

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

Nestor Bremm

**COMPOSTO DE PÓ DE TABACO COMO FONTE DE NITROGÊNIO À
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM**

Santa Maria, RS
2021

Nestor Bremm

**COMPOSTO DE PÓ DE TABACO COMO FONTE DE NITROGÊNIO À
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Biodinâmica e Manejo do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo**.

Celso Aita

Santa Maria, RS
2021

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Bremm, Nestor
COMPOSTO DE PÓ DE TABACO COMO FONTE DE NITROGÊNIO À
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM / Nestor Bremm.- 2021.
51 p.; 30 cm

Orientador: Celso Aita
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2021

1. Adubação orgânica 2. Efeito imediato e residual 3.
Modo de aplicação 4. Doses 5. Histórico de aplicações I.
Aita, Celso II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

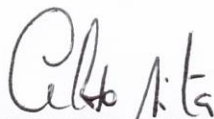
Declaro, NESTOR BREMM, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Nestor Bremm

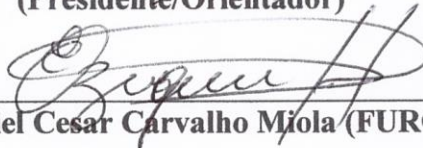
**COMPOSTO DE PÓ DE TABACO COMO FONTE DE NITROGÊNIO À
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Biodinâmica e Manejo do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo**.

Aprovado em 30 de julho de 2021:



**Celso Aita, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**



Ezequiel Cesar Carvalho Miola (FURG)



Stefen Barbosa Pujol (UFSM)

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida, por guiar meus passos e proporcionar-me saúde e persistência na busca dos meus sonhos.

A minha família que mesmo distante é a base de tudo, que inúmeras vezes me ouviram e em momentos difíceis souberam me encorajar a seguir em frente.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pelo ensino público de qualidade.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado, que possibilitou a execução deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Celso Aita, pelo auxílio diário, tanto nas atividades práticas quanto teóricas, pelas palavras de incentivo, ensinamentos compartilhados e pela confiança em mim depositadas.

A empresa JTI Processadora de Tabaco do Brasil e a Fundação para Proteção Ambiental de Santa Cruz do Sul, que nos apoiaram na execução deste trabalho.

Aos atuais e ex-colegas da pós-graduação do LABCEN, Adriane, Ana Paula, Bruno, Caren, Heitor, Pâmela, Getúlio, José Flávio, Raquel, Rosemar e Stefen, pelo acolhimento, amizade e prestatividade.

Também ao Stefen, por todo auxílio desde o início do mestrado.

Aos atuais e ex-bolsistas de iniciação científica, do LABCEN, Ana Luiza, Fabiane, Gabriel, Kathleen, Matheus, Paula, Poliana, Renata, Samantha e Wanuse, obrigado por toda a ajuda.

Aos funcionários do Departamento de Solos, pela colaboração com meu trabalho.

A banca examinadora, pela disponibilidade em contribuir com meu trabalho.

Por fim, a todos os meus amigos, que fazem parte da minha vida, um agradecimento especial a cada um de vocês!

RESUMO

COMPOSTO DE PÓ DE TABACO COMO FONTE DE NITROGÊNIO À PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM

AUTOR: Nestor Bremm
ORIENTADOR: Celso Aita

A atividade fumageira é de suma importância ao Brasil, visto que este é o maior exportador mundial de tabaco. No entanto, o processamento e beneficiamento do tabaco nas indústrias geram elevadas quantidades de resíduos altamente tóxicos. Afim de contornar esse problema converteu-se tal resíduo em um composto que apresenta potencial de uso agrícola. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito imediato (estudo I) e residual (estudo II) do composto de pó de tabaco como potencial fertilizante as culturas. O estudo I foi constituído de três experimentos, que envolveram diferentes culturas (capim Sudão, milho e soja). Nos experimentos em que se utilizou as gramíneas, testou-se dois fatores, as doses (0%, 50%, 100% e 200% do composto de tabaco e um tratamento mineral adicional, NPK) e o modo de aplicação (incorporado versus superficial). Já no experimento da soja testou-se diferentes doses de composto (0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ de composto e um tratamento mineral adicional, PK). A aplicação em superfície do composto proporcionou maior produtividade de matéria seca e acúmulo de nitrogênio (N) em relação a incorporação no solo. Quanto maior a dose do composto aplicada, maior foi a produtividade e o acúmulo de N, independente da cultura. A adubação mineral apresentou produtividade e acúmulo de N semelhante as doses intermediárias de composto, salvo o acúmulo de N da soja, que foi semelhante a testemunha. Sobre os índices de eficiência do N, observou-se que a adubação mineral apresentou maior eficiência, seguida da menor dose de composto. Referente ao estudo II, este foi constituído de um experimento de três cultivos seguidos (aveia, milho e aveia), onde testou-se dois fatores, as doses (0%, 50%, 100% e 200% do composto de tabaco e um tratamento mineral adicional, NPK) e o histórico de aplicações da área (duas versus uma aplicação de composto). O composto de pó de tabaco apresentou efeito residual sobre a matéria seca e o acúmulo de nitrogênio nas culturas, onde observou-se que duas aplicações de composto apresentaram um efeito residual mais expressivo, em relação a uma única aplicação. Quanto maior a dose de composto de pó de tabaco aplicado ao solo, maior foi o efeito residual sobre a produção de MS e acúmulo de N para as culturas de aveia e milho. O efeito residual da adubação mineral proporcionou matéria seca e acúmulo de N semelhante das culturas semelhante a subdose do composto (50%).

Palavras-chave: Adubação orgânica. Efeito imediato e residual. Modo de aplicação. Doses. Histórico de aplicações.

ABSTRACT

TOBACCO COMPOUND AS A SOURCE OF NITROGEN FOR GRAIN AND FORAGE PRODUCTION

AUTHOR: Nestor Bremm

ADVISOR: Celso Aita

Tobacco activity is of paramount importance to Brazil, as it is the world's largest tobacco exporter. However, tobacco processing and processing in industries generate high amounts of highly toxic residues. In order to overcome this problem, this residue was converted into a compost that has potential for agricultural use. Thus, the objective was to evaluate the immediate (study I) and residual (study II) effects of the tobacco powder compost as a potential fertilizer for crops. Study I consisted of three experiments, which involved different crops (Sudan grass, corn and soybeans). In the experiments in which the grasses were used, two factors were tested, the doses (0%, 50%, 100% and 200% of the tobacco compound and an additional mineral treatment, NPK) and the mode of application (incorporated versus superficial). In the soybean experiment, different doses of compost (0, 2, 4 and 8 Mg ha⁻¹ of compost and an additional mineral treatment, PK) were tested. Surface application of the compost provided higher dry matter yield and nitrogen (N) accumulation in relation to soil incorporation. The higher the dose of compost applied, the greater the productivity and accumulation of N, regardless of the crop. Mineral fertilization presented yield and N accumulation similar to intermediate doses of compost, except for the N accumulation in soybean, which was similar to the control. Regarding the N efficiency indices, it was observed that mineral fertilization showed the highest efficiency, followed by the lowest dose of compost. Regarding study II, this consisted of an experiment of three crops in a row (oats, corn and oats), where two factors were tested, the doses (0%, 50%, 100% and 200% of the tobacco compound and one additional mineral treatment, NPK) and the area's application history (two versus one compost application). Tobacco powder compost showed a residual effect on dry matter and nitrogen accumulation in crops, where it was observed that two applications of compost had a more significant residual effect, compared to a single application. The higher the dose of tobacco dust compost applied to the soil, the greater the residual effect on DM production and N accumulation for oat and corn crops. The residual effect of mineral fertilization provided similar dry matter and N accumulation in crops similar to compost underdose (50%).

Keywords: Organic fertilization. Immediate and residual effect. Application mode. Doses. Application history.

LISTA DE FIGURAS

Artigo I

Figura 1 – Temperaturas máxima e mínima diárias do ar e precipitação pluviométrica durante o cultivo do capim Sudão e milho (A) e soja (B), em 2019/20.	15
Figura 2 – Matéria seca produzida pela parte aérea (grão, palha e total) do capim Sudão (A), Milho (B, C, D) e soja (E, F, G) em função das doses do composto de tabaco (base úmida) e da adubação mineral (NPK, linha tracejada) aplicadas no solo.	20
Figura 3 – Acúmulo de nitrogênio na parte aérea do capim Sudão (A), soja (B) e milho (C, D e E) em função das doses de composto de tabaco (base úmida) e da adubação mineral (NPK, linha tracejada) aplicada ao solo.	24
Figura 4 – Eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN) e recuperação aparente do N (RAN) nas plantas de capim Sudão (A e B) e milho (C e D) em função das doses do composto de tabaco aplicado no solo.	27

Artigo II

Figura 1 – Temperaturas máxima e mínima diárias do ar e precipitação pluviométrica durante a sequência dos cultivos de aveia/milho/aveia.	36
Figura 2 – Matéria seca dos cultivos de aveia e milho em função do efeito residual de diferentes doses de composto de tabaco e adubação mineral (NPK, linha tracejada) associado ao histórico de diferentes aplicações.	41
Figura 3 – Nitrogênio acumulado dos cultivos de aveia e milho em função do efeito residual de diferentes doses de composto de tabaco e adubação mineral (NPK, linha tracejada) associado ao histórico de diferentes aplicações.	43
Figura 4 – Correlações entre o nitrogênio aplicado no solo e N mineral do solo na camada de 0 a 20 cm (A) e entre o N mineral do solo (0-20 cm) e o nitrogênio acumulado pelo milho (B).	44

LISTA DE TABELAS

Artigo I

Tabela 1 – Atributos químicos do solo em duas áreas conduzidas com Capim Sudão/Milho e Soja, Santa Maria, RS.	14
Tabela 2 – Caracterização do composto orgânico de pó de tabaco e quantidades aplicadas no solo nas três doses avaliadas de cada cultura.	16
Tabela 3 – Eficiência agronômica do N (EAN) e recuperação aparente do N (RAN), pelo capim Sudão e milho, após a aplicação de três doses do composto de resíduos de tabaco e da adubação mineral (NPK).	25

Artigo II

Tabela 1 – Caracterização do composto orgânico de pó de tabaco e quantidades aplicadas no solo.	37
--	----

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	9
1.1 HIPÓTESES	10
1.2 OBJETIVOS	10
2 ARTIGO 1 – EFEITO IMEDIATO DA APLICAÇÃO DO COMPOSTO DE TABACO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM	11
2.1 INTRODUÇÃO	12
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS	14
2.2.1 Experimento I e II	16
2.2.2 Experimento III	17
2.2.3 Avaliações	17
2.2.4 Análise estatística	18
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
2.3.1 Interação e significância entre fatores	18
2.3.2 Produção de matéria seca	19
2.3.3 Acúmulo de nitrogênio nas culturas	22
2.3.4 Eficiência agronômica e recuperação aparente do nitrogênio	25
2.4 CONCLUSÕES	28
2.5 REFERÊNCIAS	29
3 ARTIGO 2 – EFEITO RESIDUAL DO COMPOSTO DE TABACO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM	34
3.1 INTRODUÇÃO	35
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.2.1 Área de estudo	36
3.2.2 Delineamento experimental	36
3.2.3 Avaliações	37
3.2.4 Análise estatística	38
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.3.1 Interação e significância entre fatores	38
3.3.2 Produção de matéria seca	39
3.3.3 Acúmulo de nitrogênio nas culturas e N mineral no solo	42
3.4 CONCLUSÕES	45
3.5 REFERÊNCIAS	45
4 DISCUSSÃO GERAL	48
5 CONCLUSÕES GERAIS	50

1 APRESENTAÇÃO

O tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) é uma importante planta não-alimentar utilizada mundialmente, onde sua comercialização monetária anual movimentava trilhões de dólares. Nesse cenário mundial, o Brasil posiciona-se como sendo o segundo maior produtor e o maior exportador de tabaco (SINDITABACO, 2019). No território brasileiro, observa-se uma nítida concentração da produção fumageira na região Sul, que representa 98% da produção nacional (SINDITABACO, 2019).

A concentração fumageira na região Sul deve-se a vários fatores, dentre eles: a especialização por parte dos produtores na produção de tabacos claros, destinados a produção de cigarros e cigarrilhas; as condições edafoclimáticas da região Sul propiciam um tabaco de elevada qualidade a nível internacional e; um grande investimento massivo por parte dos complexos agroindustriais na instalação de indústrias de beneficiamento e processamento de tabaco próximo as áreas produtoras (SILVEIRA, DORNELLES, FERRARI, 2012). Esses fatores, somados ao fato da cultura demandar grande quantidade de mão-de-obra em seus tratamentos culturais e apresentar elevado valor monetário (atingiu em 2018, R\$ 21.730,00 reais/ha plantado), proporcionou um estímulo aos agricultores familiares investirem nessa cultura, visto que muitos destes, apresentam pouca área territorial (inferior a 15 ha) (SINDITABACO, 2019).

No entanto, apesar da relevante importância da atividade fumageira à agricultura familiar, ela gera elevada quantidade de resíduos produzidos no processamento e beneficiamento do tabaco. Estes, são compostos basicamente de restos de tabaco (folhas, pó e talos), por isso são chamados de “resíduos de pó de tabaco”.

Nesse contexto, a Fundação para Proteção Ambiental de Santa Cruz do Sul (FUPASC) numa tentativa de cumprir com a normativa PNRS 12.305/2010, desenvolveu um processo de tratamento biológico de fermentação em estado sólido (FES), que converte o resíduo em um “composto de pó de tabaco”. Esse processo consiste basicamente na compostagem de resíduo com auxílio de um Consórcio[®] de bactérias desenvolvido em parceria entre FUPASC e uma empresa particular (Mix não comercial). No entanto, por ser um processo de tratamento recente, aliado a um composto constituído exclusivamente de resíduos de pó de tabaco, é imprescindível avaliar seu potencial uso fertilizante as culturas.

Visto que na literatura não se tem dados de estudos de campo envolvendo culturas que avaliam o potencial fertilizante do composto de pó de tabaco. Exceto por um estudo incubatório

que evidenciou uma taxa de mineralização de 12% de N orgânico em 100 dias a 25 °C (ORUOSKI, 2019). Tal fato indica que o composto pode tanto apresentar um efeito imediato sobre as culturas quanto residual. Tais informações são importantes a fim de permitir uma correta recomendação do composto de pó de tabaco as culturas, devido a adequada reciclagem de nutrientes. Isso se repercute em ganhos através de uma maior sustentabilidade do sistema produtivo fumageiro, pois transcende as esferas econômica, social e ambiental, beneficiando os atores envolvidos.

Dessa forma, esta dissertação foi estruturada em dois capítulos, onde no primeiro, avalia o efeito imediato do composto de pó de tabaco e no segundo testa o efeito residual do composto de pó de tabaco como potencial fertilizante as culturas. Além disso, tem uma terceira seção (Discussão geral), em que se faz uma discussão integrada sobre os resultados obtidos desses dois estudos. E por fim, tem-se as principais conclusões obtidas a partir desta pesquisa.

