

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
CURSO DE AGRONOMIA  
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Silvia Regina Pomatti**

**00213756**

*Avaliação de Nitrogênio Mineral e Gases de Efeito Estufa em Sistemas de Manejo de solos e Rotação de Culturas*



PORTO ALEGRE, Setembro de 2016.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**Avaliação de Nitrogênio Mineral e Gases de Efeito Estufa em Sistemas de Manejo de solos e Rotação de Culturas**

**Silvia Regina Pomatti**

**00213756**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Eng. Agr. Dr. Henrique Pereira dos Santos

Orientador Acadêmico do Estágio: Prof. Dr. Christian Bredemeier

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO**

Profa. Beatriz Maria Fedrizzi (Departamento de Horticultura e Silvicultura)

Prof. Alberto Vasconcellos Inda Junior (Departamento de Solos)

Prof. Fábio Kessler Dal Soglio (Departamento de Fitossanidade)

Profa. Carine Simioni (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia)

Profa. Mari Lourdes Bernardi (Departamento de Zootecnia)

Prof. Samuel Cordeiro Vitor Martins (Departamento de Plantas de Lavoura)

PORTO ALEGRE, Setembro de 2016.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu orientador acadêmico Prof. Christian Bredemeier, pela orientação, doando uma parcela do seu tempo para elucidar minhas dúvidas sobre o trabalho. Agradeço pela ajuda desde o início, com a busca pelo local do estágio, auxiliando em todo processo.

Agradeço imensamente à instituição, Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, que tão bem me recebeu, dando a oportunidade da realização do estágio, contribuindo para meu crescimento profissional. Agradeço em especial o Eng. Agr. Dr. Henrique Pereira dos Santos, pela sua orientação competente e paciente durante a construção deste trabalho, de forma sempre atenciosa, apoiando de forma primordial na construção deste projeto. Estendo os agradecimentos aos profissionais técnicos de pesquisa Seu Luiz, Seu Itamar e ao Evandro, que gentilmente transmitiam seus conhecimentos.

Agradeço aos colegas de estágio, agora amigos, Tomás, Bernardo, Lucas, Augusto, Ingrid, Eduardo, Luis e a amiga que tanto me ajudou Taynara. Obrigada pela companhia, tornando os dias mais leves, alegres e bons de serem lembrados.

Aos amigos da lendária São Jorge, Cristina, Renata, Vini, Guto, Fedatto, Christian, Ezequiel, Jovana e Jéssica. Agradeço pela compreensão e amor. Agradeço à Camila, Fabinho e Morgana, pelo amparo durante o estágio, dividindo casa e vida.

Agradeço aos amigos da faculdade, Patrícia, Mariana, Andrêss, Fernando, Guilherme e Daiane, pelo companheirismo desta e de muitas jornadas, pelas palavras de conforto ou veracidade dos fatos, por partilhar tardes de mates, noites de festa ou dias nublados, a estes e outros amigos da graduação, muito obrigada.

Agradeço a quem tanto amo, minha irmã, Angela Beatriz Pomatti, sempre atenciosa ajudando no que fosse necessário, com leitura atenta e com orientações não apenas do trabalho, mas da vida. Obrigada por dividir comigo, incertezas, alegrias e dificuldades, te ter ao meu lado é essencial. Te amo mana. Ao meu cunhado, Rafael Giordano, agradeço os churrascos, carinho e atenção de sempre.

Aos meus pais, Marilene Barbieri Pomatti e Leonir Pomatti, agradeço pelos ensinamentos mais valiosos, pelo apoio, pelo amor incondicional sempre, pelas ligações cheias de animo, pela compreensão nos momentos difíceis e por me ensinarem a importância de lutar pelos meus sonhos. Eu amo vocês, obrigada por tudo!

## **RESUMO**

Este trabalho de conclusão de curso apresenta algumas considerações sobre a avaliação da dinâmica de fluxos de gases de efeito estufa e avaliação de nitrogênio mineral em função do manejo de solo e da rotação de culturas. Além disso, apresenta outras atividades relacionadas com as rotinas do setor de Manejo e Práticas Culturais, tais como o acompanhamento das atividades de verão do experimento de longa duração sobre sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas e sobre sistemas de produção de grãos com pastagens de duplo propósito de inverno, na instituição Embrapa Trigo, em Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Todas essas atividades foram desenvolvidas durante o estágio supervisionado obrigatório. A agricultura deve se tornar cada vez mais eficiente dentro dos processos produtivos integrados a técnicas conservacionistas e para isso, necessita saber quais serão os melhores sistemas de cultivo e uso de solos associado a técnicas de rotação de culturas.

## LISTA DE FIGURAS

	Páginas
1. Mapa da localização do município de Passo Fundo, RS.....	08
2. Coleta de amostras de solo para avaliação de nitrogênio Mineral .....	16
3. Amostras de solo retiradas do armazenamento .....	16
4. Adição de KCl para realização da avaliação de Nitrogênio Mineral do solo....	17
5. Pesagem de solo em suspensão com KCl para avaliação de Nitrogênio Mineral do solo .....	17
6. Processo de agitação das amostras de solo.....	17
7. Processo de filtragem das amostras de solo.....	18
8. Coleta de ar para determinação de N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> .....	19
9. Pesagem das amostras de pastagem para avaliação do valor nutricional do alimento .....	20
10. Lavagem de raiz de trigo.....	21
11. Fluxos de C-CH <sub>4</sub> durante um ano de avaliação em diferentes sistemas de culturas sob preparo convencional de solo e plantio direto. As barras verticais indicam o desvio padrão das observações.....	22
12. Fluxos de C-CO <sub>2</sub> durante um ano de avaliação em diferentes sistemas de culturas sob preparo convencional de solo e plantio direto. As barras verticais indicam o desvio padrão das observações.....	24
13. Fluxos de N-N <sub>2</sub> O durante um ano de avaliação em diferentes sistemas de culturas sob preparo convencional de solo e plantio direto. As Barras verticais indicam o desvio padrão das observações.....	24
14. Emissões acumuladas de N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> durante um ano de avaliação em diferentes sistemas de culturas sob preparo convencional de solo e plantio direto. As barras verticais indicam o desvio padrão das observações.....	25

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONÔMICO DO MUNICÍPIO DE PASSO FUNDO .....</b>	<b>8</b>
2.1 Caracterização socioeconômica.....	8
2.2 Caracterização do solo e relevo .....	9
2.3 Caracterização do clima.....	9
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA EMBRAPA TRIGO .....</b>	<b>9</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
4.1 Avaliação da disponibilidade de nitrogênio .....	13
<b>5 ATIVIDADES REALIZADAS .....</b>	<b>14</b>
5.1 Outras Atividades realizadas .....	19
<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O estágio curricular obrigatório foi realizado na instituição Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – Centro nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, no setor de Manejo e Práticas Culturais. Esta atividade teve como objetivo principal participar da avaliação da dinâmica de fluxos de gases de efeito estufa e avaliação de nitrogênio mineral em função do manejo do solo e de sistemas de rotação de culturas, além de realização de outras atividades relacionadas com as rotinas do setor escolhido.

