

**ÉLCIO BILIBIO BONFADA**

**PRODUTIVIDADE DE TIFTON 85 EM DIFERENTES DECLIVIDADES SOB  
APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Colpo Gatiboni  
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Cassol  
Coorientador: Prof. Dr. Andre Fischer Sbrissia

**LAGES, SC.  
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC

BONFADA, ÉLCIO BILIBIO  
PRODUTIVIDADE DE TIFTON 85 EM DIFERENTES  
DECLIVIDADES SOB APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE  
SUÍNOS / ÉLCIO BILIBIO BONFADA. - Lages , 2017.  
83 p.

Orientador: LUCIANO COLPO GATIBONI  
Co-orientador: PAULO CESAR CASSOL  
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Do Solo, Lages, 2017.

1. Dejetos. 2. Frações de fósforo. 3. Declividade.  
4. Tifton. I. GATIBONI, LUCIANO COLPO. II. CASSOL,  
PAULO CESAR. , .III. Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Do Solo. IV. Título.


**ÉLCIO BILIBIO BONFADA**

**PRODUTIVIDADE DE TIFTON 85 EM DIFERENTES DECLIVIDADES SOB  
APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS**

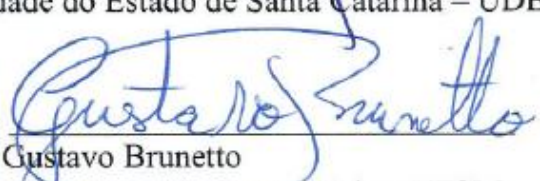
Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

**Banca Examinadora**


Orientador:

  
Prof. Dr. Luciano Colpo Gatiboni  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro:

  
Prof. Dr. Gustavo Brunetto  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Membro:

  
Dr. Djalma Eugênio Schmitt  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

**Lages (SC), 21 de fevereiro de 2017.**



À Minha Família, Dedico.



## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por todas as conquistas e a trajetória até a realização de mais um sonho, da concretização de mais uma etapa, de mais um objetivo, enfim, por tudo.

À Família, meus pais Edemilson Bonfada e Lenir Ana Bilibio Bonfada, aos irmãos Éverson (gêmeo), Lidiane e Érick Bilibio Bonfada, agradeço a cada dia por estarem ao meu lado, sempre e em tudo.

Ao irmão Éverson, Mano, em especial a ti agradeço por estar sempre ao meu lado em todos os momentos, desde quando nos conceberam a vida, este título também é seu, é nosso.

À Mariany Nunes Arruda, por ter me apoiado em todos os momentos, com dedicação e carinho.

Ao meu Orientador, Professor Luciano Colpo Gatiboni, por todos os ensinamentos, pela experiência acadêmica, técnica e profissional, pelo convívio e pela oportunidade do Mestrado e de tudo o que aprendi contigo. Professor Gatiboni, és um exemplo para mim.

Aos colegas do GEFOSC – Grupo de Estudos do Fósforo em Solos Catarinenses, Bolsistas, Voluntários, Mestrandos, Doutorandos e Pós-Doutorandos que estiveram no Grupo pelo período do meu Mestrado, em especial ao colega Gilmar Luiz Mumbach, pelo apoio e ajuda nos experimentos de campo e análises.

Ao Daniel João Dall’Orsoletta, pela amizade, ensinamentos e por ter me recebido em Lages na primeira vinda à cidade.

Aos colegas e amigos, em especial ao grande amigo Everson Kuhn Sbruzzi, pela oportunidade de ter trabalhado e convivido contigo, por tudo o que fez por mim, pelo admirável profissional que és, saiba que este trabalho também é mérito seu.

Aos amigos do Apartamento 12, Ivan Sutil, Dailon Prochnow, Marco Segalla, pelos momentos convividos.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, e aos demais laboratórios do departamento de Ciência do Solo.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Ao Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e a CAPES.

As demais instituições e colaboradores participantes do estudo.

Aos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.





## RESUMO

BONFADA, Élcio Bilibio. **PRODUTIVIDADE DE TIFTON 85 EM DIFERENTES DECLIVIDADES SOB APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS**. 2017. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo. Lages, 2017.

A produção de suínos é uma das principais atividades agropecuárias do Estado de Santa Catarina, mas tem como consequência a geração de grande quantidade de dejetos líquidos de suínos (DLS), que precisam de destinação adequada. Estes resíduos são utilizados como fertilizantes, principalmente em pastagens. Nas regiões de produção do estado os solos são declivosos, o que pode afetar negativamente o desempenho das pastagens. Além disso, a elevada quantidade de dejetos aplicada pode proporcionar um acúmulo de fósforo (P) em frações mais lábeis na camada superficial do solo, sendo passíveis de perdas devido as condições do relevo. O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da declividade do terreno e de diferentes doses de DLS no rendimento de Tifton 85, na exportação de nutrientes pela pastagem e na dinâmica de P no solo. Foram conduzidos dois experimentos a campo, sendo um em Rio do Sul (SC) em um solo com 22,5% de argila e outro em Campos Novos (SC) em um solo com 64,3% de argila. Nesses locais foram selecionadas áreas com diferentes declividades, sendo 15, 25 e 35% no primeiro local e 10, 20 e 30% no segundo local. Os experimentos foram cultivados com Tifton 85 em parcelas de 4,25 m<sup>2</sup>, dispostas em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. As doses totais de DLS aplicadas foram a 0, 99, 198 e 396 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, divididas em quatro aplicações. Em cinco épocas, foram avaliados altura de plantas, produtividade de massa seca e exportação de nutrientes pela parte aérea. Foi realizado o fracionamento químico do P em amostras de solo na camada de 0-10 cm, antes e após a aplicação dos dejetos. A aplicação de DLS incrementou o rendimento, o crescimento de plantas e a exportação de nutrientes pela pastagem de Tifton 85. O experimento em solo argiloso apresentou maior fertilidade natural do solo, com menor incremento de rendimento de forragem com o uso de DLS. Entretanto, o experimento instalado em solo arenoso apresentou menor fertilidade natural e maior incremento de rendimento de forragem com o uso de DLS. O desempenho da pastagem foi variável com a declividade, mas com comportamento distinto entre os dois locais estudados, carecendo ainda da continuidade da coleta de dados e avaliações complementares para estabelecer relações de causa-efeito para o comportamento observado. A aplicação de DLS incrementou principalmente as frações de P inorgânico mais lábeis do solo.

**Palavras-chave:** Dejetos. Frações de fósforo. Declividade. Tifton.



## ABSTRACT

BONFADA, Élcio Bilibio. **TIFTON 85 PRODUCTIVITY IN DIFFERENT SLOPES AND PIG SLURRY APPLICATION.** 2017. 83 p. Dissertation (Master in Soil Science) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo. Lages, 2017.