1.1 HIPÓTESES

- a) A incorporação ao solo do composto de pó de tabaco aumenta a disponibilidade de nutrientes em relação à aplicação superficial, permitindo uma maior produtividade e acúmulo de N pelas culturas.
- b) O uso do composto de pó de tabaco é capaz de apresentar produtividade e acúmulo de N semelhante a adubação mineral.
- c) Diferentes aplicações e doses crescentes do composto de pó de tabaco apresentam efeito residual nitrogenado diferenciado sobre a produtividade e acúmulo de N às culturas.

1.2 OBJETIVOS

Avaliar o efeito imediato e residual nitrogenado do composto de pó de tabaco em condições de campo, variando o modo de aplicação associado a diferentes doses de composto de pó de tabaco sobre a produtividade e acúmulo de N de culturas forrageiras e graníferas.

2 ARTIGO 1 – EFEITO IMEDIATO DA APLICAÇÃO DO COMPOSTO DE TABACO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM

RESUMO

A indústria fumageira produz grandes quantidades de resíduos, dentre os quais o composto de tabaco, após processamento do pó de tabaco, que pode ter potencial como fertilizante agrícola e reduzir passivos ambientais. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o potencial fertilizante do composto de tabaco na produtividade de culturas forrageiras e graníferas. Foram avaliados a produção de matéria seca (MS) e o acúmulo de nitrogênio (N) pelas plantas, a eficiência agrônômica do N (EAN) e a recuperação aparente do N (RAN) após aplicação de diferentes doses do composto e um tratamento adicional com fertilizante mineral (NPK). O estudo foi desenvolvido a partir da condução de três experimentos na UFSM, em um Argissolo. Os experimentos I e II foram destinados ao estudo de gramíneas (capim Sudão e milho), onde testou-se sob delineamento bifatorial de blocos ao acaso, diferentes doses de composto (0%, 50%, 100% e 200% da recomendação de N para as culturas) e um tratamento adicional de NPK (parcela principal) associados ao modo de aplicação, incorporado e superficial, na safra 2018/19. Enquanto o experimento III, foi destinado ao estudo de leguminosa (soja), sob delineamento de blocos ao acaso, onde também foram testadas doses de composto (0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹) e um tratamento mineral adicional (PK), na safra 2019/20. Sobre os resultados, observou-se que a aplicação superficial de composto proporcionou maior produtividade e acúmulo de N, em relação a sua incorporação. Quanto maior a dose do composto aplicada, maior foi a produtividade e o acúmulo de N, independente da cultura. A adubação mineral apresentou produtividade e acúmulo de N semelhante as doses intermediárias de composto, salvo o acúmulo de N da soja, que foi semelhante a testemunha. Sobre os índices de eficiência do N, observou-se que a adubação mineral apresentou maior eficiência, seguida da menor dose de composto. Esses resultados demonstram que o composto de pó de tabaco apresenta-se como uma fonte alternativa de nutrientes as culturas, dentre eles, o N. No entanto, mais estudos devem ser realizados a fim de confirmar seu potencial fertilizante residual e acumulativo ao longo do tempo, assim como seu potencial mitigatório de perdas de N do solo.

Palavras chave: FertiLeaf. Doses de composto. Modo de aplicação. Índices de eficiência de nitrogênio.

2.1 INTRODUÇÃO

A atividade fumageira no mundo produz anualmente cerca de 8,3 milhões de toneladas de fumo (TITA et al., 2021), sendo o Brasil o maior exportador e segundo maior produtor (SINDITABACO, 2019). O ramo fumageiro encontra-se em expansão, impactando em setores socioeconômicos importantes no país, através da geração de renda de pequenos e médios produtores localizados na região Sul do Brasil, onde em 2018, gerou 6,28 bilhões de reais a 150 mil produtores (SINDITABACO, 2019).

No entanto, o beneficiamento e o processamento do tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) geram grandes quantidades de resíduos (PRIMO et al., 2011; SHAKEEL, 2014). Deste montante, estima-se que 69% são resíduos de pó de tabaco (COSTA, 2012), que contêm elementos tóxicos, dentre eles as nitrosaminas, nicotina e metais pesados (ADEDIRAN et al., 2003; OKUR et al., 2008; ROEHRS, 2012; SHAKEEL, 2014; WANG et al., 2021). O manejo incorreto dos resíduos propicia a liberação de elementos tóxicos, gerando graves impactos ambientais. Por outro lado, o resíduo apresenta nutrientes em sua constituição (ADEDIRAN et al., 2003; SHAKEEL, 2014), tornando-o passível de uso agrícola e reaproveitamento dos nutrientes, após tratamento.

Neste contexto de economia circular e redução de externalidades ambientais (poluição), a Fundação para Proteção Ambiental de Santa Cruz do Sul (FUPASC) desenvolveu um processo de compostagem combinado com a fermentação em estado sólido (FES), na tentativa de converter um resíduo tóxico em um produto isento de toxicidade, com potencial uso agrícola e que atendesse a legislação brasileira (Lei nº 12.305/2010).

Nesse processo, o resíduo de tabaco é impregnado mecanicamente, com um Consórcio® de bactérias desenvolvido em parceria entre FUPASC e uma empresa particular (Mix não comercial) contendo microrganismos especializados na degradação de constituintes de tabaco, e mantido sobre revolvimentos diários uma vez ao dia durante uma semana, sendo a fase inicial de compostagem dos resíduos orgânicos. Em seguida, o material é depositado em pilhas estáticas onde permanece por 90 dias, com monitoramento da temperatura na fase de fermentação, resultando em um material orgânico parcialmente bioestabilizado, denominado de composto de pó de tabaco.

Por ser um processo recente de tratamento do resíduo de tabaco recente, há poucas informações acerca da biodegradação e liberação de nutrientes do composto gerado ao final do processo de FES. Exceto por um estudo conduzido em laboratório, em que Oruoski (2019)

observou que 12% do N orgânico foi mineralizado em 100 dias de incubação a 25°C. No entanto, permanece obscuro se essa mineralização é reprodutível em condições a campo, devido à influência e variação de inúmeros fatores bióticos e abióticos que interferem direta ou indiretamente na mineralização do composto, tais como, estequiometria do substrato, aporte de nutrientes, a atividade microbiana na decomposição do resíduo e temperatura (LI et al., 2013).

Os adubos orgânicos podem apresentar inúmeras vantagens em relação aos fertilizantes minerais (ROCHA et al., 2013; AGUILDERA et al., 2013; ANTONELLI et al., 2018; LUO et al., 2018; CELESTINA et al., 2019; FENG et al., 2020). Todavia, fazer uso sem critérios técnicos quanto a fertilização, pode levar a passivos ambientais devido às aplicações excessivas de nitrogênio (N) ou a perdas econômicas em razão das aplicações deficientes de N (LOECKE, CAMBARDELLA, LIEBMAN, 2012; LI, CHEN, 2019; SILESHI et al., 2019; SOARES et al., 2020), acarretando em baixa eficiência do uso de N pelas plantas.

Além disso, busca-se verificar se o modo de aplicação do composto de pó de tabaco ao solo interfere na liberação de nutrientes às plantas via mineralização do composto. A literatura traz diversos dados positivos, com incrementos variando desde 1,9 Mg ha⁻¹ no milho até 0,37 Mg ha⁻¹ na cevada (GILL et al., 2012; LIU et al., 2016; SISTANI et al., 2017; CELESTINA et al., 2018), porém, tais resultados não podem ser associados exclusivamente ao potencial do fertilizante, em virtude da incorporação profunda interferir nas propriedades físicas do solo, causando efeito indireto sobre as culturas (CELESTINA et al., 2019). Desta forma, necessita-se de mais estudos que relacionem o efeito nutricional do composto com os parâmetros da planta.

Aliado a isto, busca-se verificar se o composto apresenta potencial fertilizante nitrogenado imediato e semelhante a adubação química sobre os parâmetros produtivos de diferentes culturas. Visto que existe oscilação quanto ao potencial fertilizante de diferentes compostos orgânicos, onde alguns trabalhos recomendam a suplementação com adubação mineral (CHEN et al., 2014; PINCUS et al., 2016; ZHUANG et al., 2019) e outros não (TEDESCO et al., 2011; GARRIDO et al., 2017). É necessário investigar o potencial do composto de tabaco quando aplicado no solo, para fertilizar culturas produtoras de grãos e forrageiras, tanto de verão quanto de inverno.

Tais informações técnicas acerca do composto de tabaco são imprescindíveis para sua posterior recomendação de adubação de forma adequada às culturas, afim de otimizar a sincronia entre mineralização do composto e a absorção de N pelas plantas. Dessa forma, o presente estudo objetivou avaliar se o potencial do composto de tabaco é similar a adubação

mineral nitrogenada sobre a produção de grãos e forragem de três culturas, bem como, testar se o modo de aplicação associado a diferentes doses do composto de tabaco interfere na produtividade das culturas e nos índices de eficiência do N.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos na área do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Santa Maria (29° 43' 36" S 53° 43' 28" W), Rio Grande do Sul, Brasil, envolvendo duas espécies de gramíneas: capim Sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) e milho (*Zea mays* L.), e uma leguminosa: soja (*Glycine max* (L.) Merr.). Os experimentos do capim-sudão e do milho ocorreram no período de novembro de 2018 a março de 2019, já o da soja entre novembro 2019 a março de 2020. O clima do local é subtropical úmido do tipo Cfga, segundo Köppen (FEBRES, 2009). Os dados climáticos do período experimental encontram-se na Figura 1 (INMET, 2021). Já o solo do local é classificado como Argissolo Vermelho Alumínico úmbrico (SANTOS, 2006), e suas características químicas são apresentadas na Tabela 1.

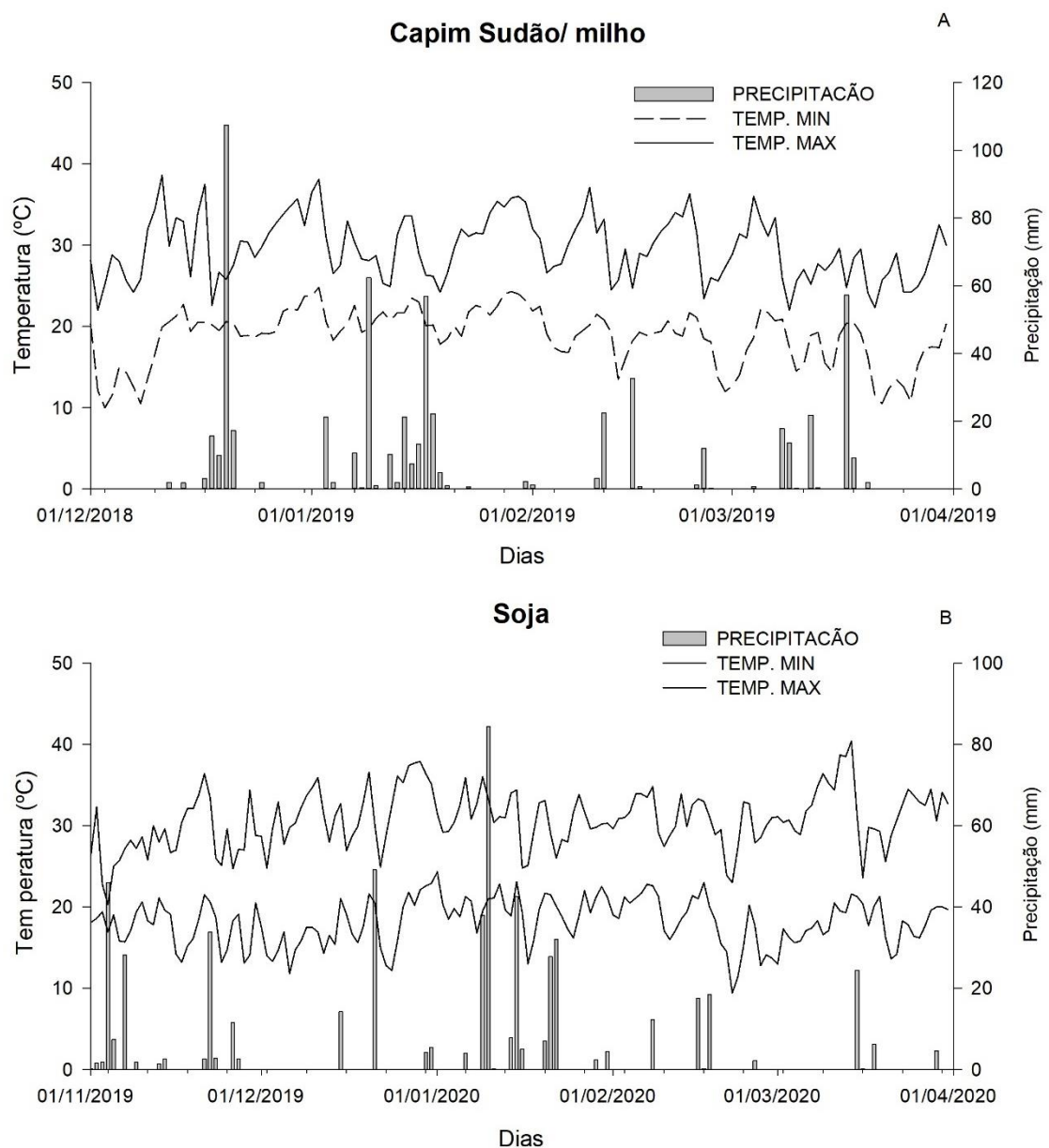
Tabela 1 – Atributos químicos do solo em duas áreas conduzidas com Capim Sudão/Milho e Soja, Santa Maria, RS.

Atributos	Capim Sudão/Milho		Soja	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
pH (H₂O)	5,5	5,1	5,3	5,2
M.O. (%)	3,1	2,3	3,2	2,3
P (mg dm⁻³)	13,8	8,0	17,0	7,3
K (mg dm⁻³)	78,5	39,0	103,0	29,0
Ca²⁺ (cmol_c dm⁻³)	5,9	4,0	5,1	4,5
Mg²⁺ (cmol_c dm⁻³)	2,6	1,9	2,2	2,1
Al³⁺ (cmol_c dm⁻³)	0,0	0,6	0,2	0,4
CTC_{pH7}	14,1	13,4	14,6	14,4
SB (%)	61,8	45,1	53,4	47,2

Legenda: M.O. = Matéria Orgânica; CTC = Capacidade de Troca de Cátions; SB = Soma de Bases.

Quarenta e cinco dias antes da instalação dos experimentos, ocorreu a dessecação das áreas que estavam cultivadas com culturas de cobertura do solo [azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.)]. E posteriormente, foi realizado duas gradagens para descompactação do solo.

Figura 1 – Temperaturas máxima e mínima diárias do ar e precipitação pluviométrica durante o cultivo do capim Sudão e do milho (A), em 2018/19, e da soja (B), em 2019/20.