As atividades foram realizadas entre os dias 04 de janeiro de 2016 e 26 de fevereiro de 2016, totalizando 300 horas de estágio. As atividades tiveram a orientação de campo do Engenheiro Agrônomo Dr. Henrique Pereira dos Santos, pesquisador da Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS) e a orientação acadêmica do Prof. Christian Bredemeier, do Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A justificativa para a realização do estágio na Embrapa Trigo deu-se em função de que, na referida instituição, seria possível colocar em prática muitos dos conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de Agronomia, além de permitir aprendizados diferenciados, através dos estudos e pesquisas que realizam em seus laboratórios e a campo, principalmente no setor escolhido, denominado “Sistemas de Produção e Rotação de Culturas”.

A importância da EMBRAPA é percebida através da sua história e dos estudos e pesquisas realizados, sendo que a Embrapa Trigo (Passo Fundo, RS) é uma das 47 Unidades Descentralizadas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As principais ações de pesquisa desenvolvidas na instituição em questão são direcionadas para as culturas de inverno, especialmente trigo, cevada, triticale, centeio, aveia e canola. Além disso, as pesquisas com as culturas de verão, tais como soja e milho, também são conduzidas pela instituição, em forma de apoio regional às Unidades que trabalham especificamente com essas culturas (EMBRAPA TRIGO, 2016a).

Durante o estágio foram realizadas diversas atividades na Embrapa Trigo, centralizadas principalmente, no acompanhamento das atividades de verão do experimento de longa duração sobre sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, acompanhamento das atividades de verão do experimento de longa duração sobre sistemas de produção de grãos

com pastagens de duplo propósito de inverno e das atividades de rotina do setor e dos pesquisadores da instituição.

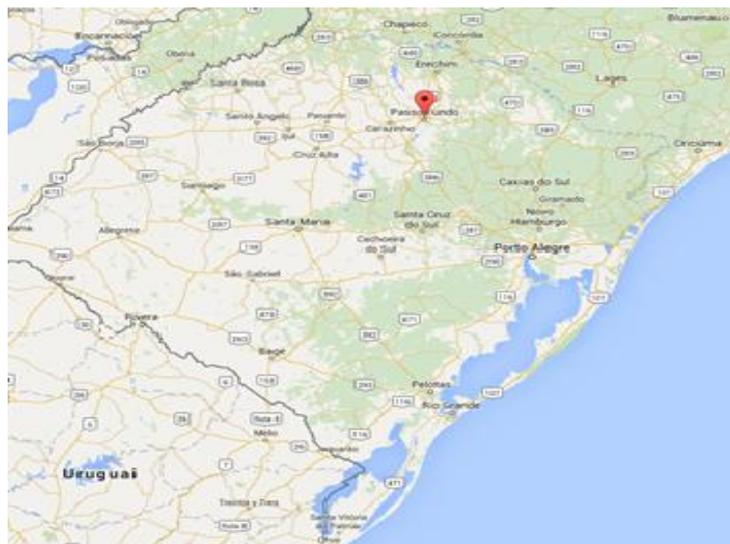
Após a adaptação e a compreensão da rotina de atividades desenvolvidas no setor, foi decidido, juntamente com a equipe da instituição, centralizar as atividades do estágio já citadas, ou seja, avaliação do nitrogênio mineral do solo e do balanço dos gases do efeito estufa em diferentes tipos de manejo do solo e rotação de culturas.

## **2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONÔMICO DO MUNICÍPIO DE PASSO FUNDO**

### **2.1 Caracterização socioeconômica**

O Município de Passo Fundo, onde está instalada a EMBRAPA TRIGO, está localizado na região do planalto médio do estado do Rio Grande do Sul, no Nordeste Rio-grandense, a 280 km da capital do estado, Porto Alegre. A população estimada é de aproximadamente 186.000 habitantes, sendo o 12º município mais populoso e com a 9ª maior economia do estado (FERRETTO, 2011). Sua base econômica é concentrada principalmente nas atividades do comércio, agropecuária e prestação de serviços, sendo considerado município modelo na região na área da saúde e educação (FERRETTO, 2011).

Figura 1- Mapa da localização do município de Passo Fundo, RS



FONTE: Google Maps.

## 2.2 Caracterização do solo e relevo

O relevo da região de Passo Fundo é caracterizado por ser suavemente ondulado, sem limitação para o uso de máquinas. Nesta região, os solos predominantes são o Latossolo Vermelho distrófico húmico e o Nitossolo Vermelho distroférico típico (STRECK et al., 2008). Estes solos possuem boas propriedades físicas, geralmente são profundos e bem drenados, apesar de serem comumente deficientes em fertilidade, além de serem muito intemperizados e, na maioria das vezes, ácidos. Porém, o uso de fertilizantes e corretivos tornou estes solos muito produtivos e, de modo consequente, com maior valorização.

## 2.3 Caracterização do clima

O clima do município de Passo Fundo (RS) é classificado como subtropical úmido, tipo Cfa, de acordo com a classificação climática de Köppen (MORENO, 1961). As temperaturas no verão caracterizam-se por serem mais amenas do que em outras regiões do estado, sendo a temperatura média anual de 17,5°C. O município tem altitude média de 700 metros acima do nível do mar e apresenta precipitação média anual de 1.787 mm (EMBRAPA TRIGO, 2016c), bem distribuídos ao longo do ano.

## 3 CARACTERIZAÇÃO DA EMBRAPA TRIGO

A Embrapa– Centro Nacional de Pesquisa de Trigo está localizada na Rodovia BR-285, km 294, em Passo Fundo (RS) e foi criada em 28 de outubro de 1974.

Sua missão é “Viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação na cadeia produtiva do trigo e outros cereais de inverno para a competitividade e sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade brasileira”. A visão da empresa centra-se em “ser um centro de excelência em pesquisa, desenvolvimento e inovação para a cadeia produtiva de trigo e de outros cereais de inverno” (EMBRAPA TRIGO, 2016b).

A empresa ainda apresenta os valores que balizam as suas atividades, sendo estes:

Os valores que balizam as práticas e os comportamentos da Embrapa e de seus integrantes, (...) e que representam as doutrinas essenciais e duradouras da empresa, são:

- Excelência em pesquisa e gestão – Estimulamos práticas de organização e gestão orientadas para o atendimento das demandas dos nossos clientes, (...).

