,65	62,26	62,96	
	278	18/6/2012	5,40	3,49	4,78	4,56	-37,68	6,13	13,42	-6,04	79,93	94,30	90,29	88,17	
	292	2/7/2012	-2,43	2,36	-0,64	-0,23	-23,91	-16,04	-7,91	-15,95	52,96	66,62	61,19	60,25	
	307	17/7/2012	2,56	2,24	1,98	2,26	-2,09	-12,80	2,50	-4,13	47,10	49,68	53,67	50,15	
	323	2/8/2012	3,24	8,96	4,01	5,40	-8,52	-6,20	25,87	3,72	80,96	83,21	106,11	90,09	
	341	20/8/2012	-0,13	5,56	1,97	2,47	-5,70	-52,29	105,45	15,82	71,74	71,38	76,19	73,11	
	386	4/10/2012	49,35	56,89	58,91	55,05	-3,16	43,55	99,01	46,47	103,50	87,08	101,24	97,27	
	401	19/10/2012	1,11	5,08	1,75	2,65	11,63	-20,30	47,71	13,01	36,43	74,22	58,28	56,31	
		Safra 2012/13													
		4	29/10/2012	37,18	5,62	10,28	17,69	7,33	3,26	14,74	8,44	96,11	69,08	75,12	80,10
		7	1/11/2012	84,25	42,57	34,23	53,68	-35,03	-8,50	8,58	-11,65	107,19	99,59	109,38	105,39
		12	6/11/2012	23,65	8,40	12,73	14,93	10,72	-18,17	43,59	12,05	89,63	71,86	61,33	74,27
		15	9/11/2012	73,98	23,75	25,15	40,96	4,75	10,23	34,44	16,47	126,86	120,06	108,70	118,54
		20	14/11/2012	27,29	17,84	7,48	17,53	4,70	-9,00	15,05	3,58	57,46	53,41	47,94	52,94
		28	22/11/2012	19,89	12,24	14,73	15,62	37,61	-9,47	44,78	24,31	82,71	68,83	56,36	69,30
		42	06/12/2012	12,67	7,28	11,30	10,41	6,78	-22,55	28,91	4,38	172,93	121,98	98,41	131,11
		54	18/12/2012	4,43	5,46	3,03	4,31	12,68	-29,19	-14,98	-10,50	142,87	113,70	89,73	115,43
		76	9/01/2013	11,44	8,40	18,40	12,75	64,26	37,81	115,95	72,67	167,78	136,67	175,59	160,01
		91	24/01/2013	2,96	3,88	-2,57	1,42	-13,90	15,37	98,57	33,35	201,93	168,69	189,70	186,77
		103	05/02/2013	2,27	3,52	0,41	2,07	13,44	217,76	67,43	99,54	88,02	90,53	65,39	81,31
		117	19/02/2013	5,40	22,87	11,67	13,31	13,89	131,74	112,65	86,10	133,78	113,51	115,86	121,05

**Apêndice 10** - Emissões de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) e CO<sub>2</sub> ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) no tratamento A+V/M+C sob plantio direto no período de outubro 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PD A+V/M+C	Safrá 2010/11		$\mu\text{g m}^{-2} \text{hora}^{-1}$				$\mu\text{g m}^{-2} \text{hora}^{-1}$				$\text{mg m}^{-2} \text{hora}^{-1}$			
	-2	11/10/2010	11,44	9,03	5,47	8,65	-6,86	-12,41	-8,25	-9,17	114,40	242,16	196,61	184,39
	9	22/10/2010	92,44	128,52	86,96	102,64	-20,54	-20,12	-25,75	-22,13	172,72	282,95	258,35	238,01
	13	26/10/2010	32,12	83,15	29,63	48,30	-13,56	-20,99	-18,76	-17,77	181,06	292,57	267,50	247,04
	16	29/10/2010	19,67	67,57	60,06	49,10	-30,35	-22,67	-24,24	-25,76	112,33	135,92	238,15	162,13
	21	3/11/2010	4,00	16,63	10,54	10,39	-32,42	-32,26	-39,80	-34,83	64,77	91,43	86,85	81,02
	30	12/11/2010	3,00	10,97	26,20	13,39	-20,82	-21,07	-27,64	-23,18	101,67	89,35	118,61	103,21
	37	19/11/2010	36,55	68,60	251,88	119,01	12,03	-16,05	-0,10	-1,37	272,82	202,70	251,40	242,31
	51	3/12/2010	9,30	16,16	9,42	11,63	-39,96	-33,53	-26,53	-33,34	175,66	276,43	219,16	223,75
	65	17/12/2010	-3,88	3,89	12,52	4,17	-9,24	-17,79	-18,87	-15,30	212,54	252,06	250,00	238,20
	84	5/1/2011	2,49	4,64	12,67	6,60	-27,07	-28,51	-23,06	-26,21	308,08	386,38	408,59	367,68
	97	18/1/2011	4,91	12,90	4,20	7,34	-6,17	-5,21	-1,50	-4,29	272,45	382,64	310,80	321,97
	119	9/2/2011	9,78	5,49	3,96	6,41	-5,16	-2,52	-10,30	-5,99	250,42	276,71	298,46	275,20
	135	25/2/2011	-3,19	7,65	2,71	2,39	-14,51	-7,51	-13,62	-11,88	282,23	284,78	260,56	275,86
	153	15/3/2011	7,47	15,17	2,34	8,33	-39,59	-24,04	-22,43	-28,69	98,27	117,47	139,32	118,35
	168	30/3/2011	49,02	43,07	172,97	88,35	-12,86	-5,01	-15,91	-11,26	106,19	117,53	63,62	95,78
	189	20/4/2011	130,65	87,51	288,14	168,76	-2,01	-6,34	0,10	-2,75	160,31	171,67	176,92	169,63
	201	2/5/2011	35,10	10,31	39,57	28,33	-8,42	-9,55	5,34	-4,21	89,75	62,61	121,14	91,16
	215	16/5/2011	28,51	17,10	15,23	20,28	-3,92	3,32	1,66	0,36	119,02	97,22	109,87	108,71
	229	30/5/2011	15,25	7,85	2,24	8,45	-15,57	-12,22	1,65	-8,71	58,03	60,06	56,07	58,05
	243	13/6/2011	4,91	1,72	10,29	5,64	-21,18	-8,83	-4,82	-11,61	59,92	77,18	56,33	64,47
	257	27/6/2011	16,18	22,79	108,02	49,00	-0,87	-8,00	-12,76	-7,21	43,66	202,70	151,40	132,59
	271	11/7/2011	1,27	4,41	4,27	3,31	-2,20	-1,05	-0,50	-1,25	71,85	72,88	62,60	69,11
	285	25/7/2011	6,84	12,80	16,56	12,07	-0,21	0,80	0,89	0,50	84,09	90,87	72,15	82,37
	313	22/8/2011	2,61	7,96	2,78	4,45	-55,60	-0,70	-26,01	-27,44	39,15	43,36	34,65	39,05
	324	2/9/2011	5,04	12,48	10,61	9,38	27,64	10,97	53,97	30,86	51,99	81,45	56,17	63,20
	Safrá 2011/12													
	3	17/9/2011	190,66	136,20	262,83	196,56	-96,24	-13,28	-4,54	-38,02	191,42	163,66	203,01	186,03
	5	19/9/2011	218,74	149,53	299,32	222,53	-87,51	108,02	-76,90	-18,80	247,81	195,23	234,01	225,69
	7	21/9/2011	508,64	420,37	462,79	463,93	40,96	25,99	47,52	38,16	197,50	138,41	151,09	162,33
	9	23/9/2011	269,08	263,37	392,67	308,37	-212,94	209,70	53,86	16,88	137,78	118,10	135,09	130,32
	13	27/9/2011	184,10	199,44	305,02	229,52	11,61	0,22	-0,43	3,80	124,66	118,06	135,37	126,03
16	30/9/2011	86,92	111,27	142,41	113,53	22,94	-229,55	9,53	-65,69	95,50	93,28	103,42	97,40	
20	4/10/2011	325,52	272,58	270,12	289,41	35,98	34,23	-15,17	18,35	90,78	83,22	107,84	93,95	
22	6/10/2011	419,77	387,76	413,66	407,06	21,93	10,86	35,24	22,68	136,80	113,33	130,51	126,88	
27	11/10/2011	150,32	182,87	130,51	154,57	14,60	-34,44	-20,00	-13,28	86,97	85,97	105,55	92,83	

... continuação do apêndice 10.