2.2.1 Experimento I e II

Foi utilizado um bifatorial de blocos ao acaso disposto em faixas, com quatro repetições em ambos os experimentos. As parcelas mediam 4×4 m para o experimento I e 4×5 m no experimento II. Foi avaliada a combinação de dois fatores: modo de aplicação (superfície e incorporado) e diferentes doses do composto de tabaco (0%, 50%, 100% e 200% da recomendação de N). As doses foram calculadas a partir da taxa de mineralização do N observada por Oruoski (2019) e também conforme o Manual de Calagem e Adubação do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016) (Tabela 2). Aliado às doses do composto, foi adicionado um tratamento mineral (NPK) com a finalidade de avaliar a resposta produtiva do composto em relação a adubação mineral. No experimento I, utilizou-se como cultura o capim Sudão, da cultivar ANsf320, com uma expectativa de rendimento próxima de 9 Mg ha^{-1} de matéria seca. Enquanto no segundo experimento, cultivou-se o milho da cultivar P3016 VYHR, com uma expectativa de 8 Mg ha^{-1} de matéria seca.

Tabela 2 – Caracterização do composto orgânico de pó de tabaco e quantidades aplicadas no solo nas três doses avaliadas de cada cultura.

Caracterização	MS	C Total	Nitrogênio				C/N	pH		
			N mineral	N orgânico	N ¹ disponível	N Total				
			-----kg Mg ⁻¹ -----							
Composto I ²	820,0	314,6	4,7	21,9	6,9	26,6	11,8	6,1		
Composto II	810,0	303,5	4,1	22,0	6,3	26,1	11,6	5,8		
Quantidade adicionada			-----kg ha ⁻¹ -----							
Capim Sudão	50%	11000 ³	9020	3460,6	51,7	240,9	75,9	292,6	-	-
	100%	22000	18040	6921,2	103,4	481,8	151,8	585,2	-	-
	200%	44000	36080	13842,4	206,8	963,6	303,6	1170,4	-	-
Milho	50%	7000	5740	2202,2	32,9	153,3	48,3	186,2	-	-
	100%	14000	11480	4404,4	65,8	306,6	96,6	372,4	-	-
	200%	28000	22960	8808,8	131,6	613,2	193,2	744,8	-	-
Soja	2,5 ton	2470	2001	749,7	10,1	54,3	15,6	64,5	-	-
	5 ton	4940	4001	1499,3	20,3	108,7	31,1	128,9	-	-
	10 ton	9880	8003	2998,6	40,5	217,4	62,2	257,9	-	-

¹N disponível = 10% do N orgânico + N mineral. ²Composto I, utilizado nos experimentos com capim Sudão e Milho; Composto II, usado no experimento com Soja. ³Quantidade de composto aplicado, em base úmida

O espaçamento e densidade de semeadura do capim sudão foi de 0,34 m e 25 kg ha⁻¹ de sementes viáveis, enquanto que o milho foi de 0,45 m e 23,25 kg ha⁻¹ de sementes viáveis. O composto foi aplicado manualmente na superfície e incorporado ao solo com auxílio de grade de discos.

O tratamento NPK é constituído de ureia (45% N), superfosfato triplo (45% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% K₂O). As fontes de P e K foram aplicadas juntamente com 25 kg N ha⁻¹ na linha de semeadura e o restante do N foi fracionado em duas aplicações a lanço, em cobertura (CQFS, 2016).

2.2.2 Experimento III

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas mediam 4 × 5 m. Os tratamentos testados foram as doses de composto de tabaco, em base seca: 0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹. Acrescentou-se um tratamento mineral constituído das mesmas fontes de P e K, conforme experimentos anteriores. Foi utilizada a cultura da soja, cultivar BMX ELITE IPRO, semeada em 20 de novembro de 2019, no espaçamento de 0,50 m e com densidade de 270 mil plantas viáveis ha⁻¹. A aplicação do composto e do PK foi realizada a lanço na superfície do solo logo após a semeadura.

2.2.3 Avaliações

Os teores totais de C e N do composto foram determinados em analisador elementar do tipo CHNS (Flash EA 1112, Thermo Finnigan, Milan, Italy), enquanto o N mineral (NH₄⁺ e NO₃⁻) foi determinado por colorimetria em analisador de fluxo contínuo (CFA, San Plus, Skalar, Breda, Holanda), após extração com KCl 1M e filtração, e o N orgânico foi estimado pela diferença entre o N total e o N mineral. A determinação da matéria seca do composto de tabaco foi realizada por gravimetria, após secagem em estufa à 65 °C.

A produção de matéria seca das plantas de capim Sudão foi realizada através da soma da produção encontrada nos três cortes dessa forrageira, na altura de 0,2 m da superfície do solo, simulando o pastejo em um sistema forrageiro (SILVEIRA et al., 2015). Os cortes foram realizados aos 40, 71 e 106 dias após a semeadura (DAS). Após o terceiro corte, encerrou-se o ensaio com o capim Sudão (28/03/19). A área útil de coleta da forrageira em cada parcela foi 4 m².

A estimativa da produção de matéria seca do milho e da soja foi particionada em palha e grãos, sendo realizada em área de 10,8 m² para o milho. A coleta para a cultura da soja, constituiu-se no corte de duas seções de 1 m linear, selecionadas aleatoriamente dentro da área útil da parcela.

Para determinação da matéria seca, o material vegetal foi pesado, subamostrado e submetido à secagem em estufa a 65 °C até atingir massa constante. Em seguida, foram realizadas moagens do tecido vegetal seco (moinho forrageiro, de facas tipo ‘Willey’ e de bolas) e análise do teor de N total de uma amostra homogênea por combustão seca em analisador elementar. O N acumulado foi calculado em função do N total presente no tecido e na produção de matéria seca. Vale ressaltar que para a determinação do acúmulo de N nas plantas de soja a coleta foi realizada no estágio R2, em pleno florescimento.

Foram calculadas, a eficiência agronômica de N (EAN) e a recuperação aparente de N (RAN), descrito por Craswell e Godwin (1984). A eficiência agronômica demonstra o incremento de matéria seca da cultura em relação a quantidade de nitrogênio aplicada, sendo esse parâmetro expresso em kg MS kg⁻¹ N aplicado. Já a recuperação aparente de N, parte do pressuposto que a aplicação de uma fonte de N não provoque efeito *priming*, sendo assim, é denominada de aparente. Este índice demonstra a proporção do fertilizante nitrogenado aplicado que é absorvido pela cultura, expresso em porcentagem (BHATTACHARYA, 2018). Em outras palavras, ele demonstra o quão uma cultura é mais eficiente que outra em absorver o nitrogênio aplicado.

2.2.4 Análise estatística

As variáveis N acumulado, matéria seca, eficiência agronômica e recuperação aparente foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e quando houve significância ($P < 0,05$), as diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD ($< 0,05$). Para as dosagens realizou-se uma análise de regressão. Todos os dados foram analisados com auxílio do software estatístico SISVAR[®] (versão 5.6) (FERREIRA, 2011).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Interação e significância entre fatores

Não houve interação significativa entre o modo de aplicação e as doses do composto e da adubação mineral sobre a produção de matéria seca, acúmulo de N, eficiência agrônômica de N (EAN) e recuperação aparente do N (RAN) pela parte aérea das plantas de capim Sudão e milho. No entanto, houve efeito isolado das doses de composto sobre as variáveis analisadas.

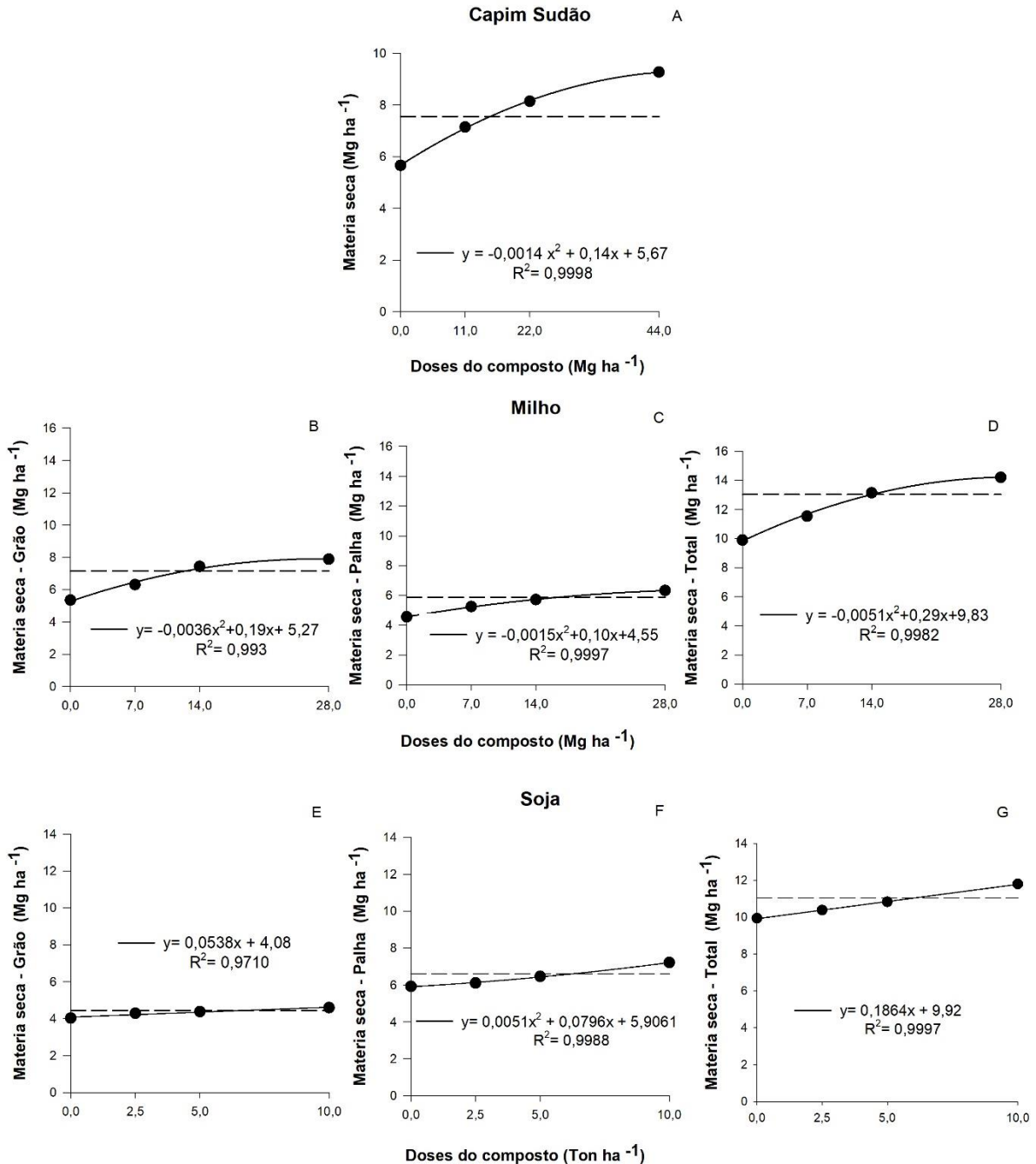
A adubação superficial apresentou um incremento de matéria seca superior em 7,48% e 3,11%, respectivamente, no capim Sudão e no milho, em relação a incorporação. Outros estudos, também observaram um maior incremento da aplicação superficial, porém a uma taxa inferior a 1% (KHAN et al., 2014; NADERI, EDALAT, KAZEMEINI, 2016). Da mesma forma, a adubação superficial também proporcionou maior acúmulo de N no capim Sudão (12,53%) e no milho (3,39%).

Uma justificativa plausível à maior resposta da aplicação superficial se refere a limitação do acesso microbiano ao composto disposto na superfície do solo, levando a uma lenta mineralização, condizendo com a demanda nutricional da planta. Enquanto o revolvimento do solo possivelmente tenha provocado um aumento da atividade microbiana, levando ao aumento da mineralização e consequente imobilização inicial do N aplicado via composto. Assim, a própria incorporação do composto ao solo estimula a mineralização (ROEHRS, 2012; JESUS et al., 2020), levando a uma maior imobilização temporária do N (COPPENS et al., 2006).

3.3.2 Produção de matéria seca

A aplicação de diferentes doses de composto de tabaco proporcionou um incremento tanto na produção de matéria seca de palha quanto na produção de grãos dos experimentos (Figura 2). A produção de matéria seca de ambas gramíneas, apresentou uma tendência de função quadrática ($R^2=0,99$) (Figura 2A e 2C), com a dose de máxima produção estimada na dose de 51,89 Mg ha⁻¹ de composto (em base seca) para capim Sudão e 34,73 Mg ha⁻¹ para o milho, o que corresponderia a 9,44 e 6,37 Mg ha⁻¹, respectivamente. Já para a produção de grãos de milho, a dose ótima seria de 27,19 Mg ha⁻¹ de composto atingindo uma expectativa de 7,94 Mg ha⁻¹ de grãos (Figura 2B). Tendência semelhante também foi encontrada em outras culturas: soja (PENHA et al., 2015), milho (ASSES et al., 2019), capim Marandu (CASTRO et al., 2016) e colza (DUNJANA et al., 2020).

Figura 2 – Matéria seca produzida pela parte aérea (grão, palha e total) do capim Sudão (A), Milho (B, C, D) e soja (E, F, G) em função das doses do composto de tabaco (base úmida) e da adubação mineral (NPK, linha tracejada) aplicadas no solo.



Esta resposta da produção vegetal ocorreu provavelmente devido ao fator nutricional, onde a planta ultrapassa a faixa de suficiência ótima, atingindo o consumo de luxo (rendimento relativo superior a 90%), fase esta, caracterizada por um maior consumo de nutrientes, porém, com baixo incremento vegetal (WADT et al., 2012). Além disso, outro fator pode ser a presença de elementos tóxicos do composto que em grandes quantidades podem causar toxicidade a

planta (MARCOTE et al., 2001). No entanto, nesse estudo, não se observou nenhum sintoma de toxicidade do composto de pó de tabaco sobre as culturas. Adediran et al. (2004) também não observou efeito tóxico em um composto produzido pela empresa Mastermind Tobacco S.A., que em sua composição tinha apenas 40% de resíduos de tabaco.

Assim como as gramíneas, a soja também apresentou comportamento semelhante na MS tanto da palha quanto do grão, porém, a curva de resposta foi uma função linear, devido à baixa resposta aos tratamentos (Figura 2E, 2F e 2G). Possivelmente, a dose máxima avaliada de 10 Mg ha⁻¹ de composto, não foi capaz de induzir a planta a ter um consumo de luxo, não atingindo assim o ponto de inflexão da curva. Dessa forma, ainda existe a carência de estudos que avaliem a resposta produtiva da cultura da soja em função da aplicação de maiores doses de composto.

Além disso, a baixa precipitação pluviométrica também foi um fator que levou a baixa resposta na produção de grãos. Durante a condução do experimento, foi observado dois períodos de 17 dias consecutivos sem chuva, coincidindo exatamente nos estágios críticos a cultura, principalmente em pleno florescimento e na fase de enchimento de grãos (Figura 1B). Samsom et al. (2019) também observaram que, em anos secos, o rendimento da palha de milho foi alto, enquanto que a produção de grãos foi baixa. Esses autores sugerem que água e nutrientes estavam em condições satisfatórias na formação dos tecidos vegetativos, porém, em escassez na formação dos tecidos reprodutivos. Observou-se ainda na Figura 2 que o composto apresentou a produção de MS total equivalente ao tratamento mineral, nas doses 15,5, 13,5 Mg ha⁻¹ de composto de pó de tabaco para o capim Sudão e milho, respectivamente.