- Responsabilidade socioambiental – Interagimos permanentemente com a sociedade, na antecipação e na avaliação das consequências sociais, econômicas, culturais e ambientais da ciência e da tecnologia, (...).
- Ética – Somos comprometidos com a conduta ética e transparente (...).
- Respeito à diversidade e à pluralidade – Atuamos dentro dos princípios do respeito à diversidade em todos os seus aspectos, (...).
- Comprometimento – Valorizamos o comprometimento efetivo das pessoas e das equipes no exercício da nossa Missão e na superação dos desafios científicos e tecnológicos (...).
- Cooperação – Valorizamos as atitudes cooperativas, a construção de alianças institucionais e a atuação em redes para compartilhar competências e ampliar a capacidade de inovação (...). (EMBRAPA TRIGO, 2016b).

A Embrapa Trigo possui, entre suas estruturas, 15 casas de vegetação, 4 blocos de telados, totalizando aproximadamente 9.000 m<sup>2</sup> de área coberta, 10 laboratórios e 1 Banco Ativo de Germoplasma (BAG). Dispõe ainda de dois campos experimentais, sendo um localizado junto à sede do centro de pesquisa, em Passo Fundo (RS), onde foi realizado o experimento que será relatado no decorrer deste trabalho, e outro localizado na cidade de Coxilha (RS), a cerca de 20 km de Passo Fundo (RS). A Embrapa Trigo compreende laboratórios de agrometeorologia, entomologia, biotecnologia, fitopatologia, sementes e solos, nos quais são executadas as análises para o desenvolvimento de cultivares e para o uso sustentável de tecnologias, possibilitando maior produtividade, progressos na qualidade do produto e diminuição de impactos ao meio ambiente (EMBRAPA TRIGO, 2016a).

A Embrapa Trigo busca, através das suas pesquisas, respostas que possibilitem o desenvolvimento e a mudança na cadeia produtiva do trigo e de outros cereais de inverno para a sustentabilidade da agricultura. As pesquisas realizadas na empresa buscam inovações tecnológicas para o acréscimo da rentabilidade agrícola brasileira, de modo sustentável, conservando os recursos naturais e a biodiversidade (EMBRAPA TRIGO, 2016a).

A empresa busca construir, ao longo das suas atividades, uma rede de cooperação internacional e contribui com o programa de cooperação técnica do Governo Brasileiro, para transferir e adaptar tecnologias nacionais para realidade de outros países. Além disso, contribui para a melhoria da sustentabilidade da agropecuária Brasileira, oferecendo informações para a formulação e o aperfeiçoamento de políticas públicas em áreas pertinentes ao compromisso da Empresa (EMBRAPA TRIGO, 2016b).

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

O efeito estufa é um fenômeno que ocorre naturalmente no planeta, resultante do balanço de entrada e saída de energia. Se não houvessem os “gases do efeito estufa” (GEE), a Terra seria um planeta muito frio, provavelmente com 32°C abaixo da temperatura média atual (SALATTI, 1991).

A concentração atmosférica dos gases do efeito estufa (GEE) tem aumentado rapidamente em virtude das atividades antrópicas<sup>1</sup>. Estima-se que o desmatamento e as queimadas, juntamente com as atividades agropecuárias florestais, respondem por mais de 80% da contribuição do Brasil para os GEE do planeta (ALVES et al., 2012).

As atividades agrícolas constituem uma das principais fontes de GEE em nível global, particularmente com relação à emissão de gás metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). As principais atividades agrícolas responsáveis por essas emissões são o cultivo de arroz irrigado por inundação, que ocasiona a geração de metano, e os solos agrícolas, que geram óxido nitroso (JANTALIA, 2005).

Desta forma, percebe-se que três principais gases de interesse para esse processo são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>, sendo que o fluxo dos mesmos nos agroecossistemas depende, majoritariamente, do manejo e das práticas agrícolas adotadas. No Brasil, a contribuição da agricultura para as emissões de GEE é estimada em 75% das emissões de CO<sub>2</sub>, 91% das emissões de CH<sub>4</sub> e 94% das emissões de N<sub>2</sub>O. O N<sub>2</sub>O é emitido do solo para atmosfera (efluxo). O CO<sub>2</sub> e o CH<sub>4</sub> podem ter seu influxo (emitidos ou absorvidos) em solos, sendo que o fluxo do metano depende da atividade microbiana e das condições de umidade do solo, uma vez que este gás é normalmente oxidado em solos sob condições aeróbicas. Portanto, normalmente os solos são drenos de CH<sub>4</sub> atmosférico (ESCOBAR, 2008).

As emissões de CO<sub>2</sub> estão relacionadas com a respiração, que geralmente é estimulada pelo preparo do solo. O sistema de plantio direto (SPD) pode diminuir as emissões de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, aumentar os estoques de carbono (C) do solo, porém pode acarretar em aumento das emissões de N<sub>2</sub>O. Percebe-se ainda que as emissões de N<sub>2</sub>O estão normalmente associadas à fertilização nitrogenada, sendo a emissão ocasionada pelos processos de nitrificação e desnitrificação (ESCOBAR, 2008).

---

<sup>1</sup> Antrópico é um termo usado em Ecologia que se refere à tudo aquilo que resulta da atuação humana (AURÉLIO, 2016)

A maior parte do  $\text{CH}_4$  produzido no setor agrícola associa-se com a produção de origem animal. Solos oxidados atuam geralmente como drenos de  $\text{CH}_4$  atmosférico, devido à população metanotrófica desses solos, que utiliza esse gás como fonte de carbono e energia. O  $\text{CH}_4$  é produzido em solos saturados pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica e redução de  $\text{CO}_2$  em ambientes anaeróbicos (ESCOBAR, 2008).

A contribuição da agricultura para o efeito estufa antropogênico pode ser reduzida através do desenvolvimento de sistemas de manejo do solo com capacidade para mitigar as emissões dos GEE. Dentre as práticas de manejo, destacam-se o SPD e o uso de leguminosas como plantas de cobertura em sistemas de rotação de culturas, contribuindo para mitigação das emissões de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{N}_2\text{O}$  (PES, 2009).

Atualmente, o SPD é caracterizado como um sistema de exploração agropecuário que envolve a diversificação de espécies via rotação de culturas, as quais são estabelecidas mediante o mínimo revolvimento do solo, realizado apenas na linha de semeadura, mantendo-se assim os resíduos culturais na superfície e a cobertura do solo. O uso do SPD, além de benefícios em termos de conservação do solo, devido à manutenção de sua cobertura, tem sido considerado uma alternativa para abrandar o aquecimento global e favorecer a acumulação de carbono no solo. No entanto, a maior umidade no solo nesse sistema, devido à cobertura vegetal, determina uma maior atividade microbiana nas camadas superficiais, onde se concentram nutrientes e matéria orgânica, criando condições favoráveis para a produção de  $\text{N}_2\text{O}$ , o qual se caracteriza por ser um gás de efeito estufa (JANTALIA et al., 2008).