Tratamento	Dias após manejo	Data	N-N <sub>2</sub> O				C-CH <sub>4</sub>				C-CO <sub>2</sub>				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD A+V/M+C			$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\mu\text{g m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				$\text{mg m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$				
	29	13/10/2011	119,08	147,34	90,29	118,90	6,46	1,15	-24,67	-5,69	166,13	148,63	168,49	161,08	
	35	19/10/2011	96,30	124,06	42,59	87,65	-8,92	1,57	4,78	-0,86	66,87	76,64	77,10	73,54	
	40	24/10/2011	86,28	104,73	49,20	80,07	35,10	-12,39	29,93	17,55	148,82	147,72	164,88	153,81	
	48	1/11/2011	89,79	88,48	24,17	67,48	-3,78	12,55	-3,86	1,64	92,21	90,91	98,99	94,04	
	55	8/11/2011	26,84	45,01	9,35	27,07	-6,25	-24,19	-4,05	-11,50	86,89	114,73	100,18	100,60	
	64	17/11/2011	12,86	5,02	2,63	6,84	-8,00	-19,89	-9,97	-12,62	116,97	131,76	129,52	126,09	
	71	24/11/2011	12,95	9,59	5,15	9,23	-18,51	-12,06	-12,19	-14,25	183,33	214,76	205,61	201,23	
	90	13/12/2011	0,94	5,67	1,62	2,74	32,43	-40,69	-26,84	-11,70	181,81	202,45	213,28	199,18	
	114	6/1/2012	2,04	1,01	-0,61	0,81	-13,82	8,65	19,29	4,71	151,04	141,52	162,02	151,53	
	125	17/1/2012	3,02	14,35	1,90	6,42	-9,18	0,36	20,17	3,78	137,28	172,31	175,02	161,54	
	140	1/2/2012	1,87	1,14	4,79	2,60	-22,43	23,86	8,51	3,31	64,50	59,02	71,51	65,01	
	156	17/2/2012	-1,73	6,92	20,72	8,64	21,25	20,13	-22,44	6,31	105,86	70,91	113,08	96,62	
	176	8/3/2012	6,04	4,16	32,22	14,14	-15,57	9,35	-14,60	-6,94	72,73	83,95	104,07	86,92	
	187	19/3/2012	8,57	11,94	14,21	11,57	-9,78	-18,17	0,13	-9,27	85,60	91,64	91,33	89,52	
	202	3/4/2012	65,60	16,75	29,13	37,16	23,38	-82,64	1,03	-19,41	162,43	75,47	85,29	107,73	
	215	16/4/2012	149,11	84,13	136,71	123,32	12,70	46,98	37,32	32,33	181,42	136,55	125,33	147,77	
	226	27/4/2012	34,01	0,89	23,49	19,46	21,01	-13,83	35,35	14,18	146,39	83,21	115,61	115,07	
	250	21/5/2012	5,01	3,50	8,35	5,62	-22,80	-15,65	47,42	2,99	141,20	95,44	86,94	107,86	
	264	4/6/2012	23,97	4,48	1,64	10,03	-26,36	24,97	9,28	2,63	93,65	85,07	68,39	82,37	
	278	18/6/2012	43,15	10,31	19,84	24,43	-20,92	-19,83	45,40	1,55	110,42	102,97	106,96	106,78	
	292	2/7/2012	9,24	2,64	1,18	4,35	-17,41	-27,49	18,12	-8,93	84,58	35,84	57,07	59,16	
	307	17/7/2012	7,93	1,03	-0,22	2,91	0,67	-21,58	15,10	-1,94	62,39	49,04	57,41	56,28	
	323	2/8/2012	47,88	-8,60	6,17	15,15	1,07	-29,26	2,10	-8,70	106,95	82,05	86,34	91,78	
	341	20/8/2012	7,26	3,17	5,66	5,36	0,19	-50,27	53,46	1,13	76,85	65,94	77,82	73,53	
	386	4/10/2012	25,96	71,25	110,47	69,23	-28,79	-8,36	146,95	36,60	162,12	111,75	125,41	133,09	
	401	19/10/2012	0,32	0,57	6,51	2,46	-31,86	-0,10	465,25	144,43	175,69	60,82	127,42	121,31	
		Safra 2012/13													
		4	29/10/2012	11,66	179,85	14,27	68,59	-0,17	-14,31	-21,13	-11,87	84,42	114,38	94,21	97,67
		7	1/11/2012	57,96	350,39	72,32	160,22	-2,28	6,55	-25,20	-6,97	76,80	137,40	128,37	114,19
		12	6/11/2012	18,64	100,24	14,14	44,34	-11,35	7,50	5,21	0,46	88,54	94,12	71,21	84,62
		15	9/11/2012	36,71	262,68	61,34	120,24	0,20	33,20	33,25	22,22	136,83	139,91	159,34	145,36
		20	14/11/2012	7,89	106,83	17,60	44,11	7,04	22,51	8,23	12,59	72,96	75,35	63,00	70,43
		28	22/11/2012	9,63	125,46	-7,81	42,43	-56,79	-26,16	-21,62	-34,86	88,27	84,99	95,50	89,59
		42	06/12/2012	17,82	59,24	2,35	26,47	20,82	-13,95	-51,76	-14,96	156,65	136,25	170,56	154,49
		54	18/12/2012	17,79	19,29	10,62	15,90	-49,87	31,10	-56,78	-25,18	139,78	143,78	132,46	138,67
		76	9/01/2013	16,03	16,90	6,53	13,15	33,42	30,00	-33,47	9,98	161,02	196,66	190,07	182,58
		91	24/01/2013	6,20	4,71	4,77	5,23	-30,37	30,84	63,42	21,30	209,03	180,83	221,66	203,84
		103	05/02/2013	5,26	3,48	3,02	3,92	-10,44	-19,03	20,55	-2,97	110,65	130,80	113,34	118,27
		117	19/02/2013	10,90	13,66	5,25	9,94	-25,79	-14,26	-28,62	-22,89	172,67	134,08	162,23	156,33

**Apêndice 11** - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento A/M em plantio convencional no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PC A/M	Safrá 2010/11		%				°C			
	-2	11/10/2010	-	-	-	51,8	-	-	-	16,9
	9	22/10/2010	-	-	-	53,4	-	-	-	20,3
	13	26/10/2010	-	-	-	53,3	-	-	-	19,1
	16	29/10/2010	-	-	-	44,1	-	-	-	19,8
	21	3/11/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	12/11/2010	-	-	-	49,6	-	-	-	18,5
	37	19/11/2010	-	-	-	62,7	-	-	-	21,8
	51	3/12/2010	-	-	-	39,3	-	-	-	25,5
	65	17/12/2010	34,8	34,9	38,3	36,0	25,9	24,9	25,3	25,4
	84	5/1/2011	55,3	66,4	51,4	57,7	25,3	25,4	26,2	25,6
	97	18/1/2011	68,6	65,5	68,6	67,6	25,0	24,6	24,9	24,8
	119	9/2/2011	82,6	72,8	65,8	73,8	26,4	25,5	27,1	26,3
	135	25/2/2011	49,0	48,9	46,4	48,1	25,5	25,1	25,2	25,2
	153	15/3/2011	47,0	49,5	43,6	46,7	20,1	20,2	21,1	20,4
	168	30/3/2011	58,4	59,1	56,5	58,0	20,4	19,8	20,7	20,3
	189	20/4/2011	63,9	56,5	62,0	60,8	18,6	20,0	18,6	19,0
	201	2/5/2011	74,5	46,2	41,1	54,0	15,8	15,8	15,8	15,8
	215	16/5/2011	50,5	53,2	50,4	51,4	14,7	16,3	14,7	15,2
	229	30/5/2011	42,4	41,0	42,2	41,9	10,7	12,8	10,7	11,4
	243	13/6/2011	55,2	53,3	53,1	53,9	11,7	-	-	11,6
	257	27/6/2011	64,5	64,3	59,5	62,8	7,4	-	-	7,3
	271	11/7/2011	54,7	56,0	57,2	56,0	10,4	-	-	10,4
	285	25/7/2011	70,6	67,4	60,9	66,3	-	-	-	-
	313	22/8/2011	66,4	71,1	64,3	67,3	9,0	-	-	9,0
	324	2/9/2011	70,6	69,0	63,9	67,8	9,9	-	-	9,9
	Safrá 2011/12									
	3	17/9/2011	56,2	54,4	52,4	54,3	-	19,1	-	19,1
	5	19/9/2011	59,3	58,4	54,4	57,4	19,2	18,8	-	19,0
	7	21/9/2011	70,4	64,9	65,0	66,8	-	15,5	15,6	15,5
	9	23/9/2011	59,5	61,0	61,0	60,5	-	-	-	-
	13	27/9/2011	57,0	53,6	57,2	55,9	-	19,8	20,5	20,1
	16	30/9/2011	57,0	53,6	57,2	55,9	20,8	20,8	-	20,8
	20	4/10/2011	59,7	62,1	52,0	57,9	15,7	15,7	-	15,7
22	6/10/2011	69,1	69,1	60,1	66,1	19,3	19,1	-	19,2	
27	11/10/2011	61,7	57,0	55,2	58,0	-	21,3	21,4	21,4	