Pig production is one of the main agricultural activities in the State of Santa Catarina but it has as consequence a large production of pig slurry (PS), which needs adequate disposal. PS is used as fertilizer, mainly in pastures, but in the western region of Santa Catarina mostly of farms are located on steep slopes, which can negatively affect the performance of the pastures. In addition, the high amount of manure applied can provide an accumulation of phosphorus (P), in more labile fractions, especially in the topsoil layer, which is susceptible to run-off. This study aimed to evaluate the effects of soil slope and different PS rates on Tifton 85 yield, nutrient export by pasture and on the changes in soil phosphorus forms. Two experiments were conducted in the field, one in Rio do Sul (SC), in a soil with 22.5% clay and another in Campos Novos (SC), in a soil with 64.3% clay. In these sites, areas with different slopes were selected, being 15, 25 and 35% in the first site and 10, 20 and 30% in the second site. The experiments were cultivated with Tifton 85 in 4.25 m<sup>2</sup> plots, arranged in a randomized block design, with three replications. The total rate of PS applied was equivalent to 0, 99, 198 and 396 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, divided into four applications. In five times, plant height, dry mass yield, and nutrient export were evaluated. The chemical fractionation of phosphorus was carried out in soil samples at 0-10 cm depth, before and after PS application. PS increased yield, plant growth and nutrient export by Tifton 85. The experiment in clayed soil showed higher natural soil fertility, with a lower increase in yield by PS than Sandy soil. The performance of the pasture was variable with declivity, but with different behavior between the two sites studied, still lacking the continuity of data collection and complimentary evaluations to establish cause-effect relationships. PS application mainly increased phosphorus in labile inorganic fractions in the soil.

**Key-words:** Pig slurry. Soil phosphorus fractions. Slope. Tifton.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), para o período de Jan-Nov 2016, e médias históricas dos últimos 30 anos, Ituporanga (SC).....	33
Figura 2 –	Umidade relativa do ar (%) e precipitação total mensal (mm) para o período de Jan-Nov/2016, e médias históricas dos últimos 30 anos, Ituporanga (SC).....	33
Figura 3 –	Temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), para o período de Jan-Nov 2016, e médias históricas dos últimos 67 anos, Campos Novos (SC).....	35
Figura 4 –	Umidade relativa do ar (%) e precipitação total mensal (mm) para o período de Jan – Nov / 2016, e médias históricas dos últimos 67 anos, Campos Novos (SC).....	35
Figura 5 –	Caracterização química inicial das frações de P do solo na camada de 0-10 cm, Rio do Sul (SC).....	41
Figura 6 –	Caracterização química inicial das frações de P do solo na camada de 0-10 cm, Campos Novos (SC).....	41
Figura 7 –	Rendimento de massa seca (MS) de forragem de Tifton 85, submetida a cinco cortes, a = corte C1; b = corte C2; c = corte C3; d = corte C4; e = corte C5, em resposta as doses crescentes de DLS aplicadas, em ambos os locais.....	50
Figura 8 –	Altura de plantas de Tifton 85, submetida a cinco cortes, a = corte C1; b = corte C2; c = corte C3; d = corte C4; e = corte C5, em resposta as doses crescentes de DLS aplicadas, em ambos os locais.....	51
Figura 9 –	Produtividade acumulada da pastagem de Tifton 85 sob a aplicação de doses crescentes de DLS, submetida a cinco cortes, em ambos os experimentos.....	52
Figura 10 –	Altura média de plantas de Tifton 85 sob a aplicação de doses crescentes de DLS, submetida cinco cortes, em ambos os experimentos.....	53
Figura 11 –	Exportação total de nutrientes pela parte aérea da pastagem de Tifton 85, sob aplicação de doses crescentes de DLS, submetida a cinco cortes, no experimento I.....	54
Figura 12 –	Exportação total de nutrientes pela parte aérea da pastagem de Tifton 85, sob aplicação de doses crescentes de DLS, submetida a cinco cortes, no experimento II.....	55



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Caracterização química e física do solo, na camada de 0-10 cm, no experimento I, Rio do Sul (SC).....	34
Tabela 2 –	Caracterização química e física do solo, na profundidade de 0-10 cm, no experimento II, Campos Novos (SC).....	36
Tabela 3 –	Número de aplicações, datas e intervalo de aplicações de DLS nos experimentos .....	37
Tabela 4 –	Caracterização química (teores totais) e quantidades aplicadas do DLS (somatório das quatro aplicações) em ambos os experimentos avaliados.....	38
Tabela 5 –	Número de cortes realizados, datas, número de dias após a implantação e dias de crescimento da pastagem de Tifton 85, para ambos os experimentos.....	39
Tabela 6 –	Rendimento médio diário de massa seca de forragem de Tifton 85 em cinco cortes, em ambos os experimentos, submetidos a doses de DLS sob diferentes declividades.....	43
Tabela 7 –	Rendimento médio de massa seca (MS) e altura de plantas (AP) de Tifton 85 em função da declividade, em ambos os experimentos.....	44
Tabela 8 –	Rendimento total de MS de forragem, alturas de plantas média e exportação total de nutrientes pela parte aérea da pastagem de Tifton 85 em função das declividades, submetido a cinco cortes, no experimento I.....	45
Tabela 9 –	Rendimento total de MS de forragem, alturas de plantas média e exportação total de nutrientes pela parte aérea da pastagem de Tifton 85 em função das declividades, submetido a cinco cortes, no experimento II.....	46
Tabela 10 –	Frações de P do solo, em diferentes declividades, coletadas na camada de 0 - 10 cm, após as quatro aplicações de DLS no experimento I.....	56
Tabela 11 –	Frações de P do solo, em diferentes declividades, coletadas na camada de 0 - 10 cm, após as quatro aplicações de DLS no experimento II.....	56
Tabela 12 –	Acúmulo de frações de P no solo, em amostras coletadas na camada de 0 – 10 cm, após as quatro aplicações de doses crescentes de DLS, no experimento I.....	57
Tabela 13 –	Acúmulo de frações de P no solo, em amostras coletadas na camada de 0 – 10 cm, após as quatro aplicações de doses crescentes de DLS, no experimento II.....	58
Tabela 14 –	Balanco de P no solo ( $\Delta P$ = fracionamento final menos fracionamento inicial) para as declividades, em ambos os experimentos.....	59
Tabela 15 –	Balanco de P no solo ( $\Delta P$ = fracionamento final menos fracionamento inicial) de acordo com a aplicação de doses de DLS, para ambos os experimentos.....	60





## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1	HIPÓTESES.....	21
1.2	OBJETIVO.....	21
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1	UTILIZAÇÃO DE DLS EM PASTAGENS.....	23
2.2	USO DE DLS E ALTERAÇÕES DE P NO SOLO.....	27
2.3	INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE DO TERRENO.....	29
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS E TRATAMENTOS.....	32
3.2	COLETA DA PARTE AÉREA DO TIFTON E COLETA DO SOLO.....	38
3.3	ANÁLISE DE SOLO E TECIDO.....	39
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>42</b>
4.1	PRODUÇÃO DE MASSA SECA, ALTURA DE PLANTAS E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS DE TIFTON 85 EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE.....	43
4.2	PRODUÇÃO DE MASSA SECA, ALTURA DE PLANTAS E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS DE TIFTON 85, COM APLICAÇÃO DE DLS NO SOLO.....	47
4.3	ALTERAÇÕES NAS FRAÇÕES DE P NO SOLO EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE.....	55
4.4	ALTERAÇÕES NAS FRAÇÕES DE P NO SOLO SOB APLICAÇÃO DE DLS.....	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>72</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A produção de suínos é uma atividade de grande importância mundial, por ser uma fonte de proteína animal barata. A China detém a maior produção, ultrapassando os 50% do total global, e o Brasil é o quarto produtor, com 3,1% da produção, ainda atrás da União Europeia e dos Estados Unidos. Esses quatro maiores produtores somam 84,3% do total da produção de carne suína. Os principais consumidores são China, União Europeia, Estados Unidos, Rússia, Brasil e Japão. As exportações dos Estados Unidos, União Europeia, Canadá e Brasil totalizaram 90% da carne suína comercializada no mundo em 2015, sendo que o Brasil é o quarto maior exportador mundial (CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA, 2015).

Conforme síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2014/2015 (CEPA, 2015), no Brasil, a produção de suínos está concentrada nos três estados da região Sul, responsáveis por 59% da produção industrial brasileira de 2014. A Região Sul permanece com grande concentração do rebanho brasileiro, representando 49,3% do total. No que diz respeito a produção de carne suína, houve um crescimento de 32,4% entre 2004 e 2014. Santa Catarina é o principal produtor brasileiro de carne suína. Em 2014 o estado respondeu por 25% da produção brasileira industrial. A distribuição do rebanho estadual tem significativa concentração no Oeste Catarinense, com aumento da participação da Região Sul Catarinense. Ainda, 73% da atividade suinícola está concentrada na região Oeste e Sul do Estado (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2011). Aliado a essa grande produção de suínos no estado, destaca-se também a expressiva quantidade de resíduos orgânicos gerados, que, por sua vez, podem ser utilizados como fertilizantes orgânicos para fornecimento de nutrientes as plantas.

Além desses fatores, o estado caracteriza-se por apresentar pequenas unidades de produção agropecuária. De acordo com dados da síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2014/2015 (CEPA, 2015), baseado em informações do Censo Agropecuário do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE de 2006, o número de estabelecimentos agropecuários com <20 ha totalizava 125.801 unidades, sendo 69.390 com <10 ha, de um total de 193.663 unidades. Ainda, as pequenas propriedades rurais, principalmente no Oeste Catarinense, são concentradas em zonas de encosta, com solos declivosos e susceptíveis à erosão hídrica.

A destinação de resíduos animais, em especial de dejetos líquidos de suínos (DLS), é realizada principalmente em áreas de pastagens, embora também difundido o uso em culturas

anuais. Em 2006, a área dos estabelecimentos agropecuários por utilização das terras apresentou, dentre utilizações com lavoura, matas e florestas e outras utilizações, 1,7 milhões de ha com pastagens, de um total de 6,0 milhões de ha (CEPA, 2015). Adicionalmente, na região Oeste Catarinense, tem se difundido a atividade da bovinocultura de leite, a qual pode ser viabilizada em pequenas propriedades, desde que com produção intensa de forragem. Assim, não incomum é essa atividade ocorrer aliada à suinocultura na propriedade rural. Neste cenário, os dejetos de suínos têm como principal destino a adubação de pastagens. Contudo, em razão da pequena extensão de área nas propriedades suinícolas, sucessivas aplicações de DLS normalmente são realizadas na mesma área de cultivo, e em muitos casos sobre solos rasos e declivosos (CERETTA et al., 2010). A aplicação do DLS em áreas mais declivosas deve ser observada com cautela e, considerando-se que as maiores perdas estão relacionadas ao intervalo entre a aplicação do dejetos e o primeiro escoamento superficial, deve-se evitar a aplicação do dejetos quando há possibilidade eminente de chuva. É fundamental que exista em áreas onde é aplicado o DLS a preocupação com a implantação de plantas de cobertura de solo, visando sistemas de rotação de culturas capazes de produzir e manter resíduos vegetais na superfície, o que pode diminuir as perdas de nutrientes por escoamento superficial e, por consequência, o potencial poluente de DLS (CERETTA et al., 2005).

As aplicações periódicas e superficiais de altas doses de DLS, em sistemas de cultivos sem revolvimento do solo, aumentam as quantidades de nutrientes nas camadas superficiais (GIROTTTO et al., 2010) podendo parte dos nutrientes serem perdidos por escoamento superficial. As altas quantidades aplicadas e relevos acidentados (CERETTA et al., 2005) potencializando danos ao meio ambiente (GATIBONI et al., 2015)

A destinação de DLS em áreas de pastagens é uma prática habitual nas propriedades rurais, principalmente naquelas onde a suinocultura é presente, devido ao uso intensivo das áreas com a pastagem, grande parte para atividade da bovinocultura de leite. No entanto, as aplicações de dejetos em áreas com declividade acentuada podem levar à perda de fósforo (P) juntamente com o solo, pelos processos erosivos causados pela chuva. Ainda, o aumento da concentração de P nas camadas superficiais do solo, e conseqüentemente, o P em solução, pode potencializar as perdas por lixiviação (GATIBONI et al., 2015).

No estado, a aplicação de DLS no solo é regulamentada pela Instrução Normativa N°11, de outubro de 2014 da – FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FATMA, 2014) a qual considera o teor de P presente no solo, pelo limite crítico ambiental de fósforo (LCA-P), proposto por Gatiboni et al., (2014). Para Girotto et al., (2010) em áreas submetidas a aplicações sucessivas de DLS em sistema plantio direto as maiores

perdas de P ocorrem por escoamento superficial. O conhecimento das frações de acumulação de P em solos que receberam sucessivas aplicações de DLS é essencial para conhecer o seu real potencial de contaminação. Isso poderá ser considerado na elaboração de estratégias adequadas para o uso de dejetos em sistemas de cultivo (CERETTA et al., 2010).

Essas perdas decorrentes das diferentes declividades, aliadas a solos com textura mais arenosa, podem acarretar em menor rendimento de forragem de culturas, especialmente as pastagens, onde esse resíduo é largamente utilizado. Sucessivas aplicações aumentam o acúmulo de P em frações predominantemente lábeis no solo, e representam risco potencial de contaminação de águas superficiais e subsuperficiais.