Percebe-se ainda que o manejo inadequado do solo origina vários processos degradativos do mesmo. Essa degradação por processos físicos, químicos e biológicos faz com que o solo seja uma fonte de GEE, especialmente a degradação biológica, a qual pode influenciar o efluxo de  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$  e o influxo de  $\text{CH}_4$ . A magnitude e o tipo de emissão de GEE a partir de processos de degradação do solo dependem do uso, dos sistemas de cultivo adotados e do manejo do solo. O manejo afeta a dinâmica do carbono e as emissões gasosas e, desta forma, práticas agrícolas que favorecem as emissões gasosas do solo incluem desmatamento, queimada de biomassa, revolvimento do solo e a implantação de culturas em áreas marginais (ESCOBAR, 2008).

No Brasil, os estudos sobre as emissões de gases do efeito estufa são limitados e necessitam de incentivo, investimentos e colaboradores. No Rio Grande do sul destaco os trabalhos de pesquisa da Embrapa Trigo e do Programa de Pós - Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mas são necessários ainda estudos para

dimensionar o impacto de cada prática agrícola, de maneira que minimizem as emissões de gases do efeito estufa, para que essas medidas possam ser tomadas. (SANTOS, et al., 2015).

#### 4.1 Avaliação da disponibilidade de nitrogênio

As reações do N no solo são complexas e, por esse motivo, há uma dificuldade em analisar a disponibilidade do mesmo para as plantas, com base na avaliação do solo. Há algum tempo cientistas enfrentam o desafio de desenvolver um método de diagnóstico do solo que auxilie a prever quanto de N o solo poderá liberar durante um ciclo de uma cultura, uma vez que a matéria orgânica do solo é o grande reservatório de N para as plantas. Os métodos, de modo geral, compreendem a determinação do teor de N inorgânico, amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), uma vez que são as formas absorvidas pelas plantas, ou extrações de frações do N orgânico do solo por diversos procedimentos químicos ou biológicos. Os métodos químicos e biológicos têm por meta identificar no solo frações passíveis de mineralização em curto prazo (CANTARELLA, 2007). A ocorrência da mineralização do N orgânico do solo, realizada através de microrganismos e com intervenções de fatores climáticos difíceis de antever, é um aspecto de complexidade inerente a esses métodos (TEDESCO et al., 1995).

Ainda, é necessário levar em consideração que as concentrações de N inorgânico podem modificar-se de forma acelerada com a ocorrência de precipitações, tornando restrito o uso de métodos referentes à determinação das formas inorgânicas em regiões ou períodos de elevada pluviosidade, afetando a possibilidade de prever a disponibilidade de N para as culturas (CANTARELLA, 2007).

O N inorgânico é encontrado na forma de  $\text{NH}_4^+$   $\text{NO}_3^-$ . Já o óxido nítrico (NO) é comumente encontrado em pequenas quantidades, desconsiderando-se as situações como a de solos alcalinos após uma aplicação de adubos amoniacais. Alguns solos podem apresentar  $\text{NH}_4^+$  não trocável nos minerais de argila 2:1, não sendo extraído por solução de KCl (TEDESCO et al., 1995).

Os métodos químicos que abrangem a determinação do teor de matéria orgânica no solo com ácidos, bases ou agentes oxidantes fortes e que extraem grandes frações de N orgânico do solo, são avaliados como insatisfatórios. Assim, métodos que envolvem soluções de KCl 2 mol L<sup>-1</sup> a quente, tampão fosfato-borato e pH 11,2, que seriam extratores fracos e

incubações em condições anaeróbicas, são ponderados como satisfatórios e são apresentados como bons métodos de análise de N mineralizável no solo (TEDESCO et al., 1995).

A avaliação de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$  no solo se torna difícil, se levarmos em consideração que essas formas de N mudam ligeiramente após a coleta pela mineralização da matéria orgânica, entre outros processos. Assim, a análise deve ser feita logo após a coleta, ou a amostra de solo deve ser congelada, o que possibilita guardar as amostras por maior período de tempo. A solução extratora deve evitar qualquer modificação de natureza química ou biológica dessas formas de N durante o andamento da extração, assim podendo-se guardar o extrato por tempo suficiente para a realização das análises. Diferente do  $\text{NO}_2^-$  e do  $\text{NO}_3^-$ , que são solúveis em água, o  $\text{NH}_4^+$  trocável deve ser extraído com soluções salinas, sendo o KCl a solução mais utilizada, não interferindo no método de determinação apresentado (TEDESCO et al., 1995).

O N mineral do solo é extraído com KCl (BREMNER & KEENEY, 1966), sendo indicado o uso de KCl  $2 \text{ mol L}^{-1}$ . Entretanto, em solos com baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade de troca de cátions (CTC), o emprego de solução KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$  é suficiente para a extração do N mineral do solo (TEDESCO et al., 1995). É considerado subjetivo que os métodos químicos sejam benéficos e breves, para aferir disponibilidade de N em solos com diferentes manejos, mas estes não serão apropriados para recomendar adubação de N, uma vez que esses índices químicos não se comparam com a disponibilidade medida a campo (TEDESCO et al., 1995).

## 5 ATIVIDADES REALIZADAS

No decorrer do estágio, foi possível acompanhar parte de um experimento implantado em 1985, no Campo Experimental número 1, da Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo (RS). Pelo fato do experimento já estar em andamento foi acompanhada a avaliação de N mineral do solo, feita a extração de N-mineral das amostras coletadas no experimento de longa duração que estavam armazenadas em congelador, estas coletas foram realizadas no mesmo período de coleta de amostras de ar (2013-2014), para determinação de  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , foram realizadas pelo mesmo método do experimento – que será descrito a seguir –, com tipos de Manejo e Rotação de Culturas, porém, sendo utilizada em outra pesquisa realizada pela Embrapa Trigo, o que possibilitou por em prática a forma como as coletas de ar eram realizadas.

Os tratamentos constam de quatro métodos de manejo de solo:

- 1) Preparo convencional (PC) do solo com arado de discos e grade;
- 2) Preparo convencional (PC) do solo com arado de aivecas e grade;
- 3) Plantio direto (PD);
- 4) Cultivo mínimo do solo com uma gradagem e cobertura.

Além disso, constam de três sistemas de rotação para trigo: Sistema 1, Rotação 1 (R1) – trigo (*Triticum aestivum*), soja (*Glycine max*) (T/S); Sistema 2, Rotação 2 (R2) – trigo/soja – ervilhaca (*Vicia vilosa*)/sorgo (*Sorghum bicolor*) e; Sistema 3, Rotação 3 (R3) – trigo/soja, ervilhaca/sorgo, aveia branca (*Avena sativa L.*)/soja. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições. A parcela principal foi constituída pelos métodos de manejo do solo e a subparcela pelos sistemas de rotação de culturas. Neste trabalho foram definidas as avaliações dos tratamentos em PD e PC (arado de discos) de três sistemas de rotação para trigo: R1, R2, R3. A parcela principal possui área de 360m<sup>2</sup> e a subparcela, área de 40 m<sup>2</sup>.