Referente a produção de palha do capim Sudão, observou-se uma resposta crescente com as doses quando comparado ao controle, na ordem de 1,48, 2,48 e 3,61 Mg ha⁻¹ nas doses de 11, 22 e 44 Mg ha⁻¹ do composto de pó de tabaco, respectivamente, e de 1,89 Mg ha⁻¹ de MS com a aplicação mineral (Figura 2C). Enquanto que o incremento de MS no milho em comparação ao controle, foi de 0,69, 1,16 e 1,77 Mg ha⁻¹ de MS nas doses de 7, 14 e 28 Mg ha⁻¹ de composto, respectivamente, e de 1,32 Mg ha⁻¹ de MS com a aplicação mineral.

O maior acréscimo de MS no capim Sudão possivelmente se deve pela planta apresentar uma boa tolerância a seca, devido à baixa necessidade hídrica (350 a 700 mm), além de, ser uma espécie rústica com alta taxa de perfilhamento (SILVEIRA et al., 2015). Visto que em 2019, ocorreu apenas uma chuva considerável (120 mm) durante os primeiros 30 dias após a semeadura das culturas, permanecendo, posteriormente sem precipitação significativa, o que limitou a produtividade das culturas, principalmente o milho.

Em relação a MS total das gramíneas, verificou-se que o tratamento 200% foi significativamente superior aos demais tratamentos ($P < 0,01\%$); enquanto os tratamentos NPK e 100% apresentaram produção intermediária e os tratamentos com 50% de composto e controle foram os tratamentos inferiores, com menor produção (dados não apresentados). Já na soja, a sequência decrescente dos tratamentos quanto a produção de MS total seguiu a ordem de 10 ton \geq PK \geq 5 ton \geq 2,5 ton \geq Controle, mostrando a pequena resposta após a aplicação dos tratamentos, onde significativamente houve diferença apenas da aplicação de 10 toneladas de composto de tabaco para o tratamento controle, sem aplicação de fertilizantes.

Estes resultados são um indicativo que o composto de tabaco é capaz de suprir a demanda nutricional das plantas de forma equilibrada, por propiciar elevada produção de matéria seca (MA et al., 2010), dependendo da dose de composto utilizada. Além disso, percebeu-se que a mineralização do N observada em laboratório (ORUOSKI, 2019) se reproduz no campo, devido a produção de MS total com as duas fontes de tratamento nitrogenado utilizadas (NPK e 100%), na mesma proporção de N nas gramíneas, ter apresentado produções semelhantes.

Tais resultados demonstram com clareza que o composto de pó de tabaco apresenta-se como uma excelente alternativa à fertilização mineral das culturas. No entanto, deve-se realizar mais experimentos avaliando diferentes tipos de solos, regiões climáticas, macro e micronutrientes, culturas e experimentos de médio a longo prazo, afim de avaliar sua sustentabilidade ambiental e, principalmente, econômica. Visto que, atualmente, tanto a fertilização mineral quanto a orgânica tem gerado elevados custos. A fertilização mineral, devido ao alto custo de aquisição dos fertilizantes, enquanto a orgânica, pelo alto custo do transporte e distribuição de grandes quantidades de compostos orgânicos necessários a fertilização. Uma alternativa viável a esse alto custo de investimento agrícola inicial pode ser a suplementação de adubos minerais e orgânicos (EJIGU et al., 2021). No entanto é necessário que novos estudos sejam realizados para comprovar sua viabilidade econômica.

2.3.3 Acúmulo de nitrogênio nas culturas

O acúmulo de N na parte aérea total das plantas seguiu a mesma tendência da produção de matéria seca para as gramíneas, entretanto na cultura da soja o tratamento PK foi semelhante ao controle (Figura 3). De modo geral, o aumento da dose proporcionou maior acréscimo de N às plantas (Figura 3). Fato também observado por Dunjana et al. (2020), ao testar diferentes doses de resíduos de folha de tabaco associado ou não ao esterco de gado sobre a colza (*Brassica*

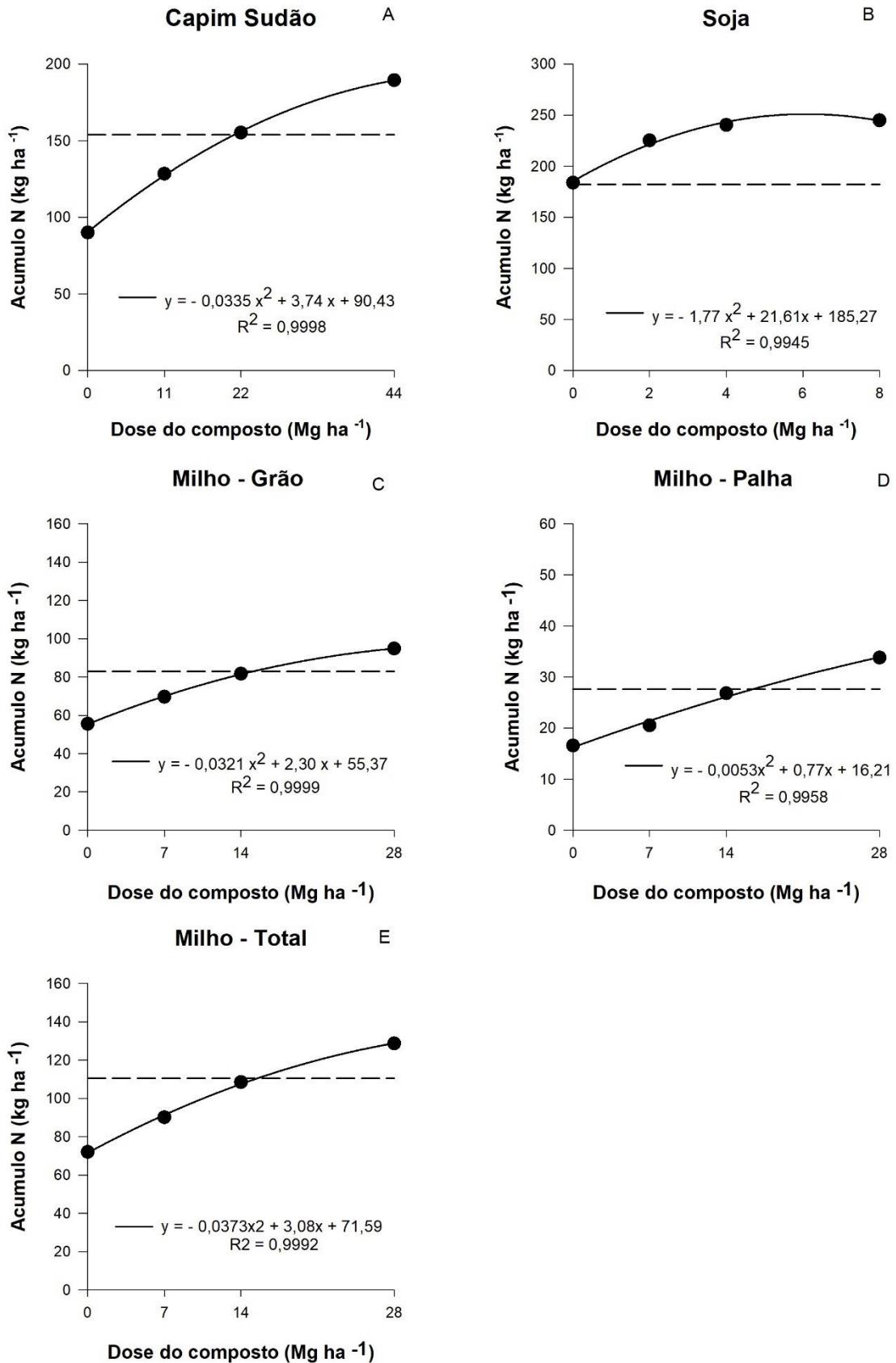
napus L.). Os resultados deste estudo vão de encontro ao trabalho realizado por Celestina et al. (2018) e Sistani et al. (2017), pois afirmam que independentemente do tipo de adubação, os tratamentos ricos em nutrientes frequentemente apresentam concentrações elevadas nos tecidos vegetais em relação ao controle. Além disso, Luo et al. (2018), relatam que o alto aporte de N, principalmente em compostos orgânicos apresenta baixa relação C/N, semelhante ao composto empregado neste estudo.

Comparando as fontes de nitrogênio nas gramíneas, percebe-se que o nitrogênio acumulado no tratamento mineral foi equivalente a dose estimada via regressão de 21,41 Mg ha⁻¹ de composto para o capim Sudão e 15,37 Mg ha⁻¹ ao milho (Figura 3A e 3E). Doses essas, levemente superiores as obtidas no acúmulo de matéria seca.

Outro resultado encontrado foi que dentre as culturas, o capim Sudão apresentou o maior incremento de nitrogênio acumulado na parte aérea na média das três doses de composto de tabaco em relação ao controle, com 75,20% (67,70 kg N ha⁻¹), seguido de milho e soja, com 51,35% (37,01 kg N ha⁻¹) e 28,88% (53,08 kg N ha⁻¹), respectivamente (Figura 2). Esta alta resposta das gramíneas em relação a adubação nitrogenada já era esperada, devido à baixa fixação biológica de nitrogênio das gramíneas em relação a soja. No entanto, também se observou que na cultura da soja, o N acumulado na matéria seca foi 46,23% superior ao N disponível pelo composto, ou seja, enquanto a média das 3 doses de composto forneceu 36,3 kg N ha⁻¹, a cultura da soja acumulou 53,03 kg N ha⁻¹. Este maior incremento do teor de nitrogênio pode estar vinculado a efeitos indiretos da aplicação de compostos orgânicos ao solo, tais como a melhoria na fertilidade e estrutura do solo (ABBOTT et al., 2018).

Referente as doses testadas, notou-se que a dose de 200% de composto, tanto para as gramíneas quanto para a soja, foi significativamente maior que a adubação mineral. Nas duas gramíneas avaliadas, no entanto, o tratamento NPK não diferiu do tratamento orgânico equivalente (100%), sendo este seguido do tratamento 50% e do controle, que foram diferentes entre si. Enquanto na soja, o resultado foi nitidamente diferente, onde o tratamento PK não diferiu do controle, mas foi significativamente menor que todas as doses de composto. Vale ressaltar que apesar do PK não ter representado um acúmulo de N, esse tratamento apresentou uma resposta bastante significativa na produção de matéria seca, demonstrando que possivelmente a soja seja mais responsiva a outros macronutrientes, como o P e/ou K, necessitando de mais estudos acerca do tema para validação de tal informação.

Figura 3 – Acúmulo de nitrogênio na parte aérea do capim Sudão (A), soja (B) e milho (C, D e E) em função das doses de composto de tabaco (base úmida) e da adubação mineral (NPK, linha tracejada) aplicada ao solo.



2.3.4 Eficiência agronômica e recuperação aparente do nitrogênio

A eficiência agronômica do nitrogênio com o uso do fertilizante mineral NPK foi significativamente maior que nos demais tratamentos. Este tratamento apresentou-se 3,1 vezes maior no capim Sudão e 4,0 vezes no milho em comparação a média das doses de composto (Tabela 3), o que proporcionou um acréscimo médio de 12,62 kg MS da parte aérea de capim Sudão e 31,37 kg MS de milho a cada kg de N adicionado. Aliado a isso, também se percebeu que o milho foi a cultura mais eficiente em produzir biomassa, pois na média das doses de composto houve um acréscimo de 89,8% em relação ao capim Sudão. Além disso, percebe-se uma relação inversamente proporcional da EAN em relação ao aumento das doses (Figura 4A e 4C), tendência essa também observada em outros estudos (ZAREABYANEH, BAYATVARKESHI, 2015; SILESHI et al., 2019).

Tabela 3 – Eficiência agronômica do N (EAN) e recuperação aparente do N (RAN), pelo capim Sudão e milho, após a aplicação de três doses do composto de resíduos de tabaco e da adubação mineral (NPK).

Cultivos	Tratamentos	EAN (kg MS kg ⁻¹ N Aplic)	RAN (%)
Capim Sudão	Testemunha	-	-
	50% Comp.	5,06 b	13,13 b
	100% Comp.	4,16 b	11,15 b
	200% Comp.	3,08 b	8,50 b
	NPK	12,62 a	42,53 a
	LSD (0.05)	2,30	4,64
	CV (%)	35,54	23,72
Milho	Testemunha	-	-
	50% Comp.	8,83 b	7,94 b
	100% Comp.	8,72 b	9,77 b
	200% Comp.	5,80 b	7,59 b
	NPK	31,37 a	38,37 a
	LSD (0.05)	4,41	4,73
	CV (%)	31,00	28,58

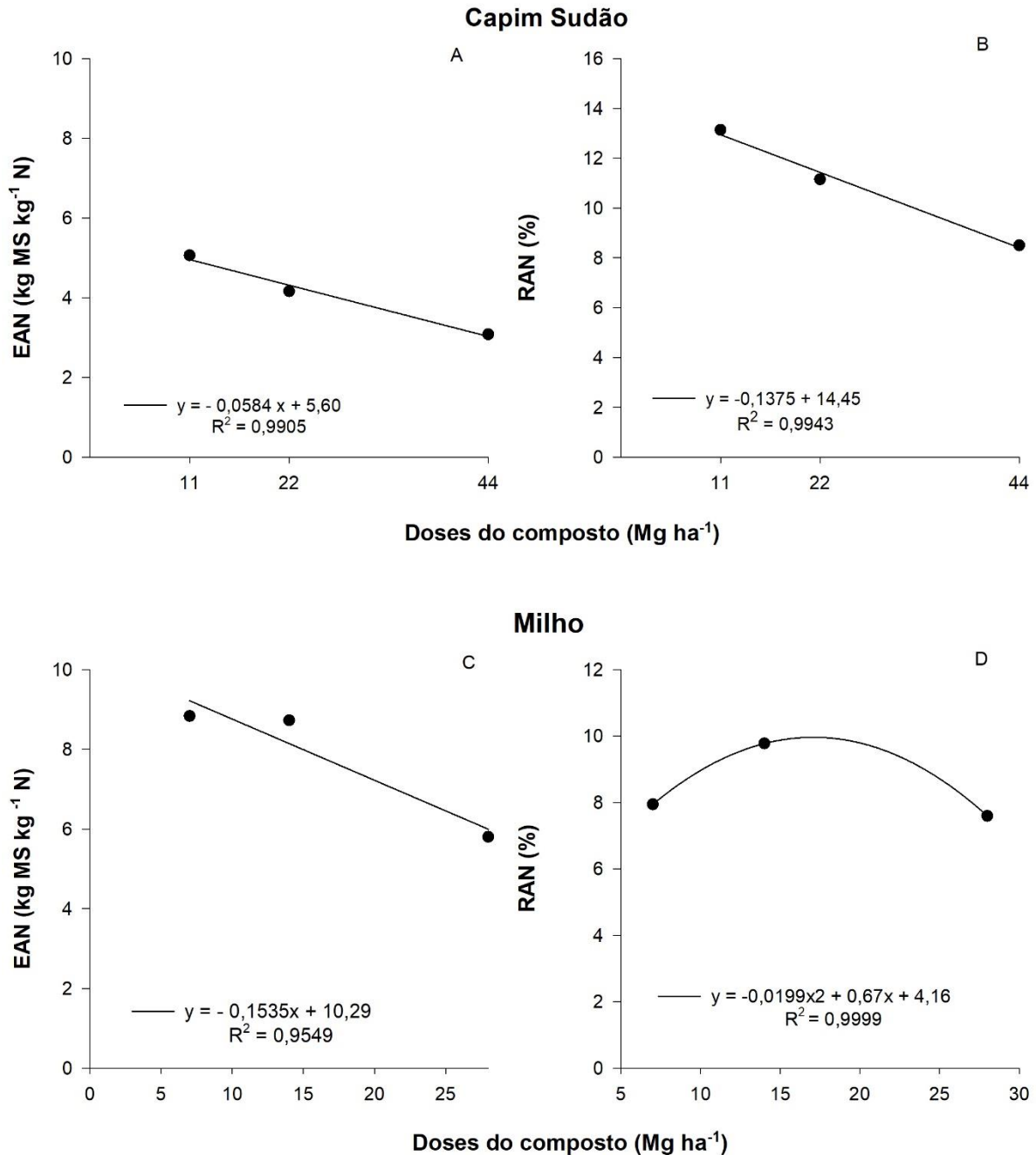
A maior eficiência do fertilizante mineral é devido à sua alta solubilização e disponibilidade imediata de nutrientes ao solo. No entanto, essa alta solubilidade pode não necessariamente se repercutir em maior eficiência, devido ao efeito da fertilização ser de curta duração, gerando assim, um rápido esgotamento de nutrientes no solo (SANCHEZ, OSPINA, MONTOYA, 2017), podendo, dessa forma, não suprir adequadamente a cultura. Em