Nesse sentido, este estudo busca incrementar a compreensão do efeito da declividade do terreno na produção de pastagem onde a aplicação superficial de DLS como fertilizante orgânico é utilizada habitualmente. Assim, esse estudo teve a proposta de avaliar o rendimento da pastagem de Tifton 85 sob adubação com DLS em função da declividade do terreno em solos de textura contrastantes, a absorção de nutrientes do solo (exportação de nutrientes na massa seca) e as alterações na disponibilidade de P no solo com diferença no gradiente textural, com o intuito de contribuir para o manejo adequado dos resíduos animais mantendo a sustentabilidade do sistema de produção agropecuário.

## 1.1 HIPÓTESES

Há aumento no rendimento de forragem, na absorção de P pelas plantas e na exportação de nutrientes com o aumento das doses de DLS aplicadas. O P excedente é acumulado no solo em frações de maior labilidade, principalmente em solos de textura arenosa. O aumento da declividade afeta negativamente o rendimento de forragem e o acúmulo de P no solo.

## 1.2 OBJETIVO

O presente estudo objetivou avaliar o rendimento, a exportação de nutrientes pelo Tifton 85 e as alterações nas frações de P em solos com texturas contrastantes, submetidos a aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos e de diferentes declividades.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- Avaliar o rendimento de massa seca de Tifton 85 de acordo com as doses de DLS aplicadas;
- Avaliar a altura de plantas a cada corte realizado;
- Avaliar o teor de nutrientes na parte aérea das plantas de Tifton 85;
- Avaliar a exportação de nutrientes pela massa seca da parte aérea das plantas de Tifton 85;
- Avaliar as alterações na disponibilidade de P, em solos com teor de argila contrastante, sob aplicação de DLS.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 UTILIZAÇÃO DE DLS EM PASTAGENS

A aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) como fertilizante nos cultivos agrícolas é uma prática válida no aumento da produção de culturas anuais e pastagens (BASSO et al., 2005; GUARDINI et al., 2012; SCHEFFER-BASSO et al., 2008; VIELMO et al., 2011), devido ao acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo (CERETTA et al., 2010; GIROTTO et al., 2010; GUARDINI et al., 2012) e aumento da disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas e microrganismos (AZEVEDO et al., 2004; NOVAIS et al., 2007). Para Diesel et al., (2002), como os sistemas intensivos de criação de suínos confinados originam grandes quantidades de dejetos (cada suíno produz em média 7-8 litros de dejetos líquidos dia<sup>-1</sup> ou 0,21 – 0,24 m<sup>3</sup> de dejetos por mês), estes são destinados, dentre as alternativas possíveis, como fertilizante, alternativa de maior receptividade pelos agricultores. O DLS é uma das principais fontes de adubos orgânicos disponíveis, promovendo a melhoria da fertilidade do solo e ainda o aumento do rendimento das culturas, com eficiência de liberação de 80% para o nitrogênio (N), 90% para fósforo (P) e 100% para potássio (K) (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2016).

As pastagens desempenham papel fundamental na pecuária brasileira, garantindo baixos custos na produção de carne e leite (DIAS-FILHO, 2014), fonte de alimento de grande parte dos bovinos criados em sistemas de pecuária de leite e de corte (PACIULLO et al., 2005), sendo que, dentre as gramíneas perenes, o gênero *Cynodon* sp. tem destaque. O gênero *Cynodon* sp. compreende gramíneas perenes de verão (estação quente) e ainda alguns híbridos, entre os quais o mais popular leva o nome de Tifton por ter sido desenvolvido na “Geórgia Coastal Plain Experiment Station”, localizada no município de Tifton, estado da Geórgia, EUA (FONTANELI et al., 2009). Tifton 85 é um híbrido entre uma grama bermuda (*Cynodon dactylon*) e uma grama estrela (*Cynodon nlemfuensis*) (CHAMBLISS et al., 1999).

Híbridos melhorados de bermuda e estrela têm como características principais a utilização em pastejo e para produção de forragem, sendo altamente responsivos à fertilização nitrogenada (CHAMBLISS et al., 1999; FONTANELI et al., 2009), o que reflete a alta exigência do capim-tifton 85 por este nutriente (RIBEIRO; PEREIRA, 2011), com elevado potencial de rendimento e usualmente curam (secam) mais rápido do que outras forrageiras que poderiam ser usadas para feno (CHAMBLISS et al., 1999; FONTANELI et al., 2009). Também são destinadas à produção de forragem e ao pastejo dos bovinos de leite, que respondem a

qualidade do pasto, pelo ganho de peso vivo e produção de leite (CARVALHO et al., 2000). O crescimento da pastagem é o principal determinante da produção de matéria seca (PINTO et al., 2001), e ainda influencia a absorção total de P pela pastagem (GILLINGHAM et al., 1980). Para tal, fatores importantes como a temperatura, a disponibilidade de água, a fertilidade do solo e a quantidade de radiação solar são os que determinam a quantidade e o valor nutritivo da forragem produzida (FONTANELI et al., 2009). Espécies do gênero *Cynodon* são exigentes em fertilidade (COLUSSI et al., 2009; SCHEFFER-BASSO et al., 2008), principalmente em sistemas de produção intensivos, portanto, necessitam de uma correspondente reposição para a manutenção de níveis elevados de produção (COLUSSI et al., 2009). Assim, os dejetos podem ser utilizados como fertilizantes orgânicos às plantas, sobretudo para as pastagens de tifton, pois normalmente apresentam elevada concentração de nutrientes como N, P e K. Conforme Viello et al., (2011), o uso de dejetos de suínos influenciam positivamente a capacidade de suporte da pastagem na medida em que aumentam a produção de MS por hectare, o que o torna uma opção de fonte de nutrientes para ser usado em pastagens.

Para Carvalho et al., (2000), o acúmulo de MS da pastagem de Tifton 85 tem variação conforme a estação do ano, sendo que durante o verão ocorrem as maiores taxas de acúmulo de forragem, apresentando uma média de 97 kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, seguidas por aquelas observadas durante a primavera (média de 62 kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e final do inverno (média de 28 kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). Em estudos utilizando adubação nitrogenada na pastagem de Tifton 85, Ribeiro; Pereira (2011), observaram que a produtividade de MS da planta inteira variou de 5.751 a 20.466, de 8.138 a 22.852 e de 10.525 a 25.239 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS, em plantas adubadas com 0 a 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N e colhidas em intervalos de 28, 42 e 56 dias, respectivamente. Ainda, segundo os autores, a produtividade de MS do capim-tifton 85 obteve incremento linear até a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>, com eficiência de resposta de 36,8 kg de MS por kg de N.