... continuação do apêndice 11.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PC AM			%				°C				
	29	13/10/2011	58,0	61,3	57,1	58,8	-	20,5	20,6	20,5	
	35	19/10/2011	51,2	47,2	45,8	48,1	-	20,9	21,0	20,9	
	40	24/10/2011	40,7	42,5	40,1	41,1	-	24,2	24,1	24,1	
	48	1/11/2011	51,3	48,7	49,7	49,9	-	18,9	18,8	18,8	
	55	8/11/2011	35,0	35,4	34,2	34,9	-	22,4	21,8	22,0	
	64	17/11/2011	39,5	41,4	40,4	40,4	-	21,7	21,6	21,6	
	71	24/11/2011	47,8	52,9	49,7	50,2	-	21,0	20,8	20,9	
	90	13/12/2011	41,4	42,7	55,7	46,6	-	23,3	23,0	23,1	
	114	6/1/2012	39,0	37,3	37,5	37,9	-	23,5	23,7	23,6	
	125	17/1/2012	55,5	53,7	57,5	55,5	-	22,9	23,6	23,2	
	140	1/2/2012	24,0	14,4	24,0	20,8	-	28,1	28,1	28,0	
	156	17/2/2012	41,2	28,8	29,0	33,0	-	28,5	28,3	28,4	
	176	8/3/2012	31,9	31,0	25,2	29,4	-	27,8	27,2	27,5	
	187	19/3/2012	44,2	42,5	39,7	42,2	-	22,9	22,8	22,9	
	202	3/4/2012	39,3	41,6	39,5	40,1	-	-	21,3	21,3	
	215	16/4/2012	59,4	55,7	54,7	56,6	-	19,5	19,9	19,7	
	226	27/4/2012	43,1	44,7	44,5	44,1	17,6	16,4	16,8	16,9	
	250	21/5/2012	32,7	33,7	32,8	33,1	17,9	18,1	17,2	17,7	
	264	4/6/2012	53,5	54,1	53,0	53,5	14,4	13,8	13,7	13,9	
	278	18/6/2012	57,9	60,5	54,9	57,8	16,4	16,2	16,2	16,2	
	292	2/7/2012	35,4	34,3	40,2	36,6	16,3	16,7	17,1	16,7	
	307	17/7/2012	59,7	56,4	51,5	55,9	11,1	11,1	11,1	11,1	
	323	2/8/2012	65,3	68,0	67,3	66,9	14,6	14,4	14,3	14,4	
	341	20/8/2012	52,5	52,6	48,4	51,2	19,0	19,1	18,8	19,0	
	386	4/10/2012	65,3	64,5	64,5	64,7	20,9	20,3	20,4	20,5	
	401	19/10/2012	47,8	48,4	42,6	46,3	20,7	20,7	20,7	20,7	
		Safra 2012/13									
		4	29/10/2012	46,4	45,4	48,3	46,7	23,4	23,6	23,7	23,5
		7	1/11/2012	64,3	62,8	63,0	63,4	21,6	21,6	21,4	21,5
		12	6/11/2012	47,4	49,4	50,9	49,2	25,0	25,0	24,2	24,7
		15	9/11/2012	45,6	54,4	53,8	51,3	27,2	27,0	25,9	26,7
		20	14/11/2012	51,3	51,8	46,1	49,8	21,9	22,4	21,8	22,0
		28	22/11/2012	45,6	45,3	47,7	46,2	26,3	26,0	24,9	25,7
		42	06/12/2012	37,3	44,4	49,2	43,6	29,9	27,2	29,5	28,8
		54	18/12/2012	36,4	41,4	45,3	41,0	27,3	25,2	26,9	26,4
	76	9/01/2013	58,2	62,6	62,4	61,1	24,9	24,3	25,1	24,7	
	91	24/01/2013	55,4	60,0	59,4	58,2	24,9	24,6	25,1	24,9	
	103	05/02/2013	46,9	47,3	54,8	49,7	21,8	21,7	22,6	22,0	
	117	19/02/2013	48,3	51,7	52,5	50,8	24,4	24,7	25,2	24,7	

**Apêndice 12** - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento V/M em plantio convencional no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PC V/M	Safrá 2010/11		%				°C			
	-2	11/10/2010	-	-	-	53,8	-	-	-	15,5
	9	22/10/2010	-	-	-	52,3	-	-	-	20,3
	13	26/10/2010	-	-	-	48,5	-	-	-	19,1
	16	29/10/2010	-	-	-	49,2	-	-	-	19,8
	21	3/11/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	12/11/2010	-	-	-	52,4	-	-	-	18,5
	37	19/11/2010	-	-	-	63,4	-	-	-	21,8
	51	3/12/2010	-	-	-	41,2	-	-	-	25,5
	65	17/12/2010	38,3	37,1	40,2	38,5	25,9	24,9	25,3	25,4
	84	5/1/2011	58,0	60,8	48,9	55,9	25,3	25,4	26,2	25,6
	97	18/1/2011	65,1	67,4	60,7	64,4	25,0	24,6	24,9	24,8
	119	9/2/2011	78,1	72,6	63,6	71,4	26,4	25,5	27,1	26,3
	135	25/2/2011	55,7	49,7	48,2	51,2	25,5	25,1	25,2	25,2
	153	15/3/2011	55,1	47,8	48,4	50,4	20,1	20,2	21,1	20,4
	168	30/3/2011	60,3	60,7	58,8	60,0	20,4	19,8	20,7	20,3
	189	20/4/2011	62,1	57,1	61,6	60,3	18,6	20,0	18,6	19,0
	201	2/5/2011	51,1	52,7	41,8	48,5	15,8	-	-	15,8
	215	16/5/2011	55,5	57,3	53,6	55,5	14,7	16,3	14,7	15,2
	229	30/5/2011	44,2	48,4	43,2	45,2	10,4	12,8	10,7	11,4
	243	13/6/2011	54,7	58,7	54,2	55,9	13,8	-	-	13,5
	257	27/6/2011	69,7	64,7	61,0	65,2	9,0	-	-	9,0
	271	11/7/2011	64,8	64,3	59,7	62,9	12,1	-	-	12,1
	285	25/7/2011	73,9	67,6	66,9	69,4	15,0	-	-	15,0
	313	22/8/2011	74,5	68,8	67,2	70,2	-	-	-	-
	324	2/9/2011	74,3	72,8	71,0	72,7	12,0	-	-	12,0
	Safrá 2011/12									
	3	17/9/2011	59,9	63,4	53,6	59,0	19,4	-	18,3	18,9
	5	19/9/2011	62,9	65,5	54,9	61,1	19,1	-	-	19,0
	7	21/9/2011	77,3	77,0	65,4	73,2	16,7	-	-	16,7
	9	23/9/2011	63,5	71,4	53,9	63,0	-	17,6	17,8	17,7
	13	27/9/2011	65,7	62,1	56,6	61,5	-	19,5	20,3	19,9
16	30/9/2011	65,7	62,1	56,6	61,5	20,8	20,5	-	20,7	
20	4/10/2011	66,4	61,8	55,7	61,3	16,2	15,7	-	16,0	
22	6/10/2011	74,7	69,5	67,4	70,5	19,0	18,9	-	18,9	
27	11/10/2011	64,6	62,2	60,5	62,4	-	20,7	21,1	20,9	