As amostragens de ar e de solo para determinação de N-mineral (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) iniciaram no dia 11/06/2013, um dia antes do manejo/semeadura do experimento e totalizaram, ao seu final, 179 coletas, recolhidas no experimento de longa duração durante o período de coleta de amostras de ar (2013 – 2015). O teor de N mineral do solo foi determinado em amostras coletadas nas camadas 0,00-0,05 metro e 0,05 a 0,10 metro. O solo foi coletado por meio de trado calador, com diâmetro de 2,50 cm, em pontos próximos às campânulas em cada parcela (numa área de ~ 4 m<sup>2</sup>) (Figura 2). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em congelador a -20°C, até a execução da análise (Figura 3).

Figura 2 – Coleta de amostras de solo para avaliação de nitrogênio mineral.



Fonte: VARGAS, A.M. (2015).

Figura 3 – Amostras de solo retiradas do armazenamento.



Fonte: POMATTI, S. R. (2016).

A partir das coletas, a dinâmica de fluxos de gases de efeito estufa e o teor de N mineral do solo foram avaliados, em função de tipos de manejo de solo e de rotação de culturas. Estas avaliações foram realizadas em intervalos de dois a três dias em período pós-manejo do experimento, pós-adubações (base e cobertura) ou em outros momentos de relevância como precipitação, durante 2 semanas, após, por 15 dias semanalmente e de 15 em 15 dias no restante do período.

Para realizar a extração de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  do solo, foi pesado o frasco “snap-cap” com 50 ml de  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$  (Figura 4), no qual foram adicionado de 8 a 10 gramas de solo e pesado novamente (Figura 5). O frasco foi agitado por 30 minutos e deixado para decantação por 30 minutos (Figura 6). Após, ocorreu filtração de 11 a 12 ml da solução (Figuras 7).

Figura 4 – Adição de KCl para a realização da avaliação de Nitrogênio Mineral do solo.



Fonte: POSSEBOM, T. (2016).

Figura 5 - Pesagem de solo em suspensão com KCl para avaliação de Nitrogênio Mineral do solo.



Fonte: POSSEBOM, T. (2016).

Figuras 6 - Processo de agitação das amostras de solo.



Fonte: POMATTI, S. R. (2016).

Figura 7 - Processo de filtragem das amostras de solo.



Fonte: POMATTI, S. R. (2016).

O N-mineral foi extraído do solo úmido com  $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ , seguindo a metodologia descrita por Tedesco (1995). A determinação foi feita em equipamento autoanalisador SKALAR SAN<sup>++</sup>, no LABCEN (Laboratório de Biotransformações de Carbono e Nitrogênio) da Universidade Federal de Santa Maria.

As amostras de ar para determinação dos gases  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  foram coletadas a partir das 9 horas da manhã. As amostragens foram realizadas com seringas de polipropileno de 20 ml, aos 0, 20, 40 e 60 minutos após o fechamento das câmaras. A partir do tempo de 20 minutos, 30 segundos antes de realizar a coleta, o interior do ar é homogeneizado pelo acionamento de dois ventiladores internos. No mesmo momento, termômetros digitais coletam a temperatura interna da câmara e do solo a 5 cm de profundidade, próximo à câmara (Figura 8).

Figura 8 – Coleta de ar para determinação de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.



Fonte: POMATTI, S. R. (2016).

Na sequência, as seringas foram acondicionadas em caixas de isopor, sob gel refrigerado, o que mantém a temperatura ambiente baixa, auxiliando no controle de vazamentos das seringas, pois o aquecimento promove a expansão do ar. No laboratório de Manejo e Práticas Culturais da Embrapa Trigo, as amostras de cada coleta foram transferidas para frascos de vidro de 12 ml sob vácuo, e acondicionadas em geladeira até o envio para a determinação dos GEE no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, do Departamento de Solos, da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em Porto Alegre.

Os resultados referentes às emissões de GEE foram compilados e analisados com o software Origin Pro 8.1 (SAS, 2008).

### 5.1 Outras Atividades realizadas

No decorrer do estágio foram realizadas atividades diversas, tais como:

- Corte e pesagem de amostras e sub-amostras úmidas de forragem; secagem em estufa por aproximadamente 15 dias a 60°C; seguida de moagem das amostras secas para serem realizadas as análises de alimentos por método infravermelho (NIRs). Em experimentos com leguminosas e perenes. Este método consiste em um analisador que emprega a luz

infravermelha para estimar a composição dos nutrientes de um alimento, sendo possível saber o valor nutricional do alimento. É importante observar o estágio de desenvolvimento da forragem a ser analisada para garantir uma melhor qualidade e rendimento por área (Figura 9).

- Participação em palestras oferecidas pela instituição;
- Desbaste de sorgo;
- Lavagem de raiz de trigo para trabalhos com a mesma (Figura 10);
- Limpeza dos experimentos de soja;
- Coleta de solo, para análise química e física;
- Colheita, pesagem, amostra de umidade de girassol, para pesquisa com o mesmo;
- Monitoramento de pragas na soja e no sorgo, entre outras atividades.

Figura 9 – Pesagem das amostras de pastagem para avaliação do valor nutricional do alimento.



Fonte: VECCHI, T. A. (2016).

Figuras 10 – Lavagem de raiz de trigo.



Fonte: LOPES, E. (2016).

## 6. DISCUSSÃO

O uso dos solos agrícolas no Brasil, principalmente depois da revolução verde na década de 1970, teve resultado catastrófico do ponto de vista conservacionista, com o aumento da fronteira agrícola brasileira baseada na destruição dos biomas, que, aos poucos, foram dando lugar a grandes propriedades. O uso da terra por anos baseado em sistemas de produção com uso de pouca tecnologia, acabaram por degradar o solo, com a perda de solos férteis pela erosão e a redução dos níveis de matéria orgânica. No entanto, a partir dos anos 1990, a adoção do sistema plantio direto tornou-se cada vez mais comum e, atualmente, é o principal sistema de manejo de solo, sendo adotado em cerca de 80% das áreas agrícolas (BOLLINGER et al., 2007 apud SOUZA et al., 2016).

Os resultados obtidos após 365 dias de coletas de GEE (84 coletas) são apresentados nas Figuras 11 a 14. Na finalização do experimento, as amostras de ar totalizaram 179 coletas, assim como as coletas de solo. Porém, somente 84 resultados dessas coletas foram ornecidos a mim, sendo os demais omitidos. Durante o período de estágio foi finalizada a preparação da solução das amostragens de solo para a extração de N-mineral, não tendo-se até o momento



Os fluxos de N-N<sub>2</sub>O variaram de -9,7 a 339,7  $\mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$  (Figura 13). As emissões de N<sub>2</sub>O foram sensíveis aos eventos de manejo, com destaque para as operações de preparo convencional de solo e semeadura das culturas de inverno no primeiro ano. Estes incrementos nos fluxos de N<sub>2</sub>O não foram observados no segundo ano. Possivelmente, as condições climáticas do período pré e pós-manejo do solo podem justificar estes resultados.