A produtividade continuada das pastagens depende de muitos fatores, especialmente da fertilidade do solo (FONTANELI et al., 2009), além do clima, das chuvas, combinados com as características de solo, histórico de fertilizantes e da topografia, fatores que fornecem um potencial de produção e composição de forragem (MURRAY et al., 2007). Conforme Raghothama (1999), o crescimento das plantas, o seu metabolismo e os efeitos na produção, são significativamente afetados pelo P, que é um dos nutrientes inorgânicos importantes devido seu requerimento pelas plantas. Como a maioria dos solos do Sul do Brasil apresenta baixa fertilidade, a utilização de adubos comerciais para suprir a demanda de nutrientes para os cultivos acaba elevando estes custos. Quando disponível, o uso de fertilizantes orgânicos, como os dejetos, é uma alternativa aos adubos comerciais, por estar em excesso nas regiões produtoras



de animais e o solo ser a alternativa de destino dos resíduos, tornando-se uma fonte de nutrientes atrativa pelo seu menor custo. Assim, os resíduos suínos podem ser utilizados como fertilizantes agrícolas, mas grandes quantidades podem acumular excesso de nutrientes no solo ou contaminar o ambiente circundante (BALOTA et al., 2014).

Nas regiões produtoras de suínos, o descarte dos dejetos líquidos desses animais é um grave problema ambiental (BERWANGER et al., 2008), quando aliado ao manejo inadequado. Pode haver escoamento superficial, seja pelas altas quantidades aplicadas, somadas a relevos acidentados, ou mesmo pela ocorrência de precipitações pluviais em solos com pouca cobertura e baixa permeabilidade (CERETTA et al., 2005). O N e o P são dois importantes constituintes de dejetos sob o ponto de vista nutricional de plantas, mas que preocupam com relação ao risco de contaminação das águas (BASSO et al., 2005). O aproveitamento de DLS como biofertilizantes em áreas de pastagem tem ótimos resultados na produção de forragem, podendo substituir a adubação química, uma alternativa viável para o proprietário rural (KLAUS et al., 2013).

Contudo, os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado e, principalmente, da quantidade de água e nutrientes em sua composição (DIESEL et al., 2002). Mesmo assim, vários trabalhos apontam o aumento de produção de pastagens com o uso de DLS. Conforme Drumond et al., (2006) o fornecimento de  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de DLS possibilitou produção de 5,9 Mg de MS por ciclo de 28 dias, correspondendo cerca de duas vezes a produção de Tifton 85 do tratamento que recebeu somente água. Vielmo et al., (2011), aponta em seu estudo que a soma da aplicação dos dejetos de suínos em seus níveis de eficiência técnica ( $249 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) resultou em uma produção forrageira total de  $24,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de MS. Para Cardoso et al., (2014), o percentual de proteína bruta e a produtividade do capim Tifton 85 são maiores sob irrigação e respondem de forma linear crescente às doses de dejetos líquidos de suíno tratado.

Contudo, a extração de P pode não ser muito elevada, como exemplo, o trabalho de Durigon et al., (2002), os quais encontraram quantidades de P acumulado na matéria seca da pastagem após 48 meses de aplicação de DLS de 216 e  $292 \text{ kg ha}^{-1}$ , nas doses de 20 e  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente, o que representa um aproveitamento de apenas 8,1 e 5,8 % do total de P aplicado. Esses resultados evidenciam que se deve atentar para o potencial poluente do P no ambiente, evitando-se a aplicação de altas doses de esterco em pequenas áreas, e adotando-se medidas técnicas que permitam maior taxa de infiltração da água no solo, e sistemas de culturas que proporcionem a produção e manutenção de altas quantidades de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, a fim de diminuir o escoamento superficial (CERETTA et al., 2003).

De acordo com Jones; Oburger (2011), a adição de resíduos orgânicos como o esterco animal para o incremento da qualidade do solo teve aumento significativo nos últimos anos, pois as alterações orgânicas no solo podem melhorar a nutrição de plantas. Dessa forma, os dejetos de suínos, entre outros resíduos, podem constituir fertilizantes eficientes e seguros na produção de grãos e de pastagem, desde que precedidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção do meio ambiente, antes de sua reciclagem (KONZEN, 2003), visto que o uso de DLS afeta as características químicas do solo (CERETTA et al., 2003, PENHA et al., 2015).

A adubação, de fontes inorgânicas ou orgânicas, tem consequências de, além de nutrir as plantas, impactar os teores e frações dos nutrientes no solo. Um solo pode ser naturalmente fonte de nutrientes, fértil, ou tornar-se fonte por meio da adição de fertilizantes (NOVAIS et al., 2007). Em solos submetidos à aplicação de dejetos, o acúmulo do P normalmente é mais pronunciado nas frações inorgânicas (GATIBONI et al., 2008) pois a maior parte do P do resíduo já se encontra em frações inorgânicas no próprio resíduo. Ainda, as sucessivas aplicações de DLS aumentam o acúmulo de P em frações predominante lábeis no solo, e representa risco potencial de contaminação de águas superficiais e subsuperficiais (CERETTA et al., 2010).

Para Queiroz et al., (2004), ao final do período de experimentação, o solo das parcelas que receberam esterco líquido de suínos apresentaram maiores concentrações de P disponível. Desse modo, Veiga et al., (2012) afirma que a aplicação contínua de altas doses de dejetos líquido de suínos na superfície de um Latossolo Vermelho em sistema plantio direto acidifica o solo e aumenta os teores de P, a 0,20 m de profundidade. Nesse sentido, as aplicações de fontes de nutrientes ao longo dos anos proporcionam incremento e migração de P-disponível no perfil do solo, refletindo em transferências de P por escoamento superficial e percolação, especialmente no solo com a aplicação de DLS, onde foi realizada a maior adição do nutriente (LOURENZI et al., 2014). Ainda, segundo os autores, os teores de P disponível no solo e as transferências de P por escoamento superficial correlacionam-se com as quantidades aplicadas, independentemente da fonte de P utilizada. As características químicas do solo foram afetadas pelo uso de esterco líquido de suínos durante quatro anos, havendo interação entre as doses e profundidade do solo (CERETTA et al., 2003). Para esses autores, o teor de P disponível no solo aumentou consideravelmente com a aplicação do esterco ao longo do tempo, chegando a 3.943% e 6.710% com o uso de doses de 20 e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, respectivamente, atingindo teores extremamente altos de P disponível no solo e ainda migração de P às camadas mais profundas. Por outro lado, o DLS adicionado ao solo durante sete anos pouco afetou a partição de fósforo entre as frações inorgânicas e orgânicas (CERETTA et al., 2010).

Em seu estudo, Lourenzi et al., (2013), demonstram a transferência de P a camadas mais profundas, no qual observaram que 19 aplicações de DLS por um período de 93 meses promoveram o deslocamento de P total até 30 cm e P disponível até camadas mais profundas, aumentando o teor disponível deste nutriente. Para os autores, isso evidencia indesejáveis consequências ambientais e econômicas, pelo o uso de dejetos de suínos e, ainda segundo os autores, reforça a necessidade de racionalidade na sua utilização, o que envolve o uso de doses menores de dejetos combinado com fertilizantes minerais.

Pelo exposto, em sistemas agrícolas com criação intensiva de animais e com elevada geração de dejetos, os níveis de P solúvel podem ultrapassar os requisitos das culturas, sendo assim, passivos de serem perdidos por escoamento superficial ou mesmo pela lixiviação. Assim, a aplicação sucessiva de DLS no solo representa um aporte de P contínuo, tendo como consequência a acumulação de P no solo (QUEIROZ et al., 2004).