... continuação do apêndice 12.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PC V/M			%				°C				
	29	13/10/2011	64,7	65,9	62,9	64,5	-	20,4	20,6	20,4	
	35	19/10/2011	51,4	49,6	47,2	49,4	-	20,4	20,7	20,5	
	40	24/10/2011	48,2	47,5	39,0	44,9	-	24,1	24,0	24,0	
	48	1/11/2011	56,4	51,4	48,0	51,9	-	18,9	18,5	18,7	
	55	8/11/2011	36,7	37,1	30,8	34,8	-	22,0	21,7	21,8	
	64	17/11/2011	37,3	44,3	34,7	38,7	-	21,3	21,2	21,3	
	71	24/11/2011	51,4	51,8	47,6	50,2	-	20,6	21,0	20,8	
	90	13/12/2011	51,6	44,2	44,6	46,8	-	22,1	22,6	22,4	
	114	6/1/2012	49,5	45,8	35,2	43,5	-	22,5	23,1	22,8	
	125	17/1/2012	57,9	50,3	45,0	51,0	-	22,7	22,9	22,8	
	140	1/2/2012	31,0	22,4	26,5	26,6	-	27,4	27,2	27,3	
	156	17/2/2012	48,9	32,0	39,6	40,2	-	27,8	27,8	27,8	
	176	8/3/2012	37,6	35,4	31,1	34,7	-	26,4	26,6	26,5	
	187	19/3/2012	50,0	45,3	43,4	46,2	-	22,9	22,7	22,8	
	202	3/4/2012	50,5	40,7	41,4	44,2	-	21,3	21,6	21,4	
	215	16/4/2012	67,3	64,7	59,6	63,9	-	20,0	19,8	19,9	
	226	27/4/2012	61,5	62,2	57,9	60,5	16,3	16,0	16,0	16,1	
	250	21/5/2012	38,1	42,0	38,2	39,4	17,7	17,6	17,6	17,6	
	264	4/6/2012	57,7	59,0	53,9	56,8	13,9	14,0	14,1	14,0	
	278	18/6/2012	68,9	65,5	62,8	65,7	16,1	16,1	16,3	16,1	
	292	2/7/2012	39,7	36,1	34,9	36,9	16,0	16,3	16,5	16,3	
	307	17/7/2012	64,3	57,1	57,1	59,5	11,2	11,4	12,0	11,5	
	323	2/8/2012	76,0	74,7	64,9	71,9	13,9	14,8	14,4	14,3	
	341	20/8/2012	53,9	55,1	49,1	52,7	18,9	18,7	18,8	18,7	
	386	4/10/2012	70,8	71,4	64,8	69,0	20,1	20,3	20,3	20,2	
	401	19/10/2012	49,2	54,7	52,0	51,9	20,5	20,9	20,7	20,7	
		Safra 2012/13									
		4	29/10/2012	56,0	55,0	52,0	54,3	23,6	23,5	23,5	23,5
		7	1/11/2012	72,4	63,7	60,8	65,6	21,4	21,4	21,3	21,3
		12	6/11/2012	52,9	52,7	51,8	52,5	24,3	24,4	24,3	24,3
		15	9/11/2012	56,8	55,9	56,3	56,3	26,6	27,0	26,6	26,7
		20	14/11/2012	57,4	53,9	54,0	55,1	21,5	21,7	21,7	21,6
		28	22/11/2012	49,4	48,8	48,5	48,9	24,5	26,3	25,5	25,4
		42	06/12/2012	44,0	46,7	40,3	43,7	28,5	28,0	26,8	27,8
		54	18/12/2012	42,1	41,7	36,4	40,1	26,8	26,0	24,6	25,8
		76	9/01/2013	69,3	63,2	58,7	63,7	24,2	24,2	23,6	24,0
	91	24/01/2013	68,0	59,7	55,6	61,1	24,0	24,0	23,6	23,9	
	103	05/02/2013	51,8	48,4	46,3	48,8	20,8	21,3	21,0	21,0	
	117	19/02/2013	56,6	58,0	52,3	55,6	23,9	24,0	23,8	23,9	

**Apêndice 13** - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento A/M em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD A/M	Safra 2010/11		%				°C				
	-2	11/10/2010	-	-	-	54,0	-	-	-	17,7	
	9	22/10/2010	-	-	-	60,5	-	-	-	20,3	
	13	26/10/2010	-	-	-	63,3	-	-	-	17,2	
	16	29/10/2010	-	-	-	56,6	-	-	-	19,3	
	21	3/11/2010	-	-	-	53,1	-	-	-	19,4	
	30	12/11/2010	-	-	-	49,5	-	-	-	17,5	
	37	19/11/2010	-	-	-	61,8	-	-	-	20,7	
	51	3/12/2010	-	-	-	37,8	-	-	-	25,0	
	65	17/12/2010	42,7	43,9	37,9	41,5	24,9	-	-	24,8	
	84	5/1/2011	59,9	58,6	57,3	58,6	25,0	25,4	25,0	25,1	
	97	18/1/2011	62,6	69,4	64,9	65,6	24,7	24,6	24,7	24,6	
	119	9/2/2011	66,2	79,5	62,5	69,4	25,3	25,5	25,3	25,3	
	135	25/2/2011	52,3	58,2	58,7	56,4	25,2	25,2	25,2	25,2	
	153	15/3/2011	45,7	56,4	50,2	50,8	20,0	20,2	20,0	20,0	
	168	30/3/2011	60,1	63,5	65,0	62,9	20,2	-	-	20,2	
	189	20/4/2011	62,0	60,8	63,8	62,2	19,0	19,3	19,0	19,0	
	201	2/5/2011	45,7	48,6	42,3	45,5	16,8	17,3	16,8	16,9	
	215	16/5/2011	51,5	55,9	55,3	54,3	15,1	15,3	15,1	15,1	
	229	30/5/2011	43,5	44,2	44,9	44,2	12,3	12,5	12,3	12,4	
	243	13/6/2011	63,0	54,2	57,1	58,1	13,2	-	-	13,2	
	257	27/6/2011	64,2	68,0	66,0	66,1	9,3	-	-	9,3	
	271	11/7/2011	60,6	61,9	59,5	60,7	11,9	-	-	11,9	
	285	25/7/2011	65,1	73,1	71,4	69,9	15,2	-	-	15,1	
	313	22/8/2011	70,3	69,1	67,8	69,1	10,0	-	-	10,0	
	324	2/9/2011	65,3	72,4	69,1	69,0	11,7	-	-	11,7	
		Safra 2011/12									
		3	17/9/2011	43,1	53,2	60,2	52,2	18,9	18,0	18,1	18,3
		5	19/9/2011	53,3	59,4	55,8	56,2	19,0	18,8	19,0	18,9
		7	21/9/2011	64,4	69,0	69,6	67,7	16,2	-	16,0	16,0
		9	23/9/2011	60,4	68,4	63,5	64,1	17,0	-	-	17,7
		13	27/9/2011	48,1	53,7	50,7	50,8	-	19,7	19,1	19,4
	16	30/9/2011	48,1	53,7	50,7	50,8	20,2	20,2	-	20,2	
	20	4/10/2011	58,7	60,4	57,5	58,9	16,2	15,9	-	16,0	
	22	6/10/2011	74,3	65,8	62,1	67,4	18,9	18,7	-	18,8	
	27	11/10/2011	52,2	54,9	58,1	55,0	-	21,0	20,8	20,9	