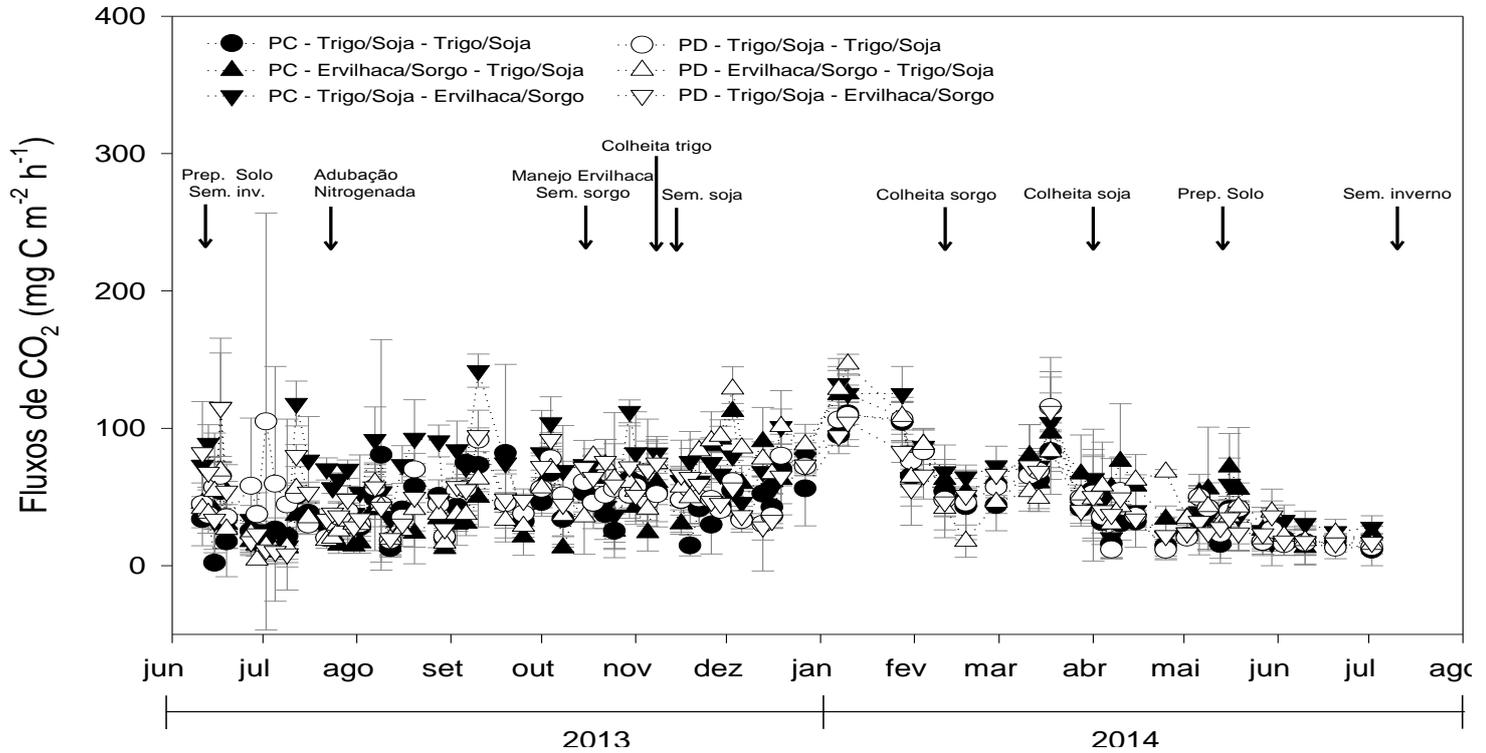
As emissões cumulativas de N<sub>2</sub>O situaram-se entre 1 e 2  $\text{kg N ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (Figura 14). As quantidades de N emitidas na forma de N<sub>2</sub>O foram levemente menores no sistema 2 (trigo/soja e ervilhaca/sorgo), onde a ervilhaca foi cultivada no inverno. O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) ocorre em quantidade muito pequena se comparado com o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mas tem um longo tempo de vida se comparada com os outros gases. Por isso, pode ser considerado um traçador atmosférico do impacto das atividades humanas sobre o ciclo do N.

O que torna tão importante o conhecimento sobre a dinâmica de N<sub>2</sub>O é o seu importante papel no potencial de aquecimento global, índice utilizado para estabelecer o balanço de GEE em sistemas agrícolas em um dado tempo, transformando os valores de cada gás ao equivalente em CO<sub>2</sub>, considerando que a capacidade do N<sub>2</sub>O em absorver irradiação infravermelha é 298 vezes mais que o CO<sub>2</sub> (SCHENATO, 2013).

A emissão de N<sub>2</sub>O ocorre pelo processo de nitrificação e desnitrificação no solo. Altas taxas de emissão de N<sub>2</sub>O ocorrem quando o solo apresenta grande parte da porosidade preenchida por água, o que dificulta a difusão de O<sub>2</sub> no solo e favorece a formação de ambientes anaeróbicos (VIEIRA et al., 2010).