## 2.2 USO DE DLS E ALTERAÇÕES DE P NO SOLO

A aplicação de dejetos na superfície do solo em sistema plantio direto, aportando quantidade de P superior àquela exportada pelas culturas, aumenta o P disponível do solo até 15 cm de profundidade (BERWANGER et al., 2008). Devido a utilização sistemática e intensa de dejetos e de outras fontes orgânicas de P no solo (NOVAIS et al., 2007), faz com que a saturação dos sítios de adsorção de fosfato seja proporcional à dose de DLS aplicada (BERWANGER et al., 2008).

Entretanto, o P adicionado ao solo é apenas parcialmente disponível para as culturas porque é sorvido em certa medida por vários componentes do solo (FINK et al., 2016). A dinâmica do P nos solos é fortemente influenciada pelas fases sólidas orgânicas e inorgânicas, pela atividade biológica e pelos fatores ambientais, na medida que solos altamente intemperizados contêm naturalmente baixos níveis de P disponíveis para as plantas e têm elevada capacidade de adsorção (CAMPOS et al., 2016).

Os nutrientes aplicados no solo para suprir as necessidades das plantas são exportados do sistema como produto de origem animal, forragem colhida, lixiviação e escoamento superficial (SILVEIRA, et al., 2013), sendo assim, as doses de dejetos suínos e de outros resíduos devem ser relacionadas à reposição da exportação de nutrientes pelas culturas (KONZEN, 2003), os teores de matéria seca e nutrientes e o índice de eficiência agrônômica do adubo orgânico (CQFS/RS-SC, 2016). A eficiência nutricional e de utilização de nutrientes em pastagem natural com aplicação de DLS podem ser incrementadas com a introdução de

espécies forrageiras que apresentem maior capacidade de produção de matéria seca e, conseqüentemente, maior demanda (DURIGON et al., 2002) como o tifton.

Na suinocultura brasileira, o mau dimensionamento dos tanques e conseqüentemente o estrangulamento do sistema de armazenamento, têm levado muitos produtores a utilizarem áreas de pastagem como local de descarte nas épocas em que as lavouras estão sendo utilizadas com culturas comerciais. Essa prática preocupa, porque grande parte das áreas de pastagem estão em locais mais íngremes, onde é difícil a distribuição homogênea do dejetos e, por conseqüência, o mesmo acaba sendo aplicado sem nenhum critério (BASSO et al., 2005). Somado a isso, os dejetos podem ser considerados fertilizantes não balanceados, pois é difícil ajustar doses entre as necessidades das plantas (quantitativa e temporalmente) e a oferta dos nutrientes pelo solo, ar e água (BERWANGER et al., 2008). Sendo assim, o uso sistemático de DLS representa a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo, e eleva principalmente os teores de N, P, Ca e Mg além de diminuir a saturação de alumínio em áreas sob pastagem natural (CERETTA et al., 2003). O teor de P disponível no solo aumenta consideravelmente com a aplicação do DLS ao longo do tempo, promovendo o acúmulo de P nas frações inorgânicas lábeis (GATIBONI et al., 2008).

Quando aplicados em excesso, o principal caminho de perdas de N e P em áreas com aplicação superficial de dejetos é o escoamento superficial, com destaque para o P. Isso demonstra a necessidade do estabelecimento de práticas de manejo que privilegiem a cobertura do solo, minimizando as perdas por escoamento superficial (BASSO et al., 2005). A adição de DLS à superfície do solo sob sistema plantio direto, aportando P em quantidades superiores às exportadas pelas colheitas, atingirá rapidamente os níveis críticos ambientais de P do solo na camada superficial (BERWANGER et al., 2008; GATIBONI et al., 2015). A lixiviação de N e a elevada concentração de P na camada mais superficial do solo adubado com DLS mostram que estes elementos podem comprometer a qualidade do ambiente, especialmente como contaminantes da água (CERETTA et al., 2003).

De acordo com Cassol et al., (2001), nos dejetos líquidos, a maior proporção de P encontra-se em frações inorgânicas lábeis. Em seu estudo, Ceretta et al., (2010), constataram que os teores de P nas frações  $P_i$  Resina, e  $P_i$   $\text{NaHCO}_3$  aumentaram linearmente com o aumento na dose de DLS aplicada, sendo o maior efeito das doses de DLS nas camadas superficiais, o que, segundo os autores, era esperado em razão da forma de aplicação dos dejetos e da ausência de preparo do solo. Ainda para os mesmos autores, o teor de P na fração  $P_o$   $\text{NaHCO}_3$ , no entanto, não aumentou com as doses crescentes de DLS, e, entre os teores de P extraídos por hidróxido (NaOH), as frações  $P_i$  e  $P_o$  hidróxidos foram as mais representativas do acúmulo de

P em razão da aplicação das doses de DLS, tendo ocorrido modificações menos expressivas nas frações Pi NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> e Po NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>.

A adição de DLS ao solo provocou o acúmulo de P nas frações inorgânicas lábeis extraídas por resina trocadora de ânions e NaHCO<sub>3</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, (GATIBONI et al., 2008). Ainda, a adição de dejetos ao solo provocou o acúmulo de P nas frações inorgânicas de labilidade intermédia extraídas por NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, sendo a primeira a principal forma de acumulação de P (GATIBONI et al., 2008). Para os mesmos autores, a fração de P pouco lábil extraída com HCl 1,0 mol L<sup>-1</sup> foi uma forma de acumulação no solo quando da adição de dejetos, enquanto a fração de P residual não sofreu alterações.

### 2.3 INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE DO TERRENO

Dentre os fatores que afetam as perdas de nutrientes, em especial ao P, e rendimento das culturas, está a atuação da topografia. Desse modo, a inclinação do terreno (declive) é um fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois, à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo (COGO et al., 2003). Conseqüentemente, há aumento da capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta de desagregar solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno.

Quantidades significativas de nutrientes podem ser perdidas com as águas que escoam nas enxurradas, visto que o calcário e os fertilizantes utilizados na implantação e reposição de nutrientes em pastagens perenes são aplicados superficialmente, normalmente sem incorporação ao solo (CASSOL et al., 2002). Também, escoamento e erosão de solos agrícolas são mecanismos importantes de perda de P do solo para a água (HANSEN et al., 2002). Isto pode ocasionar problemas de redução na produtividade das forragens e de poluição ambiental, cujos efeitos são acumulativos ao longo dos anos (CASSOL et al., 2002).