contrapartida, o composto de pó de tabaco por apresentar uma baixa mineralização de N de 12% (ORUOSKI, 2019), somados ao N mineral do composto que é em torno de 13% (Tabela 2), chega-se na disponibilidade de apenas 25% do N total, ficando o restante retido no solo, sob a forma orgânica, indisponível temporariamente às plantas (GOMEZ-MUNÓZ, MAGID, JENSES, 2017). Apesar do N orgânico retido não interferir diretamente na fertilidade da planta a curto prazo, a sua adição associada ao carbono no solo, provoca efeitos indiretos sobre a fertilidade da planta, devido ao aumento dos pools de ciclagem de nutrientes no solo, entre demais alterações físico-químicas do solo (KIBOI et al., 2019). Dessa forma, percebe-se que deve ter uma certa cautela ao comparar o efeito do composto em relação ao fertilizante mineral, visto que a ação do composto é de médio a longo prazo. Além disso, Gardner e Drinkwater (2009) demonstraram que até 60% do nitrogênio absorvido pela cultura é de origem residual (aplicações anteriores), o que comprova a grande influência dos fertilizantes orgânicos.

O tratamento NPK também foi significativamente mais eficiente que os demais tratamentos sobre a recuperação aparente do nitrogênio, apresentando-se 3,9 vezes superior em relação a média das doses de composto na cultura do capim Sudão e de 4,6 vezes no milho. Aliado a isso, percebeu-se que o capim Sudão apresentou a maior recuperação de nitrogênio em relação ao milho com uma média das doses de 10,9% contra 8,4%. Esta baixa recuperação aparente de nitrogênio é devida não apenas ao alto teor de N orgânico presente no composto e a baixa mineralização relativamente do mesmo, mas também devido ao déficit hídrico (GARRIDO et al., 2017), pois este fator abiótico limitou a disponibilidade de água e nutrientes às plantas assim como restringiu a degradação microbiana do composto, devido à baixa umidade presente no solo. Garrido et al. (2017) afirmam que recuperações inferiores a 100% indicam que parte dos nutrientes são adsorvidos no solo, tornando-se potencialmente disponíveis às culturas sucessoras. Dessa forma, percebe-se que o composto de pó de tabaco pode ter um alto potencial residual às culturas subsequentes, no entanto, necessita-se de mais estudos para promover a validação de tal informação.

Outro dado observado é em relação as tendências de RAN das culturas, pois enquanto o capim Sudão apresentou uma tendência decrescente de função linear (Figura 4B), a tendência do milho foi de uma função quadrática de concavidade negativa, indicando que na dose de 120% da recomendação nitrogenada pela CQFS (2016), atingiria uma RAN máxima de 9,8% (Figura 4D). Poffenbarger et al. (2018) também observaram um leve acréscimo na recuperação de N nas doses acima de $150 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em um experimento de milho de longo prazo, conduzido por 15 anos.

Figura 4 – Eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN) e recuperação aparente do N (RAN) nas plantas de capim Sudão (A e B) e milho (C e D) em função das doses do composto de tabaco aplicado no solo.



As tendências dos índices EAN e RAN esperadas eram de um efeito decrescente da eficiência em relação ao incremento nitrogenado, devido a lei dos retornos decrescentes, pois esta baseia-se na curva de resposta do rendimento marginal em relação a determinado nutriente aplicado (WIT,1992), onde em baixas taxas de N aplicado apresenta um elevado rendimento marginal. Enquanto que em altas doses, a cultura tende a apresentar uma resposta produtiva

cada vez menor chegando a ser nula, quando atinge o patamar de máxima produção ou até negativa pela toxicidade do nutriente em excesso. Já para a tendência da RAN do milho, um possível fator que justifica esse máxima RAN na dose de 120% de composto, seja a Lei do Ótimo, onde que o acréscimo de um recurso proporciona uma maior disponibilidade/captação de outros recursos necessários ao desenvolvimento da planta (WIT, 1992). Nesse estudo o maior aporte de N pela aplicação do composto (recurso adicionado) estimulou o crescimento vegetal aéreo e possivelmente o radicular, este maior crescimento radicular proporcionou um maior acesso a água (recurso melhorado), pelo aumento do volume de solo explorado pelo sistema radicular da planta. Este maior aporte de água à planta gera por sua vez um incremento adicional a produção da planta, essa maior produção vegetal será limitada a medida que um outro recurso se torne limitante a planta (POFFENBARGER et al., 2018).

Na análise entre os índices de eficiência de uso do nitrogênio das culturas, percebe-se nitidamente que na eficiência agrônômica o milho foi a cultura que apresentou o maior índice de biomassa (EAN), pelo seu alto aporte de MS em relação ao controle. Enquanto o capim Sudão mostrou ser a cultura com o maior índice de captação de N (RAN), devido ao seu alto incremento de N acumulado na MS. Esses resultados apesar de divergentes entre si, demonstram claramente que altas doses de composto de tabaco resultam em baixos índices de eficiência do nitrogênio, sendo esse um indicativo de possíveis perdas de N do solo, devido ao maior aporte de N não absorvido pela cultura. Enquanto que em baixas doses, apresenta uma alta eficiência, porém, tem-se uma perda significativa na produção vegetal. No entanto, são necessários mais estudos tanto sobre a dinâmica e a permanência do N no solo quanto a sua relação com as perdas para a elucidação e melhor compreensão acerca dos processos de sorção e perdas de N no solo. Nesse sentido, Nyiraneza et al. (2010) indicaram que possivelmente os macroagregados do solo sejam sumidouros preferenciais de N sob formas não estáveis, tornando o nitrogênio vulnerável à perda ambiental.

2.4 CONCLUSÕES

A aplicação do composto de tabaco em superfície produz maior quantidade de matéria seca e acúmulo de N no capim Sudão e no milho, comparado ao modo incorporado.

Quanto maior a dose de composto de tabaco aplicado ao solo maior é a produção de MS e acúmulo de N para o capim Sudão, milho e soja.

A adubação inorgânica proporcionou resultado semelhante a dose intermediária de composto de tabaco aplicada (15,5 Mg ha⁻¹ do composto de tabaco para o capim Sudão, 13,5

Mg ha⁻¹ para o milho e 4,9 Mg ha⁻¹ para a soja), indicando que a taxa de mineralização do N estimada em 12% foi adequada.

Embora a maior dose do composto apresente efeito positivo sobre a MS e o N acumulado na planta, a EAN e a RAN foram inversamente proporcionais à taxa de aplicação do composto de tabaco.

2.5 REFERÊNCIAS

ABBOTT, L.K. et al. Potential roles of biological amendments for profitable grain production—A review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 256, p. 34-50, 2018.

ADEDIRAN, J.A. et al. Organic waste materials for soil fertility improvement in the border region of the Eastern Cape, South Africa. **Biological Agriculture and Horticulture**, v. 20, p. 283-300, 2003.

ADEDIRAN, J.A. et al. Changes in chemical properties and temperature during the composting of tobacco waste with other organic materials, and effects of resulting composts on lettuce (*Lactuca sativa* L.) and spinach (*Spinacea oleracea* L.). **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 22, p. 101-119, 2004.

AGUILERA, E. et al. The potential of organic fertilizers and water management to reduce N₂O emissions in Mediterranean climate cropping systems. A review. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 164, p. 32-52, 2013.

ANTONELLI, P.M. et al. Long term carbon sequestration potential of biosolids-amended copper and molybdenum mine tailings following mine site reclamation. **Ecological Engineering**, v. 117, p. 38-49, 2018.

ASSES, N. et al. Large scale composting of poultry slaughterhouse processing waste: Microbial removal and agricultural biofertilizer application. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 124, p. 128-136, 2019.

BHATTACHARYA, A. **Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants**. Academic Press, 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em: 10 mar. 2021.

CASTRO, C.S. et al. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 4, p. 48-54, 2016.

- CELESTINA, C. et al. Crop yield responses to surface and subsoil applications of poultry litter and inorganic fertiliser in south-eastern Australia. **Crop and Pasture Science**, v. 69, n. 3, p. 303-316, 2018.
- CELESTINA, C. et al. Attribution of crop yield responses to application of organic amendments: A critical review. **Soil & Tillage Research**, v. 186, p. 135-154, 2019.
- CHEN, X. et al. Producing more grain with lower environmental costs. **Nature**, v. 514, n. 7523, p. 486-489, 2014.
- COSTA, B. **Adequação do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de uma empresa multinacional beneficiadora de tabaco a política nacional conforme lei 12.305/2010 com base nos pressupostos de auditoria**. 2012. 166 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, SC, 2012.
- COPPENS, F. et al. Impacto of crop residue location on carbono and nitrogen distribution in soil and inwater-stable aggregates. **European Journal of Soil Science**. v. 57, p. 570-582, 2006.
- CQFS-RS/SC - Comissão de Química E Fertilidade Do Solo – RS/SC. **Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11^a ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo regional Sul. 376 p., 2016.
- CRASWELL, E.T.; GODWIN, D.G. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals grown in different climates. In: Tinker PB, Lauchil A (eds) **Adv Plant Nutr**, v.1, p. 1-56, 1984.
- DUNJANA, N. et al. Nutrient uptake, yield and taste of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and soil chemical properties following amendment with uncomposted and composted tobacco waste and cattle manure. **South African Journal of Science**, v. 116, n. 9-10, p. 1-9, 2020.
- EJIGU, W. et al. Integrated fertilizer application improves soil properties and maize (*Zea mays* L.) yield on Nitisols in Northwestern Ethiopia. **Heliyon**, v. 7, n. 2, p. e06074, 2021.
- FEBRES, T.M. **Classificação climática segundo Köppen e Thornthwaite e caracterização edafoclimática referente à região de Santa Maria, RS**. 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado emAgronomia) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2009.
- FENG, N. et al. Improving yield and quality of vegetable grown in PAEs-contaminated soils by using novel bioorganic fertilizer. **Science of the Total Environment**, v. 739, p. 139883, 2020.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GARDNER, J.B.; DRINKWATER, L.E. The fate of nitrogen in grain cropping systems: a meta-analysis of ¹⁵N field experiments, **Ecological Applications**, v. 19, n. 8, p. 2167-2184, 2009.

GARRIDO, M.S. et al. Accumulation and apparent recovery of N, P and K after the incorporation of gliricidia and manure in intercropping during the cultivation of corn–cowpea–cotton. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 107, n. 2, p. 187-196, 2017.

GILL, J.S. et al. Deep placement of organic amendments in dense sodic subsoil increases summer fallow efficiency and the use of deep soil water by crops. **Plant and Soil**, v. 359, n. 1, p. 57-69, 2012.

GÓMEZ-MUÑOZ, B.; MAGID, J.; JENSEN, L.S. Nitrogen turnover, crop use efficiency and soil fertility in a long-term field experiment amended with different qualities of urban and agricultural waste. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 240, p. 300-313, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

JESUS, K.N. et al. Maize and sunflower yields and soil changes after five years of organic fertilization in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. **Arid Land Research and Management**, v. 34, n. 4, p. 460-473, 2020.

KHAN, A. et al. Efficiency of dry matter and nitrogen accumulation and redistribution in wheat as affected by tillage and nitrogen management. **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 5, p. 723-737, 2014.

KIBOI, M.N. et al. Soil fertility inputs and tillage influence on maize crop performance and soil water content in the Central Highlands of Kenya. **Agricultural Water Management**, v. 217, p. 316-331, 2019.

LI, J. et al. Legacies of native climate regime govern responses of boreal soil microbes to litter stoichiometry and temperature. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 66, p. 204-213, 2013.

LI, S.; CHEN, G. Contemporary strategies for enhancing nitrogen retention and mitigating nitrous oxide emission in agricultural soils: present and future. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, n. 4, p. 2703-2741, 2020.

LIU, J. et al. Subsurface application enhances benefits of manure redistribution. **Agricultural & Environmental Letters**, v. 1, n. 1, p. 150003, 2016.

LOECKE, T.D.; CAMBARDELLA, C.A.; LIEBMAN, M. Synchrony of net nitrogen mineralization and maize nitrogen uptake following applications of composted and fresh swine manure in the Midwest US. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 93, n. 1, p. 65-74, 2012.

LUO, G. et al. Organic amendments increase crop yields by improving microbe-mediated soil functioning of agroecosystems: A meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 124, p. 105-115, 2018.

MA, Q. et al. Effects of fertilization on nutrient budget and nitrogen use efficiency of farmland soil under different precipitations in Northeastern China. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, n. 3, p. 315-327, 2010.

MARCOTE, I. et al. Influence of one or two successive annual applications of organic fertilisers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. **Bioresource Technology**, v. 79, p. 147-154, 2001.

NADERI, R.; EDALAT, M.; KAZEMEINI, S.A. Short-term responses of soil nutrients and corn yield to tillage and organic amendment. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 62, n. 4, p. 570-579, 2016.

NYIRANEZA, J. et al. Long-Term Manure Application and Forages Reduce Nitrogen Fertilizer Requirements of Silage Corn–Cereal Cropping Systems. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 1244-1251, 2010.

OKUR, N. et al. Organic Amendment Based on Tobacco Waste Compost and Farmyard Manure: Influence on soil biological properties and butter-head lettuce yield, **Turk J Agric For.**, v. 32, p. 91-99, 2008.

ORUOSKI, P. **Mineralização do carbono e do nitrogênio de resíduos da indústria fumageira no solo e fornecimento de nitrogênio ao capim Sudão**. 2019. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2019.