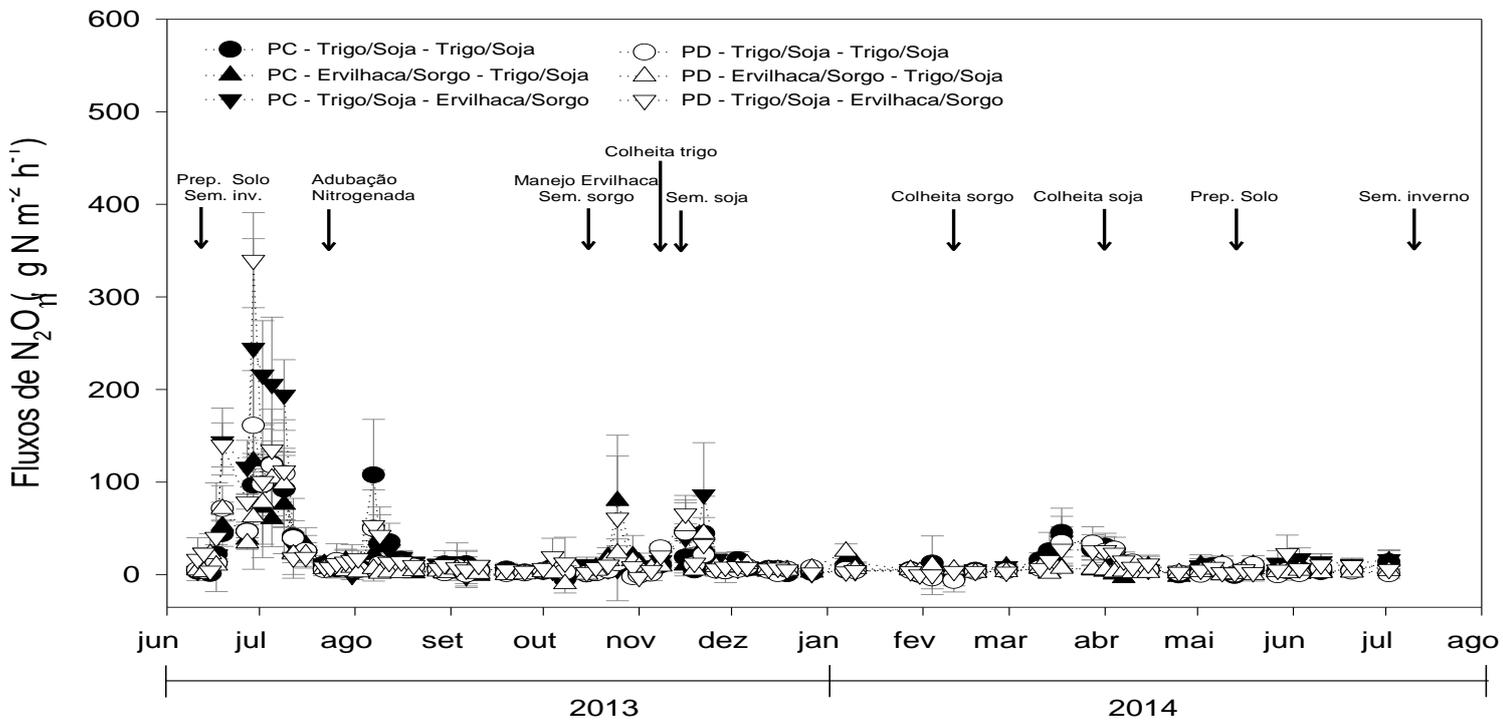
As emissões cumulativas de CO<sub>2</sub> foram semelhantes entre os sistemas de culturas e de preparos de solo, situando-se entre 4 e 6  $\text{Mg C ha}^{-1}$ . As emissões cumulativas de CH<sub>4</sub> foram negativas, indicando que, apesar da pequena magnitude, o solo atuou como um sumidouro de CH<sub>4</sub>.

**Figura 12.** Fluxos de C-CO<sub>2</sub> durante um ano de avaliação em diferentes sistemas de culturas sob preparo convencional de solo e plantio direto. As barras verticais indicam o desvio padrão das observações.



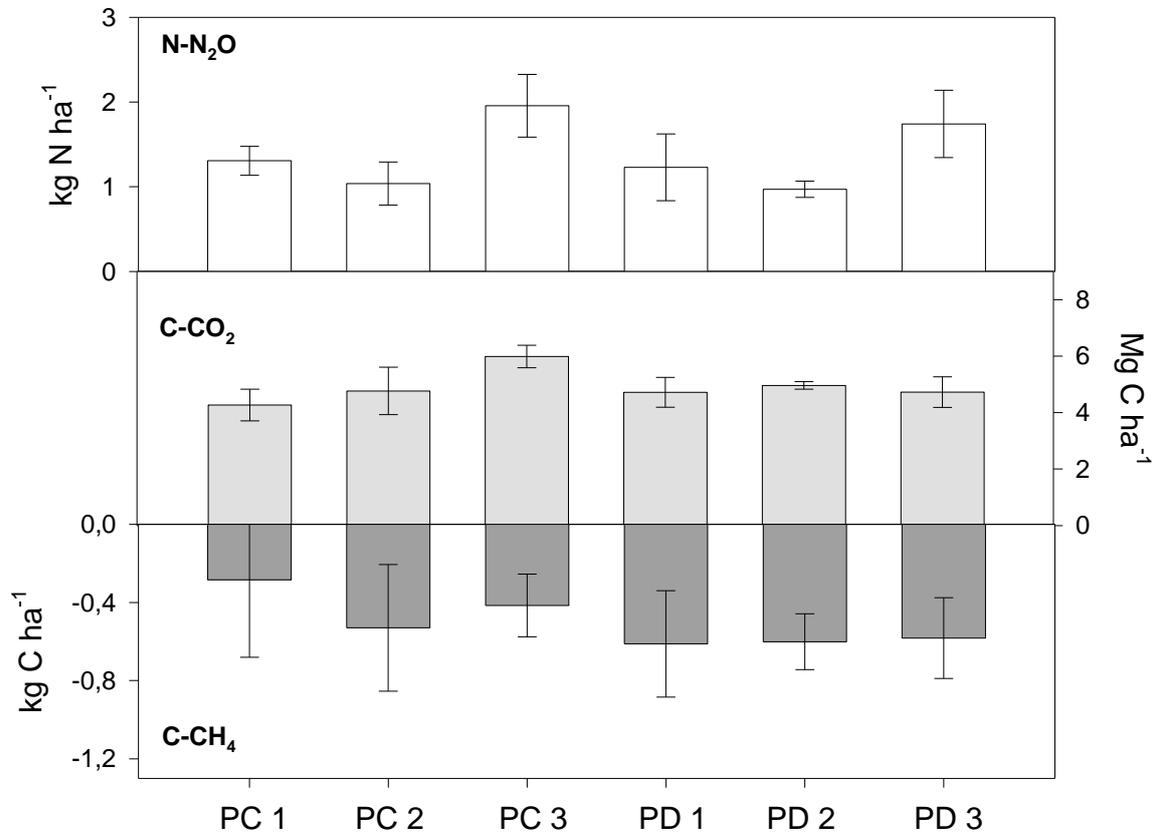
Fonte: SANTOS, H.P. dos, (2015).

**Figura 13.** Fluxos de N-N<sub>2</sub>O durante um ano de avaliação em diferentes sistemas de culturas sob preparo convencional de solo e plantio direto. As barras verticais indicam o desvio padrão das observações.



Fonte: SANTOS, H.P dos, (2015).

**Figura 14.** Emissões acumuladas de  $N_2O$ ,  $CH_4$  e  $CO_2$  durante um ano de avaliação em diferentes sistemas de culturas sob preparo convencional de solo e plantio direto. As barras verticais indicam o desvio padrão das observações.



PC1- Preparo convencional sistema 1  
 PC2- Preparo convencional sistema 2  
 PC3- Preparo convencional sistema 3

PD1- Plantio direto sistema 1  
 PD2- Plantio direto sistema 2  
 PD3- Plantio direto sistema 3

Fonte: SANTOS, H.P. dos, (2015).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o desenvolvimento e a explanação do trabalho, notou-se, que com o passar dos anos o resultado catastrófico do ponto de vista conservacionista, sabe-se que o mau uso da terra acabou por degradar o solo, ocorrendo perdas de toneladas de solos férteis, com isso o sistema de plantio direto tornou-se o principal sistema de manejo de solo, e atualmente é adotado em cerca de 80% das áreas agrícolas.