... continuação do apêndice 13.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD AM			%				°C				
	29	13/10/2011	57,4	56,0	57,2	56,8	-	20,1	20,3	20,2	
	35	19/10/2011	39,4	40,9	42,4	40,9	-	20,7	20,5	20,6	
	40	24/10/2011	31,7	34,1	35,8	33,9	-	23,6	23,9	23,8	
	48	1/11/2011	57,7	49,4	50,2	52,4	-	19,0	18,3	18,6	
	55	8/11/2011	36,2	38,7	31,9	35,6	-	22,1	21,8	21,9	
	64	17/11/2011	42,2	38,4	40,5	40,4	-	22,0	21,1	21,5	
	71	24/11/2011	54,1	55,1	56,4	55,2	-	21,4	20,5	20,9	
	90	13/12/2011	45,6	43,1	45,5	44,7	-	23,2	22,9	23,0	
	114	6/1/2012	41,8	40,4	43,8	42,0	-	23,6	22,9	23,2	
	125	17/1/2012	52,9	55,8	57,0	55,2	-	23,6	23,2	23,4	
	140	1/2/2012	11,6	9,5	18,3	13,1	-	28,4	27,9	28,2	
	156	17/2/2012	33,1	29,8	39,8	34,2	-	29,2	28,5	28,8	
	176	8/3/2012	32,1	30,5	37,4	33,3	-	28,4	27,6	28,0	
	187	19/3/2012	41,4	42,8	42,2	42,2	-	23,3	23,4	23,3	
	202	3/4/2012	37,7	31,8	41,5	37,0	-	22,2	22,1	22,1	
	215	16/4/2012	60,1	56,9	58,4	58,5	-	20,7	19,7	20,2	
	226	27/4/2012	45,1	44,4	49,3	46,3	16,8	16,4	16,5	16,6	
	250	21/5/2012	31,4	33,6	31,0	32,0	18,2	18,7	18,0	18,3	
	264	4/6/2012	51,4	56,5	59,3	55,7	13,9	13,6	13,8	13,7	
	278	18/6/2012	62,8	65,4	64,1	64,1	16,3	16,2	16,5	16,3	
	292	2/7/2012	36,5	42,6	37,1	38,7	16,8	16,9	17,4	17,0	
	307	17/7/2012	56,3	57,4	57,9	57,2	11,3	11,4	11,2	11,3	
	323	2/8/2012	68,6	63,6	68,7	67,0	14,9	14,8	14,5	14,7	
	341	20/8/2012	51,5	48,1	54,6	51,4	19,2	19,2	19,3	19,2	
	386	4/10/2012	65,0	80,1	70,0	71,7	20,5	20,3	20,9	20,5	
	401	19/10/2012	42,9	48,8	44,2	45,3	21,5	20,5	20,8	20,9	
		Safra 2012/13									
		4	29/10/2012	43,0	44,0	46,7	44,6	23,6	23,6	23,6	23,6
		7	1/11/2012	56,3	60,5	57,9	58,2	21,4	21,2	21,1	21,2
		12	6/11/2012	44,9	48,8	48,0	47,2	24,4	24,7	24,1	24,4
		15	9/11/2012	52,3	51,7	57,8	53,9	26,4	26,8	25,8	26,4
		20	14/11/2012	50,5	57,0	55,7	54,4	22,1	22,0	21,3	21,8
		28	22/11/2012	46,7	45,6	49,9	47,4	25,5	24,6	24,0	24,7
		42	06/12/2012	44,6	50,0	45,2	46,6	27,1	27,6	27,7	27,4
		54	18/12/2012	45,7	50,9	50,1	48,9	25,5	26,0	26,0	25,8
	76	9/01/2013	63,6	67,2	65,5	65,5	24,2	24,5	24,2	24,3	
	91	24/01/2013	64,4	60,2	61,6	62,1	24,7	24,9	24,5	24,6	
	103	05/02/2013	56,4	52,5	47,0	52,0	21,7	21,4	21,6	21,6	
	117	19/02/2013	57,4	57,9	56,8	57,4	24,7	24,3	24,2	24,4	

**Apêndice 14** - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento V/M em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PD V/M	Safrá 2010/11		%				°C			
	-2	11/10/2010	-	-	-	58,2	-	-	-	15,5
	9	22/10/2010	-	-	-	55,3	-	-	-	20,3
	13	26/10/2010	-	-	-	54,7	-	-	-	17,2
	16	29/10/2010	-	-	-	47,1	-	-	-	19,3
	21	3/11/2010	-	-	-	47,7	-	-	-	19,4
	30	12/11/2010	-	-	-	48,3	-	-	-	17,5
	37	19/11/2010	-	-	-	63,0	-	-	-	20,7
	51	3/12/2010	-	-	-	52,3	-	-	-	25,0
	65	17/12/2010	35,1	40,0	43,4	39,5	24,9	-	-	24,8
	84	5/1/2011	69,8	54,2	57,2	60,4	25,0	25,4	25,0	25,1
	97	18/1/2011	68,1	66,2	60,9	65,1	24,7	24,6	24,7	24,6
	119	9/2/2011	83,5	86,2	65,9	78,5	25,3	25,5	25,3	25,3
	135	25/2/2011	57,1	62,8	51,0	57,0	25,2	-	-	25,1
	153	15/3/2011	49,2	54,1	52,6	52,0	20,0	20,2	20,0	20,0
	168	30/3/2011	67,1	67,6	62,7	65,8	20,2	-	-	20,1
	189	20/4/2011	76,4	71,1	82,2	76,6	19,0	19,3	19,0	19,0
	201	2/5/2011	63,0	54,9	54,1	57,3	16,8	17,3	16,8	16,9
	215	16/5/2011	53,5	58,7	55,3	55,8	15,1	15,3	15,1	15,1
	229	30/5/2011	51,4	54,8	45,3	50,5	12,3	12,5	12,3	12,4
	243	13/6/2011	60,3	63,4	59,9	61,2	12,8	-	-	12,7
	257	27/6/2011	68,2	77,9	69,4	71,8	9,2	-	-	9,1
	271	11/7/2011	67,5	70,6	62,7	66,9	11,2	-	-	11,1
	285	25/7/2011	87,6	81,0	80,9	83,2	15,3	-	-	15,3
	313	22/8/2011	72,3	80,7	72,9	75,3	10,2	-	-	10,2
	324	2/9/2011	71,4	77,7	72,9	74,0	11,3	-	-	11,3
	Safrá 2011/12									
	3	17/9/2011	54,2	55,3	57,1	55,5	-	-	-	-
	5	19/9/2011	55,1	56,7	56,9	56,2	-	-	-	-
	7	21/9/2011	77,2	79,8	77,8	78,3	16,0	16,1	-	16,0
	9	23/9/2011	71,9	72,7	63,6	69,4	-	17,7	17,6	17,6
	13	27/9/2011	67,9	59,6	56,2	61,2	19,2	18,7	19,3	19,1
16	30/9/2011	67,9	59,6	56,2	61,2	20,3	20,2	20,1	20,2	
20	4/10/2011	61,6	66,7	62,0	63,4	16,1	16,7	-	16,4	
22	6/10/2011	71,9	75,8	70,6	72,8	18,8	19,0	19,1	18,9	
27	11/10/2011	65,7	55,4	63,2	61,4	21,1	20,8	20,8	20,9	

... continuação do apêndice 14.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD V/M			%				°C				
	29	13/10/2011	67,7	66,9	62,5	65,7	20,0	20,0	20,2	20,1	
	35	19/10/2011	48,6	39,7	46,9	45,0	20,1	20,3	20,3	20,2	
	40	24/10/2011	37,2	43,4	39,4	40,0	23,4	23,5	23,7	23,5	
	48	1/11/2011	63,5	56,1	56,2	58,6	18,7	19,3	18,5	18,8	
	55	8/11/2011	37,1	47,3	34,3	39,6	22,3	22,2	21,6	22,0	
	64	17/11/2011	40,3	43,4	43,7	42,5	21,5	21,7	21,3	21,5	
	71	24/11/2011	56,4	54,1	58,0	56,2	20,6	21,1	20,9	20,9	
	90	13/12/2011	45,7	42,1	50,7	46,2	22,2	23,1	22,4	22,6	
	114	6/1/2012	47,2	39,1	45,1	43,8	22,4	23,6	22,7	22,9	
	125	17/1/2012	74,9	62,1	59,2	65,4	22,6	22,8	23,1	22,8	
	140	1/2/2012	18,4	19,0	24,9	20,8	27,3	27,4	23,9	26,2	
	156	17/2/2012	45,2	39,6	37,9	40,9	27,7	28,2	27,3	27,7	
	176	8/3/2012	38,7	46,4	38,6	41,2	27,6	26,9	26,8	27,1	
	187	19/3/2012	47,4	54,9	44,9	49,0	22,8	23,1	22,7	22,9	
	202	3/4/2012	40,9	52,2	46,1	46,4	21,1	22,1	21,6	21,6	
	215	16/4/2012	61,3	68,4	68,8	66,2	19,8	20,0	19,9	19,9	
	226	27/4/2012	56,9	53,1	52,0	54,0	16,3	16,4	16,4	16,4	
	250	21/5/2012	37,2	37,4	36,6	37,0	18,1	18,0	17,8	18,0	
	264	4/6/2012	55,9	63,1	57,2	58,7	14,7	13,8	13,7	14,1	
	278	18/6/2012	68,2	79,6	67,7	71,8	16,3	16,1	16,2	16,2	
	292	2/7/2012	38,9	42,4	40,6	40,6	16,7	16,2	16,6	16,5	
	307	17/7/2012	62,2	61,9	54,5	59,6	11,6	11,7	11,2	11,5	
	323	2/8/2012	77,0	80,4	74,6	77,4	14,4	15,2	14,6	14,7	
	341	20/8/2012	45,4	47,2	45,1	45,9	18,8	18,9	19,1	18,9	
	386	4/10/2012	76,0	83,5	72,5	77,4	19,8	20,4	20,1	20,1	
	401	19/10/2012	50,3	62,0	41,8	51,3	20,0	20,6	20,4	20,3	
		Safra 2012/13									
		4	29/10/2012	50,6	60,8	53,6	55,0	23,2	23,9	23,7	23,6
		7	1/11/2012	66,0	75,8	64,2	68,7	21,5	22,0	21,2	21,5
		12	6/11/2012	58,8	60,4	54,1	57,8	23,8	23,9	24,5	24,0
		15	9/11/2012	57,3	64,8	53,7	58,6	26,2	25,9	26,1	26,1
		20	14/11/2012	60,9	62,0	48,9	57,3	21,1	21,6	21,2	21,3
		28	22/11/2012	57,2	59,7	49,2	55,4	25,4	25,0	24,2	24,8
		42	06/12/2012	45,9	44,6	46,9	45,8	27,8	27,6	26,6	27,3
		54	18/12/2012	43,7	43,8	43,6	43,7	25,8	25,8	24,8	25,5
	76	9/01/2013	67,6	73,4	67,4	69,4	23,9	24,4	23,5	23,9	
	91	24/01/2013	71,5	62,9	67,7	67,3	24,0	23,8	23,6	23,8	
	103	05/02/2013	49,8	48,9	56,1	51,6	21,0	21,6	20,6	21,0	
	117	19/02/2013	62,9	58,7	53,3	58,3	23,8	24,2	23,5	23,8	