PENHA, H.G.V. et al. Nutrient accumulation and availability and crop yields following long-term application of pig slurry in a Brazilian Cerrado soil. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 101, n. 2, p. 259-269, 2015.

PINCUS, L. et al. On-farm trial assessing combined organic and mineral fertilizer amendments on vegetable yields in central Uganda. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 225, p. 62-71, 2016.

POFFENBARGER, H.J. et al. Legacy effects of long-term nitrogen fertilizer application on the fate of nitrogen fertilizer inputs in continuous maize. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 265, p. 544-555, 2018.

PRIMO, D.C. et al. Manejo racional de resíduos da cultura do fumo (*Nicotiana tabacum* L.) para obtenção de composto orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1275-1285, 2011.

ROCHA, I.T.M. et al. Uso de resíduos como fonte de nutrientes na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 6, 2013.

ROEHRS, D.D. **Tratamento de resíduos de tabaco por compostagem e vermicompostagem**. 2012. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2012.

SAMSOM, M.E. et al. Crop response to soil management practices is driven by interactions among practices, crop species and soil type. **Field Crops Research**, v. 243, p. 107623, 2019.

SÁNCHEZ, Ó.J.; OSPINA, D.A.; MONTOYA, S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. **Waste management**, v. 69, p. 136-153, 2017.

SANTOS, H.G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p, 2006.

SHAKEEL, S. Consideration of tobacco dust as organic amendment for soil: A soil & waste management strategy, **Earth Sciences**. v. 3, p.117-121, 2014.

SILESHI, G.W. et al. Nutrient use efficiency and crop yield response to the combined application of cattle manure and inorganic fertilizer in sub-Saharan Africa. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 113, n. 2, p. 181-199, 2019.

SILVEIRA, M.C.T. et al. Aspectos relativos à implantação e manejo de capim-sudão BRS Estribo. **Embrapa**. Comunicado Técnico 189. 2015.

SINDITABACO. Tabaco: relevância econômica e social. Relatório Institucional 2019. Santa Cruz do Sul, RS: Sindicato da Indústria do Tabaco da Região Sul do Brasil, 2019. 20 p. Disponível em: http://www.sinditabaco.com.br/site/wp-content/uploads/2019/02/07900_relat%C3%B3rio-institucional-2019-SindiTabaco-VERS%C3%83O-WEB-1.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.

SISTANI, K.R. et al. Nitrogen source and application method impact on corn yield and nutrient uptake. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 6, p. 878-889, 2017.

SOARES, T.M. et al. Soil nitrogen dynamics under tobacco with different fertilizer management in southern Brazil. **Geoderma Regional**, v. 21, p. e00282, 2020.

TEDESCO, M.J. et al. Land disposal potential of tobacco processing residues. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 236-241, 2011.

TITA, G.J. et al. Model assisted supercritical fluid extraction and fractionation of added-value products from tobacco scrap, **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 167, p. 105046, 2021.

WADT, P.G.S. et al. Faixas de Suficiência para Interpretação dos Teores de Nutrientes Foliareos em Pimenta-longa (*Piper hispidinervum*)—Primeira Aproximação. 2012.

WANG, L. et al. Effect of nicotine inhibition on anaerobic digestion and the co-digestion performance of tobacco stalks with different animal manures, **Process Safety and Environmental Protection**, v. 146, p. 377-382, 2021.

WIT, C.T. Resource Use Efficiency in Agriculture, **Agricultural Systems**, v. 40, p. 125-151, 1992.

ZAREABYANEH, H.; BAYATVARKESHI, M. Effects of slow-release fertilizers on nitrate leaching, its distribution in soil profile, N-use efficiency, and yield in potato crop. **Environmental earth sciences**, v. 74, n. 4, p. 3385-3393, 2015.

ZHUANG, M. et al. Effect of full substituting compound fertilizer with different organic manure on reactive nitrogen losses and crop productivity in intensive vegetable production system of China. **Journal of environmental management**, v. 243, p. 381-384, 2019.

3 ARTIGO 2 – EFEITO RESIDUAL DO COMPOSTO DE TABACO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM

RESUMO

A atividade fumageira é de suma importância para a economia brasileira. No entanto, ela é responsável pela produção de resíduos altamente tóxicos, mas que com auxílio de um tratamento prévio podem apresentar um potencial efeito fertilizante sobre as culturas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito residual do composto de pó de tabaco na produtividade de culturas produtoras de forragem e grãos. Foram avaliados a produção de matéria seca (MS) e o acúmulo de nitrogênio (N) nas culturas sob o efeito residual de uma ou duas fertilizações com diferentes doses do composto de tabaco e um tratamento mineral (NPK). O estudo foi conduzido na área experimental da UFSM, com 3 cultivos sequenciais (aveia, milho e aveia), onde testou-se sob delineamento bifatorial de blocos ao acaso, diferentes doses de composto (0%, 50%, 100% e 200%) e um tratamento adicional de NPK (parcela principal) associado ao histórico de uma ou duas aplicações de composto na área (área com uma aplicação versus área com duas aplicações). O composto de tabaco apresentou efeito residual sobre a matéria seca e o acúmulo de N nas culturas, sendo que duas aplicações de composto apresentaram um efeito residual mais expressivo, em relação a uma única aplicação. Quanto maior a dose de composto de tabaco aplicado ao solo, maior foi o efeito residual sobre a produção de MS e acúmulo de N para as culturas de aveia e milho. Houve efeito residual inclusive da adubação mineral, obtendo valores de produção de MS e acúmulo de N semelhantes a subdose do composto de tabaco (50%), nas culturas avaliadas. Esses resultados demonstram que o composto de tabaco possui um importante efeito residual, tornando-o uma fonte alternativa de fornecimento de nutrientes às culturas, dentre eles, o nitrogênio. No entanto, outros estudos devem ser realizados a fim de avaliar seu efeito residual a médio e longo prazo e o impacto sobre a disponibilidade de outros nutrientes.

Palavras chave: Fontes de adubação. Doses de composto. Histórico de aplicações.

3.1 INTRODUÇÃO

A região sul do Brasil possui a maior área plantada de tabaco, representando 98% da produção brasileira (SINDITABACO, 2019). Essa atividade é muito importante para a economia da região sul, pois garante produção e renda, além da geração de empregos e estabilidade social. No entanto, a atividade fumageira constitui uma atividade concentradora de resíduos orgânicos de alto potencial poluidor. Assim, em função do grande volume de resíduos produzidos, especialmente na região do Vale do Rio Pardo do Rio Grande do Sul, considerado o maior complexo de processamento de tabaco do mundo, tem sido dada ênfase a estudos de resíduos com potencial uso agrícola.

O uso de plantas é uma excelente ferramenta indicadora do estado nutricional e funcional do solo. Pois tal técnica permite predizer e determinar o estoque de macro e micronutrientes, além de elementos potencialmente tóxicos no solo (GARCIA, 2016). Dentre os macronutrientes, o nitrogênio é um importante nutriente demandado pelas culturas, devido a sua participação em inúmeros processos vitais à planta, além de ser um constituinte imprescindível de inúmeras moléculas (proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, entre outros) (LOBO, FILHO, KUMMER, 2014). Sobre as espécies vegetais, tem-se uma grande variedade de espécies indicadoras, dentre elas, destacam-se as de interesse comercial, tanto forrageiras quanto graníferas, como, aveia e milho (GARCIA, 2016).

A utilização de composto orgânico na agricultura tem sido uma alternativa de destinação ecologicamente correta, uma vez que pode promover a reciclagem de nutrientes e melhoria física e química do solo (JUNIO et al., 2012). No entanto, a liberação de nutrientes pode ter efeito imediato no solo de acordo com o grau de decomposição e mineralização dos resíduos, assim, como um efeito residual, por meio de um processo mais lento de decomposição (frações mais recalcitrantes) (SANTOS et al., 2011).

Nesse sentido, na literatura, já existem estudos que avaliaram o efeito imediato da aplicação de composto de tabaco (ADEDIRAN et al, 2004; OKUR et al, 2008; ORUOSKI, 2019). Porém, existe uma carência de estudos que avaliem o efeito residual do composto de tabaco. Tal conhecimento é imprescindível afim de permitir uma adubação mais adequada ao longo do tempo, evitando custos adicionais com aplicação excessiva de nutrientes e ao mesmo tempo, reduzir potenciais perdas dos mesmos no solo. Dessa forma, o presente estudo objetivou avaliar o efeito residual nitrogenado de uma ou duas aplicações do composto de tabaco sobre a produção de grãos e forragem numa sucessão de três cultivos (aveia/milho/aveia).

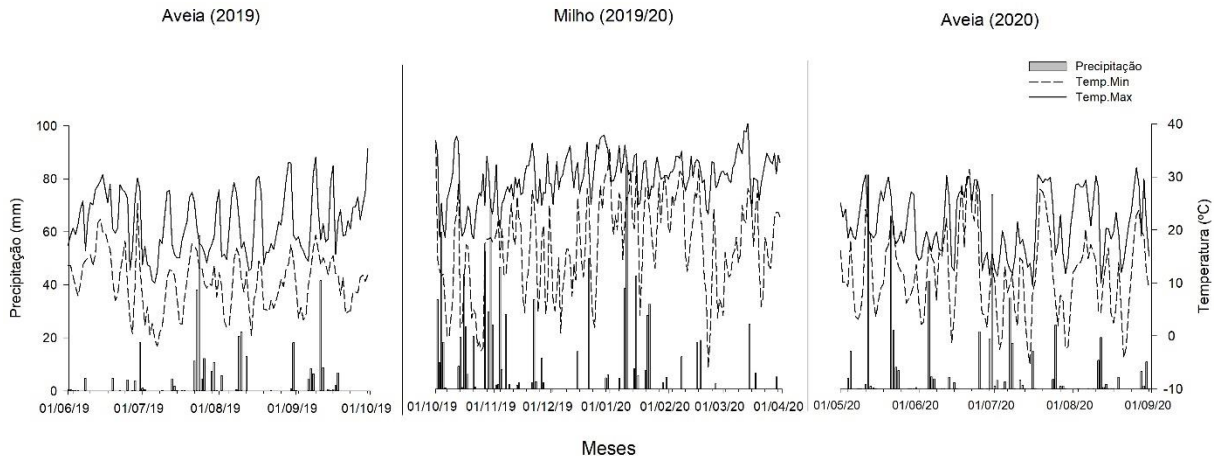
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

Neste estudo foi realizado um experimento envolvendo uma sequência de três cultivos, aveia/milho/aveia, todos conduzidos após o capim Sudão (Estudo I do Artigo 1). O estudo, como um todo, ocorreu no período de março de 2019 a agosto de 2020. Nesse período houve o cultivo de aveia, de 11 de junho até 26 de setembro de 2019, milho, de 25 de outubro de 2019 até 26 de março de 2020, e novamente de aveia, de 4 de maio até 21 de agosto de 2020.

O clima do local é subtropical úmido do tipo Cfga, segundo Köppen (FEBRES, 2009). Os dados climáticos do período experimental encontram-se na Figura 1 (INMET, 2021). Já o solo do local é classificado como Argissolo Vermelho Alumínico úmbrico (SANTOS, 2006), e suas características químicas são as mesmas apresentadas no estudo I (Tabela 1 do Artigo 1).

Figura 1 – Temperaturas máxima e mínima diárias do ar e precipitação pluviométrica durante a sequência dos cultivos de aveia/milho/aveia.



3.2.2 Delineamento experimental

Foi utilizado um delineamento de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com oito repetições. Os tratamentos na parcela principal foram as diferentes doses do composto de tabaco (0%, 50%, 100% e 200% da recomendação de N), adicionado de um tratamento mineral (NPK). Já os tratamentos nas subparcelas foram o efeito residual de uma aplicação (no capim Sudão) ou duas aplicações (no capim Sudão e aveia) de fertilizantes ao longo da sucessão capim Sudão,

aveia, milho e aveia. As subparcelas mediam 2×2 m. As doses foram calculadas conforme a taxa de mineralização do N proposta por Oruoski (2019) e pelas recomendações do Manual de Calagem e Adubação do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016) (Tabela 1). Aliado às doses do composto, foi adicionado um tratamento mineral (NPK) com a finalidade de avaliar a resposta produtiva do composto em relação a adubação mineral. Utilizou-se como culturas a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), da cultivar Embrapa 139 ('Neblina'), e o milho (*Zea mays* L.), da cultivar P3016 VYHR.

Tabela 1 – Caracterização do composto orgânico de tabaco e quantidades aplicadas no solo.

Caracterização	MS	Nitrogênio				
		N mineral	N orgânico	N disponível	N Total	
		----- kg Mg ⁻¹ -----				
Composto I	820,0	4,7	21,9	6,9	26,6	
Composto II	810,0	2,8	21,1	4,9	23,9	
Quantidade adicionada		----- kg Mg ⁻¹ -----				
2 aplicações	50%	13382,0	68,5	367,5	105,3	436,0
	100%	26764,0	137,0	735,0	210,6	872,0
	200%	53528,0	274,0	1470,0	421,2	1744,0
1 aplicação	50%	9020,0	51,7	240,9	75,9	292,6
	100%	18040,0	103,4	481,8	151,8	585,2
	200%	36080,0	206,8	963,6	303,6	1170,4

O espaçamento e densidade de semeadura, respectivamente, foi de 0,34 m e 60 kg ha⁻¹ de sementes viáveis para a aveia e de 0,50 m e 23,25 kg ha⁻¹ de sementes viáveis para o milho. O composto foi aplicado manualmente na superfície e incorporado ao solo com auxílio de grade de discos.

O tratamento NPK foi constituído de ureia (45% N), superfosfato triplo (45% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% K₂O). As fontes de P e K foram aplicadas juntamente com 25 kg N ha⁻¹ na linha de semeadura e o restante do N foi fracionado em 2 aplicações a lanço sob cobertura (CQFS, 2016).

3.2.3 Avaliações

Os teores totais de C e N do composto foram determinados em analisador elementar do tipo CHNS (Flash EA 1112, Thermo Finnigan, Milan, Italy), enquanto o N mineral (NH₄⁺ e NO₃⁻) foi determinado por colorimetria em analisador de fluxo contínuo (CFA, San Plus, Skalar,

Breda, Holanda), após extração com KCl 1M e filtração, e o N orgânico foi estimado pela diferença entre o N total e o N mineral. Já para a determinação de N mineral do solo foi realizada de acordo com a metodologia de Tedesco et al. (1995), sendo sua coleta realizada alguns dias antecedentes a semeadura do milho. A determinação da matéria seca do composto de tabaco foi realizada por gravimetria, após secagem em estufa à 65 °C.

A produção de matéria seca das plantas de aveia, foi realizada através de corte na altura de 0,2 m da superfície do solo. O corte foi realizado em pleno florescimento da cultura. A área útil de coleta da forrageira foi 4 seções de 1 m lineares, selecionadas aleatoriamente dentro da área útil da subparcela. Já a estimativa da produtividade de matéria seca do milho foi particionada em palha e grãos, sendo colhida em uma área de 12 m².