É comumente conhecido que a topografia é um dos principais fatores que afetam o rendimento (KUMHÁLOVÁ et al., 2011). Um dos grandes problemas provocados pela erosão é a perda de solo, matéria orgânica, nutrientes e, portanto, da fertilidade do solo (NÚÑEZ et al., 2006). A fertilidade do solo diminuiu com o aumento da inclinação do local de medição e a vista (posição) tem um efeito menos acentuado (LAMBERT et al., 2000). O aumento da erosão com o aumento da declividade do terreno se deve ao aumento da capacidade erosiva da enxurrada nos declives mais acentuados, decorrente do aumento de sua velocidade,

especialmente quando o solo é intensamente mobilizado e apresenta baixa cobertura superficial, ficando sujeito à formação de sulcos, selos e, ou, crostas, os quais dificultam a infiltração de água no solo e favorecem o escoamento superficial (COGO et al., 2003).

Fatores de precipitação e do declive, tanto espacialmente variáveis, foram identificados como os principais fatores que regem a produção anual de pastagem. A quantidade de chuva influencia a produção de pasto de forma regional, enquanto a topografia afeta a produção de pasto dentro do campo (MURRAY et al., 2007). A posição de encosta e a vista são conhecidos por influenciar a temperatura do solo e umidade que têm um impacto direto sobre o rendimento de culturas agrônômicas (MAHLER et al., 1979). A produtividade de biomassa das culturas é espacialmente variável e influenciada por vários processos em áreas de encosta (THELEMANN et al., 2010). Além disso, o aumento da perda de solo com o aumento dos valores das classes de declividade do terreno é maior no preparo convencional do que no preparo reduzido e na semeadura direta (COGO et al., 2003). Os animais tendem a pastar em inclinações mais suaves e em locais mais quentes e abrigados, do que pastarem em áreas mais íngremes e/ou mais expostas (KING et al., 2016).

A inclinação e vista podem ter efeitos consideráveis no crescimento anual total de pastagens (KING et al., 2016). A diminuição da produção varia de cerca de 100 a 400 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> por aumento de graus na inclinação (GILLINGHAM, 1974; KING et al., 2016; LAMBERT et al., 1983). A posição (vista) pode influenciar o crescimento anual de pastagens em solos de planícies através das diferenças observadas na umidade e temperatura do solo e na composição das espécies (GILLINGHAM, 1974; KING et al., 2016; LAMBERT; ROBERTS, 1978).

Sobre a influência de fatores na composição e rendimento de forragem, Dodd et al., (2004), observam que as influências mais fortes sobre a produção primária foram características do local, tais como localização, inclinação e da fertilidade. Os dados topográficos em combinação com as informações do solo são úteis para explicar a variabilidade do rendimento em uma escala de campo agrícola (KRAVCHENKO; BULLOCK, 2000). A relação observada entre o declive e o rendimento da cultura indicou que a inclinação pode ser usada como um indicador de rendimento adicional e que será útil incorporar informações de declive ao desenvolver zonas de manejo de campo. Isso tem implicações práticas para os produtores, já que o modelo de elevação digital de alta resolução torna-se mais acessível e disponível. No futuro próximo, a derivação do declive pode ser feita como um procedimento comum em sistemas de gerenciamento específicos do local (JIANG; THELEN, 2004).

Portanto, existe uma relação significativa entre o rendimento e concentração de nutrientes agrícolas com topografia, sendo que um dos fatores que frequentemente afeta rendimento é a topografia. O conhecimento quantitativo dos fatores e interações que afetam o rendimento é essencial para o manejo específico da cultura do local (KUMHÁLOVÁ et al., 2011). Pequenas variações, nas formas do relevo, condicionam variabilidade diferenciada para os atributos químicos (SOUZA et al., 2004). A topografia pode ter uma influência significativa sobre o rendimento das culturas, ao passo que, uma melhor compreensão dos efeitos de parâmetros topográficas no rendimento da cultura é importante, especialmente para o manejo do solo em sítios específicos (SI; FARRELL, 2004). Assim, os dados topográficos em combinação com a informação do solo são úteis para explicar a variação no rendimento na escala de campos agrícolas (KUMHÁLOVÁ et al., 2011).

Conforme ressaltado anteriormente, o cultivo de pastagens perenes na região Oeste de Santa Catarina, em sua maioria Tifton, está baseada em rendimentos procedentes da adubação com DLS, sobretudo, sobre solos de topografia declivosa, que por sua vez, são constituintes das regiões catarinenses que concentram expressivas atividades de produção animal. Essa produção de forragem é resultado, conforme abordado, ao cultivo duradouro proporcionado pelo Tifton, a importante produção de MS e seu uso na atividade leiteira, atribuído às suas qualidades forrageiras, concomitante à utilização dos resíduos oriundos da atividade suinícola. Portanto, esse estudo pretende avaliar o efeito da declividade e das doses de DLS sobre a produtividade da pastagem e frações de P acumuladas em solos com teor de argila contrastantes.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS E TRATAMENTOS

Para atender aos objetivos propostos, foram conduzidos estudos a campo em duas áreas com teores de argila contrastantes, as quais possuem semelhanças de uso e manejo com aquelas usadas pelos produtores que fazem o descarte de dejetos no solo. Esses experimentos fazem parte de um projeto maior intitulado “Ajuste de fatores para um modelo de limites críticos ambientais de P em solos catarinenses com uso de dejetos de suínos”, que tem por objetivo ajustar um fator de agravamento para a equação de limite crítico ambiental de P no solo para o estado de Santa Catarina ( $LCA-P = \%argila + 40$ ), descrita em detalhes em GATIBONI et al., (2015).

O Experimento I foi conduzido na Região do Alto Vale do Rio Itajaí, no município de Rio do Sul (SC), na área experimental do Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus de Rio do Sul, que possui clima Cfa, segundo a classificação de Köppen atualizada (PEEL et al., 2007). A temperatura média anual situa-se entre 18-19°C, com temperatura mínima entre 13-14°C e máxima entre 25-26°C, com precipitações anuais entre 1300-1500 mm, e insolação anual de 1600-1800 horas (EPAGRI/CIRAM – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA/CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA, 2016). Conforme dados meteorológicos do período de avaliação do experimento e dados históricos dos últimos 30 anos (Apêndice A), coletados na estação da EPAGRI/CIRAM do município de Ituporanga (SC) (Figuras 1 e 2), houve 1 geada fraca, 2 medianas e 2 moderadas, no período de 01/jan a 31/nov/2016.