**Apêndice 15** - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento P/M em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PD P/M	Safrá 2010/11		%				°C			
	-2	11/10/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	22/10/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	26/10/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	16	29/10/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	21	3/11/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	12/11/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	37	19/11/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	51	3/12/2010	-	-	-	-	-	-	-	-
	65	17/12/2010	48,4	48,0	-	-	-	-	-	24,6
	84	5/1/2011	69,9	60,5	-	-	-	-	-	26,4
	97	18/1/2011	65,5	67,2	-	-	-	-	-	25,2
	119	9/2/2011	62,6	71,3	-	-	-	-	-	25,8
	135	25/2/2011	54,1	61,4	-	-	-	-	-	25,2
	153	15/3/2011	50,6	56,1	-	-	-	-	-	21,1
	168	30/3/2011	63,9	71,4	-	-	-	-	-	21,2
	189	20/4/2011	72,1	68,7	66,2	69,0	-	-	-	21,5
	201	2/5/2011	51,7	60,8	59,3	57,2	16,0	-	-	16,0
	215	16/5/2011	55,2	67,0	58,6	60,3	14,4	-	-	14,4
	229	30/5/2011	48,1	57,6	48,9	51,5	14,6	-	-	14,6
	243	13/6/2011	60,8	67,1	68,8	65,6	12,4	-	-	12,4
	257	27/6/2011	68,6	73,8	65,7	69,4	8,5	-	-	8,5
	271	11/7/2011	65,2	68,2	74,2	69,2	11,2	-	-	11,2
	285	25/7/2011	71,9	68,9	73,5	71,4	-	-	-	-
	313	22/8/2011	68,9	67,6	69,2	68,6	10,1	-	-	10,1
	324	2/9/2011	67,9	65,0	71,3	68,1	11,4	-	-	11,4
	Safrá 2011/12									
	3	17/9/2011	47,9	50,6	50,0	49,5	19,7	20,9	-	20,3
	5	19/9/2011	48,4	58,7	53,2	53,4	19,2	-	-	19,1
	7	21/9/2011	65,3	68,9	76,3	70,2	17,3	-	-	17,2
	9	23/9/2011	62,1	67,5	66,3	65,3	-	17,9	-	17,8
	13	27/9/2011	52,3	57,6	52,9	54,2	20,6	22,3	21,3	21,4
	16	30/9/2011	52,3	57,6	52,9	54,2	20,1	20,5	20,4	20,3
20	4/10/2011	56,5	64,6	55,6	58,9	17,4	17,8	-	17,6	
22	6/10/2011	64,5	66,1	65,1	65,2	19,9	20,8	21,0	20,5	
27	11/10/2011	53,9	61,1	56,0	57,0	21,1	22,2	22,0	21,8	

... continuação do apêndice 15.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD P/M			%				°C				
	29	13/10/2011	55,6	61,1	59,2	58,6	20,2	-	20,5	20,4	
	35	19/10/2011	40,6	47,6	44,1	44,1	21,8	22,8	21,9	22,1	
	40	24/10/2011	42,4	47,7	40,1	43,4	24,5	24,7	24,1	24,4	
	48	1/11/2011	53,3	56,6	54,2	54,7	19,2	19,3	19,0	19,1	
	55	8/11/2011	26,9	40,2	33,3	33,4	23,7	24,6	23,4	23,9	
	64	17/11/2011	41,7	37,9	37,0	38,9	22,4	22,3	22,4	22,3	
	71	24/11/2011	64,4	63,2	45,7	57,8	21,7	21,8	21,2	21,6	
	90	13/12/2011	52,0	50,8	39,0	47,3	23,0	22,7	22,8	22,8	
	114	6/1/2012	51,2	56,3	37,2	48,2	23,7	24,5	24,0	24,1	
	125	17/1/2012	60,4	62,1	51,3	57,9	24,5	24,3	23,5	24,1	
	140	1/2/2012	7,5	21,0	13,2	13,9	28,8	29,1	28,0	28,6	
	156	17/2/2012	39,6	42,4	41,3	41,1	30,6	29,2	28,6	29,5	
	176	8/3/2012	39,3	38,3	37,6	38,4	30,0	29,8	28,4	29,4	
	187	19/3/2012	51,9	50,1	42,5	48,2	25,3	26,0	23,7	25,0	
	202	3/4/2012	44,2	39,4	50,2	44,6	22,7	23,2	-	23,0	
	215	16/4/2012	65,7	64,4	81,2	70,4	21,4	21,5	22,1	21,7	
	226	27/4/2012	68,0	60,3	69,3	65,9	18,2	18,2	18,4	18,3	
	250	21/5/2012	39,7	36,2	45,0	40,3	22,6	20,0	19,9	20,8	
	264	4/6/2012	53,4	56,6	61,1	57,0	15,8	15,3	15,8	15,6	
	278	18/6/2012	63,9	71,1	67,5	67,5	17,1	16,9	17,0	17,0	
	292	2/7/2012	44,8	51,0	45,6	47,1	20,8	19,6	19,4	20,0	
	307	17/7/2012	58,9	69,8	58,8	62,5	14,0	13,0	14,4	13,8	
	323	2/8/2012	73,6	69,2	70,8	71,2	17,9	17,0	17,8	17,5	
	341	20/8/2012	50,3	58,3	53,0	53,8	20,3	19,9	20,1	20,1	
	386	4/10/2012	76,5	73,5	69,4	73,1	21,4	21,4	20,8	21,2	
	401	19/10/2012	38,3	47,2	40,9	42,1	23,3	22,7	23,7	23,2	
		Safra 2012/13									
		4	29/10/2012	47,2	50,6	50,9	49,6	24,8	24,4	25,6	24,9
		7	1/11/2012	58,6	60,4	59,0	59,3	22,1	21,9	22,6	22,2
		12	6/11/2012	47,1	53,4	47,6	49,4	26,2	26,5	27,4	26,7
		15	9/11/2012	50,3	55,2	56,3	53,9	27,7	27,8	29,4	28,3
		20	14/11/2012	53,7	55,6	37,6	49,0	22,2	22,7	22,5	22,5
		28	22/11/2012	50,3	52,5	47,3	50,0	27,7	28,2	26,8	27,5
		42	06/12/2012	49,3	43,3	38,8	43,8	29,1	29,4	28,5	29,0
		54	18/12/2012	45,4	47,5	44,3	45,8	27,4	28,1	26,2	27,2
	76	9/01/2013	65,9	67,7	77,1	70,3	25,1	25,4	25,2	25,2	
	91	24/01/2013	65,2	73,1	62,9	67,1	24,8	24,8	24,8	24,8	
	103	05/02/2013	48,4	50,2	36,3	45,0	22,1	22,6	23,2	22,6	
	117	19/02/2013	58,5	62,3	49,5	56,8	24,1	24,8	24,1	24,3	