Para determinação da matéria seca, o material vegetal foi pesado, subamostrado e submetido à secagem em estufa a 65 °C até atingir massa constante. Em seguida, foram realizadas moagens do tecido vegetal seco (moinho forrageiro, de facas tipo 'Willey' e de bolas) e análise do teor de N total de uma amostra homogênea por combustão seca em analisador elementar. O N acumulado foi calculado em função do N total presente no tecido e na produção de matéria seca.

3.2.4 Análise estatística

As variáveis N acumulado e matéria seca foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e quando houve significância ($P < 0,05$), as diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD ($< 0,05$). Para as doses de composto realizou-se análise de regressão. Todos os dados foram analisados com auxílio do software estatístico SISVAR[®] (versão 5.6) (FERREIRA, 2011). O N mineral do solo foi correlacionado com o acúmulo de nitrogênio do milho e quantidade de N total aplicada ao solo.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Interação e significância entre fatores

Houve interação significativa entre o número de aplicações e as doses de composto e adubação mineral sobre a produção de matéria seca e acúmulo de N da parte aérea das plantas

de aveia (2019) e milho (2020). Além disso, houve efeito isolado significativo de ambos fatores independente da variável e da cultura analisada.

O efeito residual de duas aplicações do composto de tabaco apresentou um incremento significativo em relação ao residual de aplicação única, na ordem de 11,81% (9,28 versus 8,30 Mg ha⁻¹), 7,0% (5,07 versus 4,74 Mg ha⁻¹) e 11,8% (54,68 versus 48,92 Kg N ha⁻¹) (dados não apresentados) na MS de grãos do milho, na matéria seca e no acúmulo de N da aveia (2020), respectivamente. Outros estudos também relataram efeitos residuais positivos de diferentes fontes orgânicas sobre parâmetros produtivos de culturas (LOBO; FILHO; 2014; TABOLKA, 2016; SILVA, 2018). Enquanto em alguns outros estudos não se observaram efeito residual (NAKAO, 2015; BONELA et al., 2017).

3.3.2 Produção de matéria seca

O efeito residual da aplicação de diferentes doses de composto de pó de tabaco associado a uma segunda fertilização proporcionou um incremento na produção de matéria seca dos cultivos de aveia preta (2019 e 2020) e milho (Figura 2). Sobre a matéria seca do primeiro cultivo de aveia (2019), observou-se uma resposta positiva com o aumento das doses quando comparado ao controle, na ordem de 1,11, 2,01 e 2,24 Mg ha⁻¹ nas doses residuais (uma aplicação do composto no capim Sudão) de 50%, 100% e 200% do composto de tabaco, respectivamente, e de 0,94 Mg ha⁻¹ de MS com a adubação mineral (Figura 2A). No entanto, esta produtividade foi inferior em relação aos mesmos tratamentos reaplicados (segunda aplicação do composto), na ordem de 12,7%, 11,9%, 3,5% e 20,9% para as doses 50%, 100%, 200% e NPK, respectivamente.

Uma possível justificativa para o baixo acúmulo de MS da aveia na dose de 200% reaplicado (efeito imediato) em relação ao seu efeito residual é devido a aplicação excessiva de N, dentre outros nutrientes ao solo. Isto acarreta um aumento do *pool* orgânico (reservatório) de nutrientes do solo, levando ao enriquecimento (aumento da disponibilidade) do mesmo e isto se repercute em menor resposta da cultura a futuras adubações (ZHANG et al., 2012; BACCA, 2018). Já o elevado acúmulo de MS de aveia promovido pela adubação mineral (NPK) deve-se basicamente ao fato das fontes minerais estarem prontamente disponíveis no primeiro cultivo ao contrário das fontes orgânicas (GUTSER et al., 2005).

O milho também apresentou uma dinâmica similar a aveia (2019), tanto em relação as doses de composto e adubação mineral quanto ao histórico de fertilizações da área (uma aplicação *versus* duas aplicações do composto de tabaco). No entanto, percebeu-se que o milho

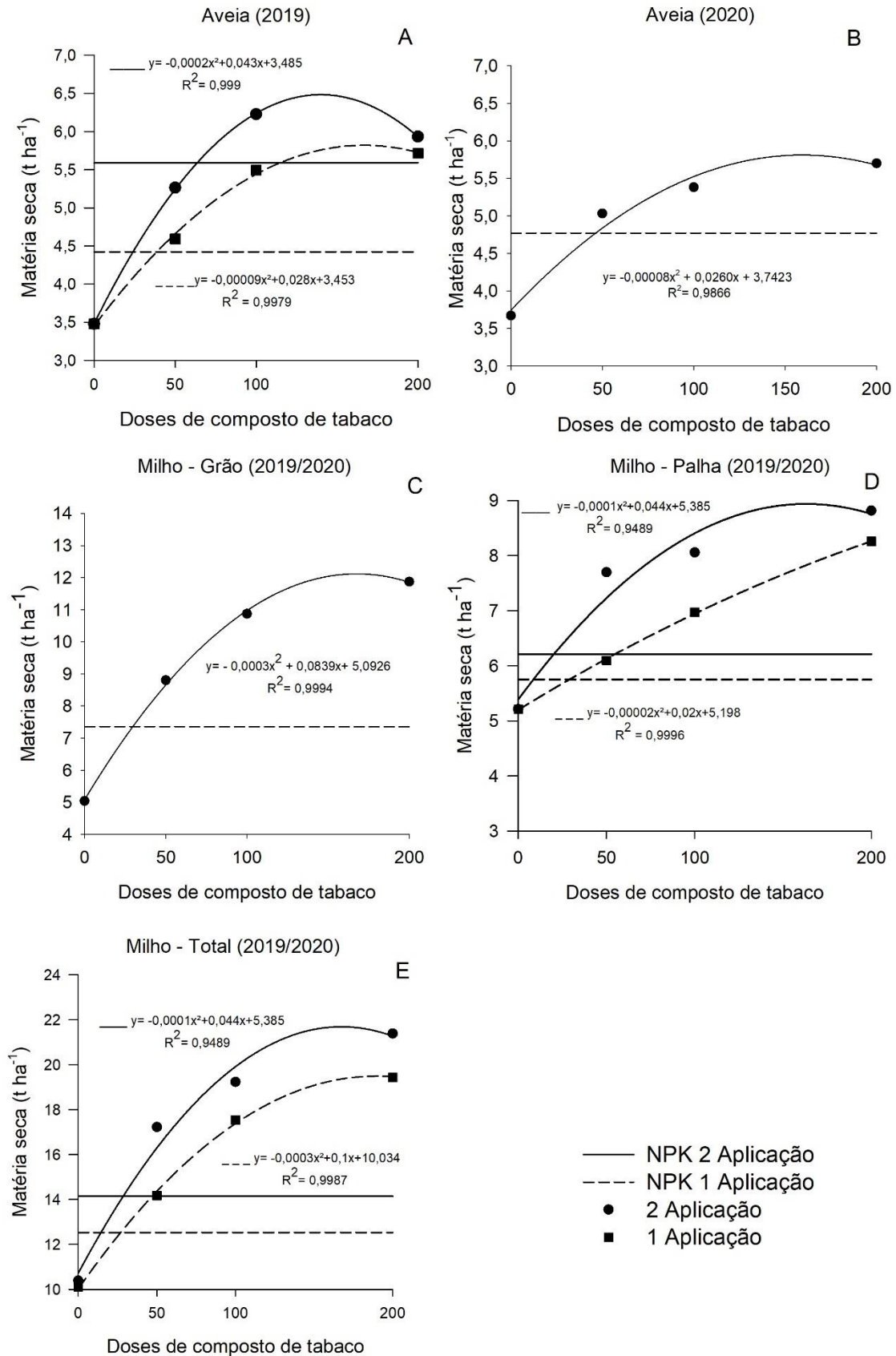
apresentou um elevado acréscimo da matéria seca total dos tratamentos em relação a aveia, obtendo variação de 2,42 e 3,76 a 9,33 e 10,99 Mg ha⁻¹ de MS após uma e duas aplicações de NPK e 200% do composto, respectivamente (Figura 2E). Essa maior produção de MS do milho, pode ser devido ao fato do mesmo ser cultivado no verão, estação esta caracterizada por apresentar temperaturas do ar (Figura 1) e do solo mais altas. Isto por sua vez, proporciona um aumento da atividade basal microbiana, o que repercute em maior mineralização da matéria orgânica e posterior disponibilidade de nutrientes às plantas (TREAT et al., 2016; HARTMANN et al., 2014).

A aveia (2020), também apresentou um desempenho semelhante dos tratamentos quanto a produção de MS total, apresentando de modo geral a seguinte ordem decrescente: 200% ≥ 100% ≥ 50% ≥ NPK ≥ Testemunha. Um aspecto interessante a ser destacado e que foi contrastante é a produção de MS total do milho, pois nesta cultura a dose de 200% foi significativamente superior aos demais tratamentos, enquanto que nos dois cultivos de aveia, a dose de 200% não diferiu da dose de 100% ($p < 0,01$) (dados não apresentados).

A produção de MS dos três cultivos apresentou uma tendência de função quadrática (Figura 2A, 2B, 2C, 2D e 2E). Tendência também observada em outros estudos onde avaliaram o efeito residual de lodo de esgoto (DELARIA et al., 2016; BACKES et al., 2017), esterco bovino (SILVA, 2018) e cama de aves (SANTINI et al., 2016; TABOLKA et al., 2016), entre outros materiais orgânicos. Sobre a dose de máxima produção de matéria seca estimada, observou-se nitidamente que a reaplicação (efeito imediato) de uma dose de 110% de composto de tabaco foi suficiente para a cultura da aveia atingir sua máxima produtividade. Enquanto para o efeito residual, independentemente da cultura e do número de aplicações, a dose que proporcionou produtividade máxima foi próxima a 165% do composto de tabaco.

Aliado a isso, observou-se que a média das doses de composto reaplicados (duas aplicações) gerou um incremento de 66,9%, 85,5% e 52,9% de MS em relação a testemunha no primeiro, segundo e terceiro cultivo, respectivamente. Além disso, observou-se que na média dos três cultivos, o efeito residual de uma aplicação representou 91,0% da MS produzida pela segunda aplicação, sendo superior ao encontrado por Junio et al. (2012), onde os autores verificaram efeito residual de 67,1% do lodo de esgoto sobre a cultura do milho. Esses dados são um forte indicativo de que o composto de tabaco apresenta elevado potencial fertilizante, contendo alto efeito residual sobre a produção de matéria seca de gramíneas cultivadas no verão e no inverno.

Figura 2 – Matéria seca dos cultivos de aveia e milho em função do efeito residual de diferentes doses de composto de tabaco e adubação mineral (NPK, linha tracejada) associado ao histórico de diferentes aplicações.



Ao comparar a MS total produzida pela adubação mineral em relação ao composto de tabaco (Figura 2), observou-se que no primeiro cultivo, a reaplicação de 76% do composto (2 aplicações) e uma dose residual de 31% da primeira aplicação foi suficiente para produzir a mesma quantidade de matéria seca dos tratamentos NPK reaplicado e residual, respectivamente. Nos demais cultivos, independente de uma ou duas aplicações, a dose de composto necessária para atingir a mesma resposta do tratamento mineral foi de 28% e 46% para o segundo e terceiro cultivo, respectivamente. Tais dados evidenciam o baixo efeito residual da adubação mineral de duas aplicações sobre uma, onde os valores variaram de 1,17 (33,62%), 1,34 (12,25%) e 0,21 (5,82%) Mg ha⁻¹ de MS total no primeiro, segundo e terceiro cultivo, respectivamente.

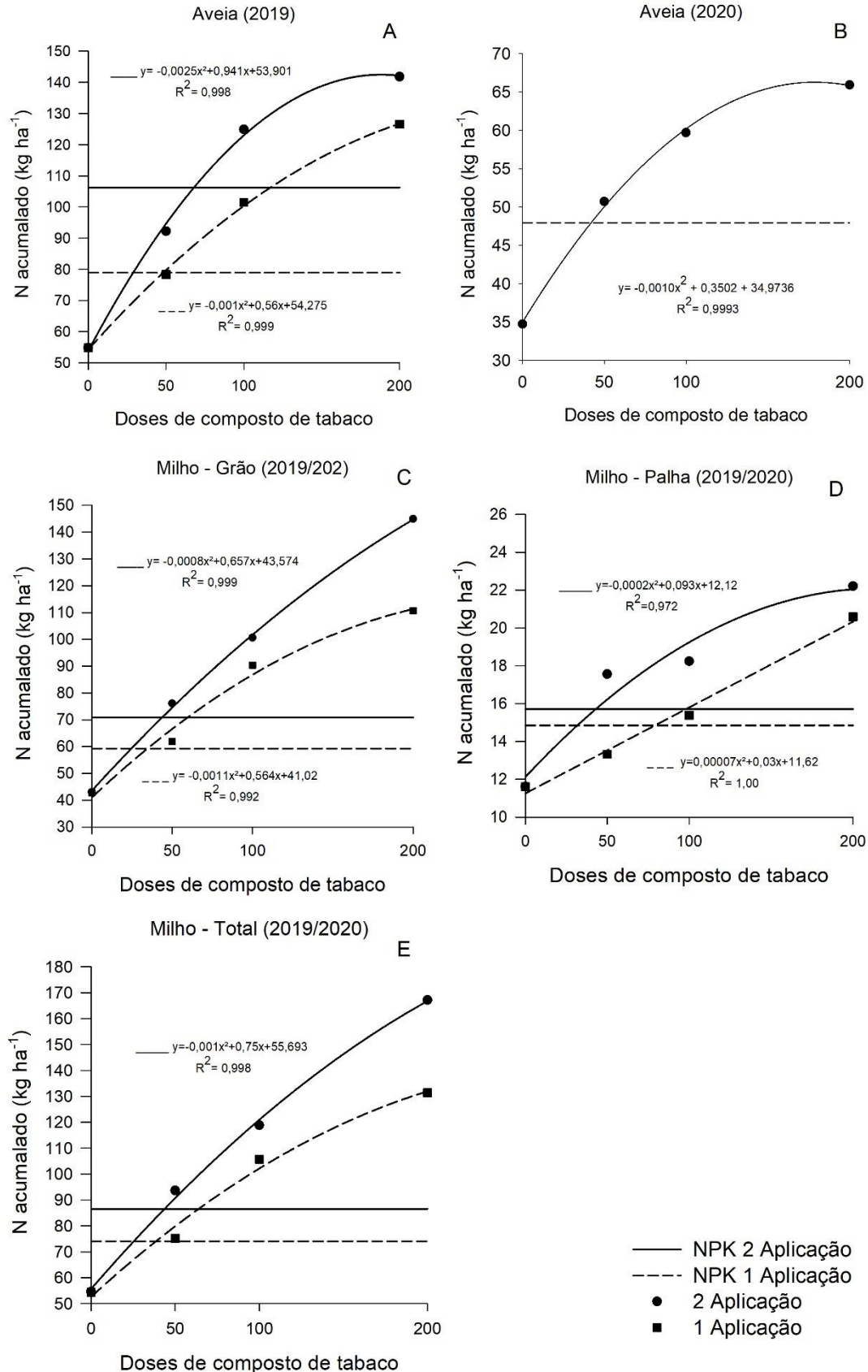
3.3.3 Acúmulo de nitrogênio nas culturas e N mineral no solo

O acúmulo de N na parte aérea nos dois cultivos de aveia, seguiu a mesma tendência da produção de matéria seca. Já para o milho observou-se que a resposta do efeito residual de duas aplicações de pó de tabaco no N acumulado no grão e na matéria seca total, apresentou uma regressão de segundo grau, com um comportamento semelhante a uma reta (Figura 3A, 3B, 3C, 3D e 3E). Isto se deve ao alto incremento de nitrogênio acumulado nos grãos na dose de 200% (144,95 kg N ha⁻¹) em relação a de 100% (100,60 kg N ha⁻¹) que foi na ordem de 44,1% (Tabela 3). Este alto incremento se repercutiu no N acumulado total (40,7%), devido o N acumulado nos grãos representar mais de 85% do N total acumulado.