Apesar do experimento não ter os resultados finais, com os valores adquiridos até o final do estágio, nota-se o melhor desempenho do plantio direto, acompanhado das rotações de culturas, observando o gráfico de emissões acumuladas de  $N_2O$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ .

É importante que a agricultura se torne cada vez mais eficiente dentro dos processos produtivos integrados a técnicas conservacionistas. Para isso, é necessário investigar quais os melhores sistemas de cultivo e uso de solos associado a técnicas de rotação de culturas.

Sabe-se que a temperatura média do planeta teve, ao longo do século XX, um aumento de 0,6 °C. Além disso, existem estimativas de que a temperatura média global irá aumentar de 2 a 5,8°C nos próximos 100 anos, se não houver medidas mitigadoras para reverter os impactos ambientais que o homem vem causando no planeta.

Tendo como referência os resultados obtidos na área experimental, os tratamentos de tipos de manejos do solo e de rotação de cultura parecem não influenciar significativamente nos fluxos de emissão de gases do efeito estufa.

A quantidade de N perdido pelo solo na forma de  $N_2O$  nos diferentes tratamentos de rotação de culturas e de tipos de manejos do solo parece ser influenciada por operações de manejo (época de instalação e colheita das culturas) e pela cultura antecessora, como a ervilhaca.

A escolha para realizar o estágio na Embrapa Trigo se deu ao nível de excelência nos trabalhos realizados pela instituição, além de me possibilitar por em prática os conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de Agronomia. Desta forma, acredito que está atividade foi de grande importância para minha formação profissional, visto que se caracteriza como um exemplo do que poderei desenvolver após o término da minha formação, tendo grande valia essa experiência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, B.J.R.; CARVALHO, A.M. de; JANTALIA, C.P.; MADARI, B.E.; CABALLERO, S.S.U.; SANTOS, J.C.F. dos; SANTOS, H.P. dos; CARVALHO, C.J.R de. Emissões de óxido nitroso e óxido nítrico do solo em sistemas agrícolas. In: LIMA, G.A.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; MACHADO, P.L.O. de A.; URQUIAGA, S. eds. **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília: Embrapa, 2012. Cap.5, p.159-191.

BOLLINGER, A., MAGID, J., AMADO, T.J.C., SKORA, F.N., SANTOS, M.F. R., CALEGARI, A., RALISCH, R., NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian zero-till revolution: A review of landmark research and farmers practice. *Adv. Agron.* v. 91, p. 47–64, 2007. Apud. SOUZA, I.C.; LIMA, I.R.; ARAUJO, K.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JR, A.A.; ALVES, B.J.R. **Estoques de carbono em sistemas de manejo do solo no bioma mata atlântica após 29 anos**. In IX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja | Resumos expandidos PP.180 – 187. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109568/1/Estoques-de-carbono-em-sistemas-de-manejo-do-solo-bioma-mata-atlantica-apos-29-anosEstoques-de-carbono-em-sistemas-de-manejo-do-solo-bioma-mata-atlantica-apos-29-anos.pdf>> Acesso em 17 de julho de 2016.

CANTARELLA, H. VII – **Nitrogênio**. In. NOVAES, Roberto Ferreira de; [et al.]. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Fertilidade do Solo. Viçosa MG; 2007. 1017p.

DICIONÁRIO AURÉLIO . Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/antropico>> . Acesso em 18 de julho de 2016.

EMBRAPA TRIGO. Apresentação 2016 (a). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/trigo/apresentacao>>. Acesso em: 15 de julho de 2016.

EMBRAPA TRIGO. Missão, Visão e Valores 2016 (b). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/trigo/missao-visao-valores>>. Acesso em: 15 de julho de 2016.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Normais climatológicas (1961-1990):** Passo Fundo – RS 2016 (c). Disponível em <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/normais.php>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

ESCOBAR, L. F. **Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de manejo em solo do planalto médio do Rio Grande do Sul.** (Tese em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, 2008. 104 p. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%E7%F5es%20e%20teses/Disserta%E7%E3o%20Luisa%20Fernanda%20Escobar.pdf>>. Acesso em: 25 de abril de 2016.>. Acesso em 10 de junho de 2016.

FERRETTO, D. **Estruturação urbana de uma cidade média gaúcha.** (Dissertação de mestrado – Área de concentração: Planejamento Urbano e Regional – FAUUSP. Passo Fundo, RS, 2011. 176p.

JANTALIA, C.P. **Estudo de sistemas de uso do solo e rotações de culturas em sistemas agrícolas brasileiros: dinâmica de nitrogênio e carbono no sistema solo-planta-atmosfera.** (Tese em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. Ano 2005. 137 p.

JANTALIA, C.P.; SANTOS, H.P. dos; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. **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, 2008.

MORENO, J.A. 1961. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p.

PES, L. Z. **Fluxo de gases de efeito estufa em sistema de preparo do solo e rotação de culturas no planalto do Rio Grande do Sul.** (Tese em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Ano 2009. 91p. Disponível

em:<[http://w3.ufsm.br/ppgea/admin/dissertacoes/1805091436\\_Dissertacao\\_Luciano\\_Pes.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgea/admin/dissertacoes/1805091436_Dissertacao_Luciano_Pes.pdf)> Acesso em: 25 de abril de 2016> Acesso em 12 de junho de 2016.

SALATTI, E. **Problemas ambientais brasileiros**. Fundação Salim Farah Maluf, p. 22, 1991.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SANTI, A.; VARGAS, A. M.; VERDI, A. C. Fertilidade e matéria orgânica em diferentes sistemas de manejo do solo. In. Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 8.; Seminário Técnico do trigo, 9., 2014, Canela; Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 9.; Seminário Técnico do Trigo, 10., 2015, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Biotrigo Genética: Embrapa Trigo, 2015. 2014 - Solos e Nutrição Vegetal – Trabalho 47. 1 CD-ROM.

**SAS Institute. SAS system for Microsoft Windows version 9.2. Cary: SAS, 2008.**

SCHENATO, B. R. **Simulação de fluxos de gases de efeito estufa em sistemas de manejo de solo no sul do Brasil**. 2013. 126 f. (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. & PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. 2. ed. rev. e ampl. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5.)

VIEIRA, S.S. da; ZOTTI, A.Z.; PAULINO, V.P. **Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases do efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes**. . Artigo escrito para Disciplina Ecologia de Pastagens, Curso de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável. Instituto de Zootecnia, APTA/SAA. [Artigo científico] Disponível

em:<http://www.caprilvirtual.com.br/Artigos/PraticasMinimizarEfeitoEstufa.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2016.