**Apêndice 16** - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento A+V/M em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO			
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média
PD A+V/M	Safrá 2010/11		%				°C			
	-2	11/10/2010	-	-	-	-	-	-	-	16,0
	9	22/10/2010	-	-	-	74,6	-	-	-	21,7
	13	26/10/2010	-	-	-	69,0	-	-	-	20,6
	16	29/10/2010	-	-	-	66,6	-	-	-	20,4
	21	3/11/2010	-	-	-	61,9	-	-	-	21,1
	30	12/11/2010	-	-	-	57,2	-	-	-	19,0
	37	19/11/2010	-	-	-	72,4	-	-	-	23,4
	51	3/12/2010	-	-	-	54,3	-	-	-	25,8
	65	17/12/2010	57,0	57,8	59,4	58,1	25,4	-	-	25,4
	84	5/1/2011	102,3	69,6	82,2	84,7	25,9	-	-	25,9
	97	18/1/2011	77,7	78,9	77,5	78,0	24,8	-	-	24,8
	119	9/2/2011	74,5	80,6	83,1	79,4	26,3	-	-	26,3
	135	25/2/2011	62,1	72,5	75,6	70,1	26,4	-	-	26,3
	153	15/3/2011	57,8	64,2	60,7	60,9	20,6	-	-	20,6
	168	30/3/2011	70,2	77,7	65,8	71,2	21,4	-	-	21,3
	189	20/4/2011	72,5	77,6	74,2	74,8	19,4	-	-	19,4
	201	2/5/2011	56,1	62,2	56,3	58,2	16,2	-	-	16,2
	215	16/5/2011	64,1	64,9	59,4	62,8	14,9	-	-	14,9
	229	30/5/2011	53,9	54,6	57,2	55,2	12,0	-	-	12,0
	243	13/6/2011	63,4	64,2	65,7	64,4	11,3	-	-	11,3
	257	27/6/2011	79,7	79,3	72,0	77,0	7,3	-	-	7,3
	271	11/7/2011	74,7	73,6	69,0	72,4	11,1	-	-	11,1
	285	25/7/2011	75,1	92,4	80,4	82,6	-	-	-	-
	313	22/8/2011	84,8	87,2	88,6	86,8	-	-	-	-
	324	2/9/2011	84,8	92,0	81,2	86,0	-	-	-	-
	Safrá 2011/12									
	3	17/9/2011	63,0	64,6	67,7	65,1	-	-	19,4	19,4
	5	19/9/2011	71,1	66,5	67,3	68,3	-	18,9	-	18,9
	7	21/9/2011	82,6	80,7	85,8	83,0	-	17,1	17,4	17,2
	9	23/9/2011	78,0	73,8	73,4	75,1	17,9	17,8	-	17,8
	13	27/9/2011	71,6	65,2	68,5	68,4	20,2	20,2	20,3	20,2
16	30/9/2011	71,6	65,2	68,5	68,4	19,7	20,0	19,6	19,8	
20	4/10/2011	74,5	74,0	72,2	73,6	17,4	17,7	17,6	17,6	
22	6/10/2011	79,8	74,0	77,9	77,2	20,1	20,0	19,8	19,9	
27	11/10/2011	72,5	73,1	67,7	71,1	21,4	21,5	21,6	21,5	

... continuação do apêndice 16.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD A+V/M			%				°C				
	29	13/10/2011	68,4	76,5	73,9	72,9	20,1	20,1	20,0	20,0	
	35	19/10/2011	44,7	58,2	49,8	50,9	20,5	21,2	21,2	21,0	
	40	24/10/2011	44,1	47,8	47,9	46,6	22,9	23,5	23,4	23,3	
	48	1/11/2011	68,2	70,7	67,0	68,6	18,6	19,1	19,2	18,9	
	55	8/11/2011	58,5	43,7	40,1	47,4	21,7	22,8	23,0	22,5	
	64	17/11/2011	56,2	47,8	48,7	50,9	21,7	21,4	22,3	21,8	
	71	24/11/2011	61,0	67,4	67,2	65,2	21,2	21,7	21,4	21,4	
	90	13/12/2011	46,2	61,2	56,2	54,5	22,9	22,7	23,1	22,9	
	114	6/1/2012	48,5	57,3	54,1	53,3	23,9	22,9	23,7	23,5	
	125	17/1/2012	65,6	70,2	71,9	69,2	23,5	23,7	23,6	23,6	
	140	1/2/2012	22,1	28,3	29,2	26,5	28,2	27,4	27,5	27,7	
	156	17/2/2012	46,6	51,5	35,1	44,4	28,0	27,8	28,7	28,1	
	176	8/3/2012	49,9	49,8	41,8	47,2	27,9	27,4	27,9	27,7	
	187	19/3/2012	54,1	62,5	55,6	57,4	26,0	23,5	23,6	24,3	
	202	3/4/2012	59,6	49,7	53,4	54,2	22,5	22,8	22,6	22,6	
	215	16/4/2012	69,4	74,1	69,4	71,0	21,4	21,4	21,1	21,3	
	226	27/4/2012	65,6	67,3	66,0	66,3	18,6	18,2	18,7	18,5	
	250	21/5/2012	38,3	41,3	41,7	40,4	19,7	18,7	18,8	19,1	
	264	4/6/2012	71,5	66,5	61,9	66,6	14,8	14,9	14,8	14,8	
	278	18/6/2012	78,2	70,2	70,7	73,0	16,7	16,9	16,7	16,7	
	292	2/7/2012	40,9	45,1	43,3	43,1	17,3	17,4	17,6	17,4	
	307	17/7/2012	69,1	66,1	62,2	65,8	12,0	12,0	12,8	12,2	
	323	2/8/2012	78,4	79,2	77,5	78,4	14,8	15,2	15,6	15,2	
	341	20/8/2012	54,6	56,9	49,3	53,6	19,2	19,3	19,0	19,2	
	386	4/10/2012	76,1	85,2	79,3	80,2	20,9	20,4	21,1	20,8	
	401	19/10/2012	68,7	69,4	66,6	68,2	22,9	22,1	22,2	22,4	
		Safra 2012/13									
		4	29/10/2012	62,0	84,8	65,8	70,9	23,6	23,9	24,1	23,9
		7	1/11/2012	74,0	70,3	73,1	72,5	21,8	22,1	22,6	22,2
		12	6/11/2012	59,0	62,1	60,4	60,5	26,1	26,2	26,7	26,3
		15	9/11/2012	65,7	62,9	68,4	65,7	26,6	27,9	28,0	27,5
		20	14/11/2012	76,5	68,4	63,7	69,5	21,8	22,5	22,2	22,1
		28	22/11/2012	62,8	56,0	62,8	60,5	27,6	28,1	27,8	27,8
		42	06/12/2012	50,6	51,6	52,5	51,6	28,3	29,4	29,5	29,0
		54	18/12/2012	50,9	48,9	45,6	48,5	26,6	26,6	28,5	27,2
		76	9/01/2013	73,2	78,3	74,3	75,3	24,8	24,8	25,0	24,9
		91	24/01/2013	67,7	73,7	70,8	70,8	24,2	24,8	25,1	24,7
		103	05/02/2013	54,7	60,9	59,8	58,4	22,8	22,1	22,4	22,4
		117	19/02/2013	66,5	74,5	61,8	67,6	24,0	24,4	24,3	24,2