O milho também apresentou o maior incremento de nitrogênio acumulado na parte aérea na média das três doses de composto de tabaco em relação ao controle, com 131,7% (71,93 kg N ha⁻¹) e 91,3% (49,67 kg N ha⁻¹) nos tratamentos de duas e uma aplicações residuais, respectivamente (Figura 3E). Em contrapartida, o primeiro cultivo de aveia apresentou o maior acúmulo de N, com 93,8% (51,44 kg N ha⁻¹) e 44,0% (24,11 kg N ha⁻¹) de duas e uma aplicações do tratamento mineral (NPK) (Figura 3A).

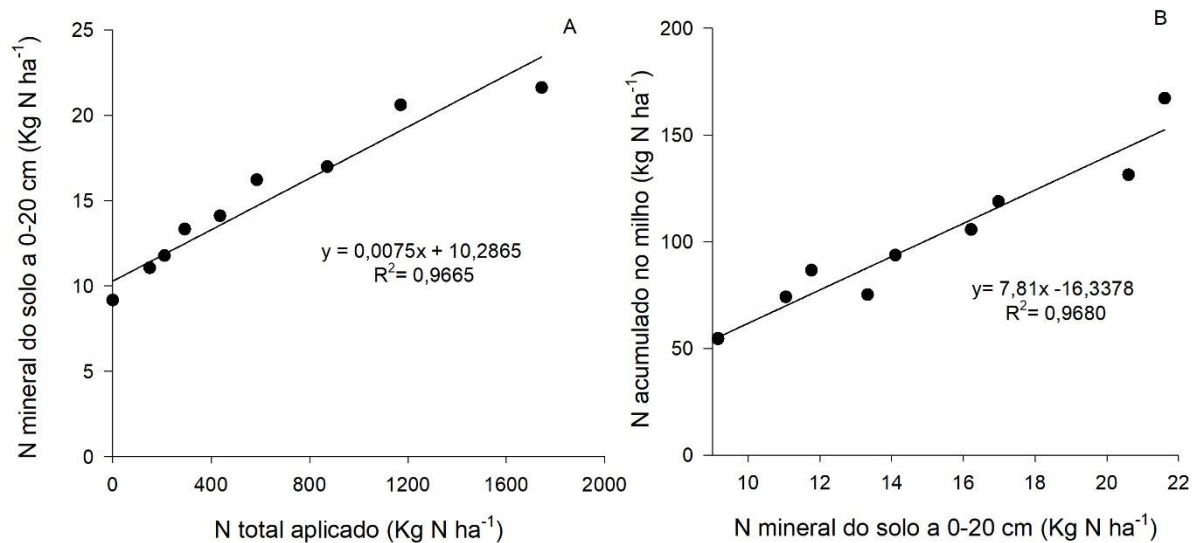
Referente as doses, notou-se que a dose de 200% foi significativamente superior aos demais, seguidos de 100%, NPK, 50% e Testemunha para o primeiro cultivo, de aveia, e de 100%, 50%, NPK e Testemunha para os demais cultivos (dados não apresentados). Além disso, ao comparar os experimentos com aveia observou-se que o terceiro cultivo, de aveia preta, apresentou um baixo acúmulo de nitrogênio, que representou em média, 55,3% do N acumulado pelo primeiro cultivo de aveia.

Figura 3 – Nitrogênio acumulado dos cultivos de aveia e milho em função do efeito residual de diferentes doses de composto de tabaco e adubação mineral (NPK, linha tracejada) associado ao histórico de diferentes aplicações.



Uma hipótese a esse maior acúmulo de nitrogênio no milho é devido a cultura ser altamente responsiva a aplicações nitrogenadas. Nakao (2015) e Biscaro et al. (2011) complementam que ao avaliarem o efeito da aplicação de nitrogênio sobre as características agrônomicas do milho, observaram que a disponibilidade de N no solo apresenta um efeito direto sobre a produção de grãos, pois afeta a massa de mil grãos, componente produtivo este não avaliado neste estudo. Além disso, também se observou uma forte correlação entre o histórico de aplicações nitrogenadas na área com o N mineral presente no momento da semeadura do milho (Figura 4A). Pires et al. (2015) também observaram uma correlação positiva entre o teor de N inorgânico no solo e as doses de lodo de esgoto.

Figura 4 – Correlações entre o nitrogênio aplicado no solo e N mineral do solo na camada de 0 a 20 cm (A) e entre o N mineral do solo (0-20 cm) e o nitrogênio acumulado pelo milho (B).



A correlação positiva entre a quantidade de nitrogênio aplicado e o N presente no solo já era esperada, devido a fonte orgânica ter passado pelo processo de compostagem via fermentação em estado sólido, onde observa-se de modo geral que o composto é caracterizado por ter baixo teor de N mineral aliado a substâncias organicamente estáveis, isso acarreta em uma baixa disponibilidade a curto prazo (GARCIA, 2016; GUTSER, 2005). No entanto, ao relacionar o acúmulo de N do milho com o teor de nitrogênio mineral no solo (Figura 4B), observou-se uma correlação positiva, demonstrando que o composto proporcionou uma liberação gradativa e de forma sincronizada de nitrogênio dentre outros nutrientes. Informação

esta comprovada pelo incremento médio de 69,28% das três doses de composto em relação a testemunha.

Dessa forma, percebe-se a grande potencialidade do composto de tabaco em suprir a demanda nutricional das plantas, proporcionando elevado acúmulo de nitrogênio e matéria seca a curto prazo (2 anos). No entanto, mais estudos devem ser executados a fim de avaliar seu potencial fertilizante a médio e longo prazos, assim como a sua possível influência sobre parâmetros físico-químicos e biológicos do solo.

3.4 CONCLUSÕES

O composto de tabaco apresenta efeito residual significativo sobre a matéria seca e o acúmulo de nitrogênio nos três cultivos subsequentes avaliados.

Duas aplicações de composto proporcionaram maior efeito residual na matéria seca e no acúmulo de nitrogênio na aveia e no milho, em relação a uma única aplicação.

Quanto maior a dose do composto de tabaco aplicado ao solo, maior foi o efeito residual sobre a produção de MS e o acúmulo de N para as culturas de aveia e milho.

O efeito residual da adubação mineral proporcionou aumento na matéria seca e no acúmulo de N, para aveia e milho, semelhante a subdose do composto (50%).

3.5 REFERÊNCIAS

ADEDIRAN, J.A. et al. Changes in chemical properties and temperature during the composting of tobacco waste with other organic materials, and effects of resulting composts on lettuce (*Lactuca sativa* L.) and spinach (*Spinacea oleracea* L.). **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 22, p. 101-119, 2004.

BACCA, A. **Dejetos de animais como fertilizante em longo prazo: impacto nas emissões de óxido nitroso e na produtividade das culturas**. 2018. 93 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2018.

BACKES, C. et al. Efeito residual do lodo de esgoto e de manejos mecanizados na produção de tapetes e na extração de nutrientes pela grama esmeralda, **Revista Espacios**, v. 38, n. 14, 2017.

BISCARO, G.A. et al. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 10-19, 2011.

BONELA, G.D. et al. Produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes residuais de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 7, n. 2, p. 66-74, 2017.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química E Fertilidade Do Solo – RS/SC. **Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11^a ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo regional Sul. 376 p., 2016.

DELARICA, D.L.D. **Carbono, nitrogênio e fósforo em latossolo após aplicação de lodo de esgoto por dezoito anos consecutivos**. 2016. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP, 2016.

FEBRES, T.M. **Classificação climática segundo Köppen e Thornthwaite e caracterização edafoclimática referente à região de Santa Maria, RS**. 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2009.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GARCIA, G.F. **Atributos químicos e crescimento de plantas em solos com aplicação de resíduos urbanos**. 2016. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2016.

GUTSER, R. et al. Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. **Journal Plant Nutrition of Soil Science**, v. 168, p. 439-446, 2005.

HARTMANN, T. et al. Nitrogen dynamics, apparent mineralization and balance calculations in a maize – wheat double cropping system of the North China Plain. **Field Crops Research**, v. 160, p. 22-30, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

JUNIO, G.R.Z. et al. Produção de milho adubado residualmente com composto de lodo de esgoto e fosfato de Gafsa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1289-1297, 2012.

LOBO, T.F.; FILHO, H.G.; KUMMER, A.C.B. Aplicações sucessivas de lodo de esgoto no girassol e efeito residual no trigo e triticales. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 881-886, 2014.

NAKAO, A.H. **Composto orgânico de agroindústrias na produção de feijão “de inverno” e milho no sistema plantio direto**. 2015. 63 p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, SP, 2015.

OKUR, N. et al. Organic Amendment Based on Tobacco Waste Compost and Farmyard Manure: Influence on soil biological properties and butter-head lettuce yield, **Turk J Agric For.**, v. 32, p. 91-99, 2008.

ORUOSKI, P. **Mineralização do carbono e do nitrogênio de resíduos da indústria fumageira no solo e fornecimento de nitrogênio ao capim Sudão**. 2019. 73 p. Dissertação

(Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2019.

PIRES, A.M.M. et al. Disponibilidade e mineralização do nitrogênio após aplicações sucessivas de lodo de esgoto no solo, estimadas por meio de incubação anaeróbica, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, p. 333-342, 2015.

SANTIANI, Leonardo et al. Efeito residual de fertilizantes orgânicos na fitomassa da aveia em sistema de integração lavoura e pecuária (iLP). In: **Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 11., 2016, Frederico Westphalen. Qualidade do solo & ambiente de produção:[anais]. Pelotas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2016. 3 p. Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas., 2016.

SANTOS, H.G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p, 2006.

SANTOS, M.R. et al. Produção de milho-verde em resposta ao efeito residual da adubação orgânica do quiabeiro em cultivo subsequente, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 77-83, 2011.

SILVA, M.S. **Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio**. 2018. 77 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP, 2018.

SINDITABACO. Tabaco: relevância econômica e social. Relatório Institucional 2019. Santa Cruz do Sul, RS: Sindicato da Indústria do Tabaco da Região Sul do Brasil, 2019. 20 p. Disponível em: http://www.sinditabaco.com.br/site/wp-content/uploads/2019/02/07900_relat%C3%B3rio-institucional-2019-SindiTabaco-VERS%C3%83O-WEB-1.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

TABOLKA, C.L. **Características químicas do solo e desempenho de culturas após quatro anos de aplicações de cama de aviário em diferentes épocas e níveis**. 2016. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR, 2016.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

TREAT, C.C. et al. Longer thaw seasons increase nitrogen availability for leaching during fall in tundra soils. **Environmental Research Letters**, v.11, p. 064013, 2016.

ZHANG, J.B. et al. 2012. Effects of long-term repeated mineral and organic fertilizer applications on soil nitrogen transformations. **European Journal of Soil Science**, v. 63, p. 75-85, 2012.

4 DISCUSSÃO GERAL

A adubação orgânica é uma importante ferramenta a agricultura mundial e vem se tornando cada vez mais utilizada por diversos motivos, dentre eles, é uma alternativa barata de fertilização frente ao elevado custo dos fertilizantes minerais, apresenta uma melhora da qualidade do solo, e conseqüentemente, permitindo produtividades elevadas em relação a adubação mineral. No entanto, devido à grande variabilidade nutricional de materiais orgânicos passíveis de ser empregado como adubo orgânico, se faz necessário, verificar seu potencial fertilizante às culturas, a fim de otimizar a sincronia entre a liberação de nutrientes do composto e a absorção dos mesmos pela planta, proporcionando dessa forma, uma economia mais sustentável.

Nesse contexto, esta pesquisa trouxe como novidade verificar se um composto (FertiLeaf) produzido através de um tratamento prévio de resíduos advindos das industriais fumageiras apresentam um potencial fertilizante adequado as culturas tanto forrageiras quanto graníferas. As hipóteses propostas dos estudos, foram todas comprovadas, exceto a primeira, a de que a incorporação do composto de pó de tabaco seria capaz de proporcionar uma maior produção de matéria seca e acúmulo de N, em relação a aplicação superficial. Fato não ocorrido, possivelmente por uma menor imobilização temporária do N aplicado via superfície.

Sobre os resultados dos dois estudos, observou-se nitidamente que o composto apresentou um efeito imediato semelhante ao tratamento mineral sobre o acúmulo de N e de matéria seca das culturas testadas, onde percebeu-se que as doses intermediárias de 50% e 100% de composto de tabaco aproximaram-se da resposta da adubação mineral. Fato não ocorrido quando se avaliou o efeito residual, pois enquanto o composto apresentou incrementos consistentes dos parâmetros mensurados, o tratamento NPK teve pouco efeito residual. Já era esperado que o NPK não apresentasse efeito residual semelhante ao composto. Isto porque NPK é prontamente disponível as plantas, fato evidenciado pelos elevados índices de eficiência do nitrogênio, diferentemente, do composto que apresentou baixos índices de eficiência.

Esses resultados além de elucidarem o potencial fertilizante do composto de pó de tabaco (FertiLeaf) às culturas a curto prazo, também evidenciou que é equivocado considerar a eficiência de um composto apenas pela sua eficiência de resposta imediata a cultura, visto que o composto apresenta um efeito residual considerável as culturas sucessoras. No entanto, outras perguntas continuam sem respostas, necessitando de estudos futuros, tais como: avaliar o efeito da aplicação do composto sobre as características físico-químicas do solo ao longo do tempo,

seu potencial fertilizante a médio e longo prazo, seu potencial contaminante aos corpos hídricos e a atmosfera, entre inúmeras outras questões.

5 CONCLUSÕES GERAIS

No estudo I, o composto de pó de tabaco aplicado superficialmente, produz mais matéria seca e acúmulo de N no capim Sudão e no milho, em relação a sua incorporação.

Quanto maior a dose de composto de pó de tabaco aplicado ao solo maior é o efeito imediato e residual sobre produção de MS e acúmulo de N para as culturas.

A adubação inorgânica proporciona resultado semelhante a dose intermediária de composto de pó de tabaco aplicada indicando que a taxa de mineralização do N estimada em 12% foi adequada.

Embora a maior dose do composto apresente efeito positivo sobre a MS e o N acumulado na planta, a EAN e a RAN foram inversamente proporcionais a taxa de aplicação do composto de tabaco.

O efeito residual da adubação mineral proporcionou aumento na matéria seca e no acúmulo de N, para aveia e milho, semelhante a subdose do composto (50%).