**Apêndice 17** - Porosidade preenchida por água (PPA) e temperatura do solo (°C) no tratamento A+V/M+C em plantio direto no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2013. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD A+V/M+C	Safra 2010/11		%				°C				
	-2	11/10/2010	-	-	-	-	-	-	-	16,0	
	9	22/10/2010	-	-	-	72,6	-	-	-	21,4	
	13	26/10/2010	-	-	-	87,6	-	-	-	20,6	
	16	29/10/2010	-	-	-	69,9	-	-	-	20,0	
	21	3/11/2010	-	-	-	66,5	-	-	-	20,3	
	30	12/11/2010	-	-	-	63,2	-	-	-	18,7	
	37	19/11/2010	-	-	-	72,9	-	-	-	23,1	
	51	3/12/2010	-	-	-	59,6	-	-	-	25,4	
	65	17/12/2010	67,0	59,9	69,8	65,5	24,7	25,7	-	25,2	
	84	5/1/2011	62,9	68,4	70,8	67,3	26,5	25,9	-	26,2	
	97	18/1/2011	79,0	81,7	86,2	82,3	25,2	25,0	-	25,1	
	119	9/2/2011	90,5	83,4	71,6	81,8	25,9	26,1	-	26,0	
	135	25/2/2011	68,3	55,5	72,7	65,5	25,2	25,9	-	25,5	
	153	15/3/2011	56,7	60,6	60,1	59,1	21,2	21,6	-	21,4	
	168	30/3/2011	71,7	72,1	70,4	71,4	21,2	20,9	-	21,0	
	189	20/4/2011	71,5	72,3	74,2	72,7	21,6	-	-	21,6	
	201	2/5/2011	64,3	55,7	58,3	59,4	17,0	-	-	17,0	
	215	16/5/2011	60,3	69,0	69,8	66,4	-	-	-	14,9	
	229	30/5/2011	56,5	60,5	59,2	58,7	-	-	-	12,0	
	243	13/6/2011	60,6	67,4	72,1	66,7	14,2	-	-	14,2	
	257	27/6/2011	80,5	84,8	76,5	80,6	11,1	-	-	11,1	
	271	11/7/2011	70,4	81,1	79,7	77,1	12,2	-	-	12,2	
	285	25/7/2011	88,4	83,5	96,0	89,3	15,2	-	-	15,2	
	313	22/8/2011	78,5	86,4	95,9	87,0	-	-	-	-	
	324	2/9/2011	77,5	77,8	92,0	82,4	13,1	-	-	13,1	
		Safra 2011/12									
		3	17/9/2011	71,1	62,8	72,0	68,7	18,5	-	18,2	18,4
		5	19/9/2011	69,1	70,2	72,9	70,7	18,9	-	18,6	18,7
		7	21/9/2011	81,3	87,4	89,4	86,1	17,0	-	17,1	17,0
		9	23/9/2011	79,0	84,0	79,8	81,0	18,0	-	17,8	17,9
		13	27/9/2011	70,9	73,6	70,5	71,7	20,4	19,4	20,4	20,0
	16	30/9/2011	70,9	73,6	70,5	71,7	19,7	19,7	19,6	19,7	
	20	4/10/2011	77,4	85,5	88,2	83,7	17,5	17,6	17,5	17,5	
	22	6/10/2011	77,8	84,0	90,5	84,1	20,2	19,7	20,2	20,0	
	27	11/10/2011	82,9	79,7	71,8	78,1	21,4	21,0	21,6	21,3	

... continuação do apêndice 17.

Tratamento	Dias após manejo	Data	PPA				TEMPERATURA DO SOLO				
			Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Média	
PD A+V/M+C			%				°C				
	29	13/10/2011	76,7	79,8	77,1	77,9	20,2	19,9	20,1	20,0	
	35	19/10/2011	65,3	68,4	59,3	64,3	21,0	20,4	20,5	20,6	
	40	24/10/2011	55,1	67,9	46,3	56,4	23,2	22,5	23,0	22,9	
	48	1/11/2011	68,9	80,9	70,4	73,4	19,5	19,0	18,9	19,1	
	55	8/11/2011	44,0	40,6	48,7	44,5	23,6	22,0	22,1	22,5	
	64	17/11/2011	44,5	53,6	48,2	48,8	22,6	21,4	21,5	21,8	
	71	24/11/2011	62,3	68,8	64,2	65,1	23,3	21,7	21,6	22,2	
	90	13/12/2011	52,1	52,7	50,9	51,9	23,1	22,5	22,8	22,8	
	114	6/1/2012	47,2	48,0	60,1	51,8	23,7	23,1	22,9	23,2	
	125	17/1/2012	74,5	64,9	72,5	70,7	24,0	23,4	23,4	23,5	
	140	1/2/2012	30,1	22,2	32,4	28,2	26,6	26,3	25,6	26,1	
	156	17/2/2012	45,5	55,6	45,9	49,0	28,5	26,6	26,2	27,1	
	176	8/3/2012	52,5	46,2	51,3	50,0	28,3	27,1	25,9	27,1	
	187	19/3/2012	56,6	60,1	61,6	59,4	25,8	23,8	23,8	24,4	
	202	3/4/2012	62,4	55,4	59,0	58,9	22,0	22,6	22,6	22,6	
	215	16/4/2012	74,9	70,6	63,2	69,6	21,7	22,1	22,2	22,0	
	226	27/4/2012	63,2	49,6	63,1	58,6	18,5	18,3	18,8	18,5	
	250	21/5/2012	42,6	46,2	41,7	43,5	18,9	18,3	19,4	18,9	
	264	4/6/2012	57,5	59,2	62,4	59,7	15,4	15,3	15,1	15,3	
	278	18/6/2012	66,8	66,8	71,7	68,4	16,6	17,1	16,8	16,8	
	292	2/7/2012	46,5	42,4	42,8	43,9	17,1	17,7	17,4	17,4	
	307	17/7/2012	63,1	67,7	79,0	69,9	11,9	12,7	12,3	12,3	
	323	2/8/2012	77,5	81,1	87,3	82,0	16,0	15,5	15,3	15,6	
	341	20/8/2012	53,3	55,3	61,6	56,7	19,6	19,3	19,3	19,4	
	386	4/10/2012	84,0	83,0	82,7	83,2	21,0	21,4	21,0	21,1	
	401	19/10/2012	51,9	52,9	60,5	55,1	23,0	22,4	22,6	22,7	
		Safra 2012/13									
		4	29/10/2012	59,4	61,3	61,6	60,8	23,3	24,0	23,9	23,7
		7	1/11/2012	69,7	70,6	71,7	70,7	22,3	22,4	22,3	22,3
		12	6/11/2012	68,1	60,4	69,7	66,1	25,1	26,1	25,6	25,6
		15	9/11/2012	72,2	57,5	73,0	67,6	26,4	27,0	27,3	26,9
		20	14/11/2012	68,0	69,6	71,6	69,7	21,6	22,0	22,2	21,9
		28	22/11/2012	62,6	59,4	65,2	62,4	26,5	27,5	27,7	27,2
		42	06/12/2012	53,6	62,2	51,2	55,7	28,8	29,3	28,6	28,8
		54	18/12/2012	47,1	49,1	44,3	46,9	27,5	29,1	27,5	28,0
		76	9/01/2013	78,9	73,1	76,9	76,3	24,4	24,8	25,0	24,7
		91	24/01/2013	73,7	70,8	73,8	72,7	24,5	24,6	23,9	24,3
		103	05/02/2013	58,7	50,3	57,8	55,6	21,7	21,3	22,2	21,7
		117	19/02/2013	62,5	55,0	70,7	62,7	24,0	23,6	24,5	24,0

## 9. RESUMO BIOGRÁFICO

Genuir Luis Denega, filho de Darci Denega e Ires Parcianello Denega, nasceu em 05 de maio de 1979, em Três Arroios (RS). Viveu até os 14 anos de idade na Linha Voluntária, Comunidade São Pedro de Três Pinheiros, no interior do município de Mariano Moro (RS). Neste período, cursou o Ensino Fundamental de 1ª a 5ª série na Escola Estadual de Primeiro Grau Incompleto Três Pinheiros na comunidade de mesmo nome; e de 6ª a 8ª série na Escola Estadual de Primeiro e Segundo Graus Mariano Moro, na sede do município. Cursou o Ensino Médio concomitante ao Ensino Técnico na Escola Agrotécnica Federal de Sertão (ex-EAFS, atual IFRS) em Sertão (RS) tendo obtido o título de Técnico Agrícola – Habilitação em Agropecuária no ano de 1997. Após uma breve passagem como profissional de nível médio nos anos de 1998 e 1999 optou por continuar estudando, agora no Ensino Superior. No ano de 2000 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria (RS), onde obteve o título de Engenheiro Agrônomo no ano de 2005. No mesmo ano, ingressou no projeto Residência Agrária/INCRA/MST conveniado com as Universidades (Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)) onde obteve o título de Especialista em Educação do Campo e Agricultura Familiar Camponesa pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) em 2007. Neste mesmo ano ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, na Universidade Federal de Santa Maria (PPGCS/UFSM) sob a orientação do professor Dr. Celso Aita, tendo obtido o título de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração em Biodinâmica e Manejo do Solo em março de 2009. Iniciou o curso de Doutorado em Ciência do Solo no ano de 2009, no Programa de Pós-graduação em Ciência do solo, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGCS/UFRGS) sob a orientação do professor Dr. Cimélio Bayer.