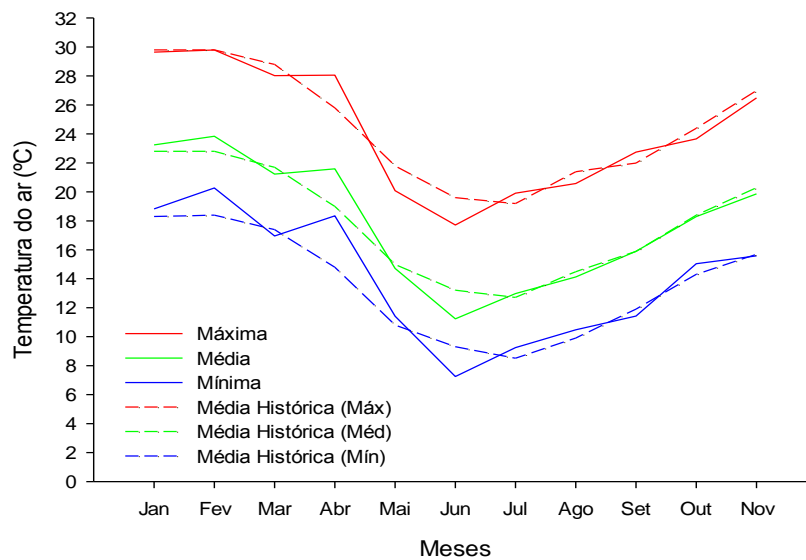
No local do experimento foram selecionadas subáreas com declividade de 15, 25 e 35%, onde o solo do local é classificado como Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013), cuja caracterização química e física conta na Tabela 1. As três subáreas apresentam textura franca, pH-H<sub>2</sub>O médio, teor de P muito baixo, K médio e MO baixa (CQFS-RS/SC, 2016).

O Experimento II foi conduzido na Região do Vale do Rio do Peixe e Planalto Central, no município de Campos Novos (SC), na área experimental do campus da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), que possui clima Cfb, segundo classificação de Köppen atualizada (PEEL et al., 2007). A temperatura média anual situa-se entre 16-17°C, com temperatura mínima entre 11-12°C, e máxima entre 22-23°C, com precipitações anuais entre



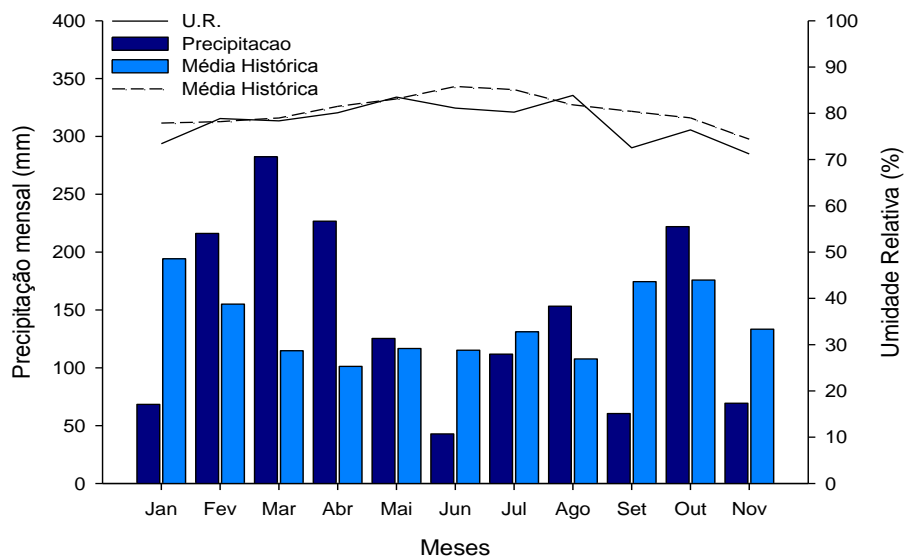
1700-1900 mm, e insolação anual de 2200-2400 horas. Conforme dados meteorológicos do período de avaliação do experimento e dados históricos dos últimos 67 anos (Apêndice B), obtidos da estação meteorológica da EPAGRI/CIRAM localizada em Campos Novos (SC) (Figuras 3 e 4), foram observadas 11 geadas fracas, 4 medianas, 3 moderadas e 1 forte no período de 01/jan a 31/nov/16.

Figura 1 – Temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), para o período de Jan-Nov/2016, e médias históricas dos últimos 30 anos, Ituporanga (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 2 – Umidade relativa do ar (%) e precipitação total mensal (mm) para o período de Jan-Nov/2016, e médias históricas dos últimos 30 anos, Ituporanga (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 1 – Caracterização química e física do solo, na camada de 0-10 cm, no experimento I, Rio do Sul (SC).

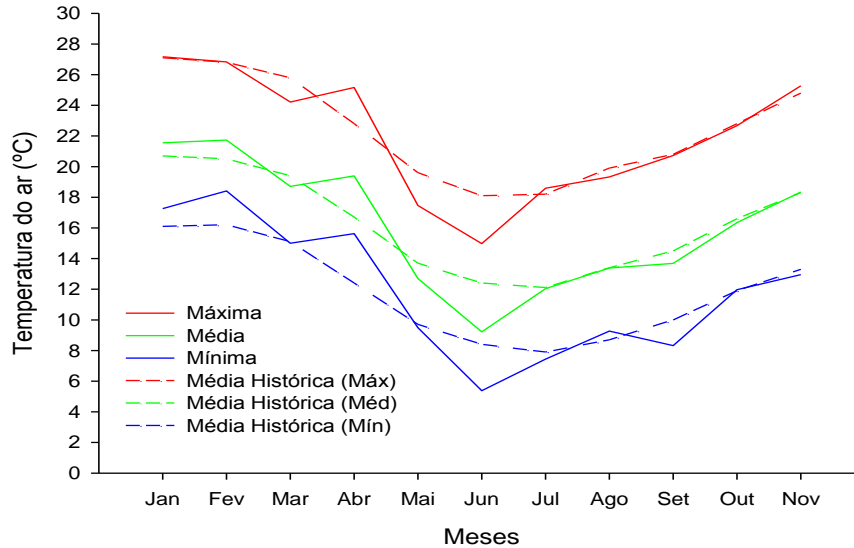
Parâmetros	Declividades (%)			Média
	15	25	35	
Argila (%)	23,7	22,0	21,8	22,5
Silte (%)	43,0	41,9	47,3	44,1
Areia (%)	33,3	36,1	30,9	33,4
MO (%)	2,4	2,2	2,1	2,2
pH - H <sub>2</sub> O	5,5	5,3	5,8	5,5
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,98	2,66	3,32	3,0
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,48	2,76	2,85	3,0
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	18,28	14,75	21,32	18,1
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,61	0,70	0,39	0,6
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,73	4,98	3,87	4,9
Índice SMP	5,8	5,9	6,2	5,9
P-Mehlich (mg dm <sup>-3</sup> )	3,51	3,49	2,92	3,3
K (mg dm <sup>-3</sup> )	70	66	55	63,8
m (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,02	11,54	6,40	9,0
V (%)	53,88	52,84	62,14	56,3
CTC <sub>efetiva</sub>	7,25	6,29	6,70	6,7
CTC <sub>pH7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	12,37	10,56	10,19	11,0

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

No local do experimento foram selecionadas subáreas com declividade de 10, 20 e 30%, onde o solo é classificado como Nitossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), cuja caracterização química e física é apresentada na Tabela 2, apresentando textura muito argilosa, pH-H<sub>2</sub>O alto, teor de P médio, K alto e MO média (CQFS-RS/SC, 2016).

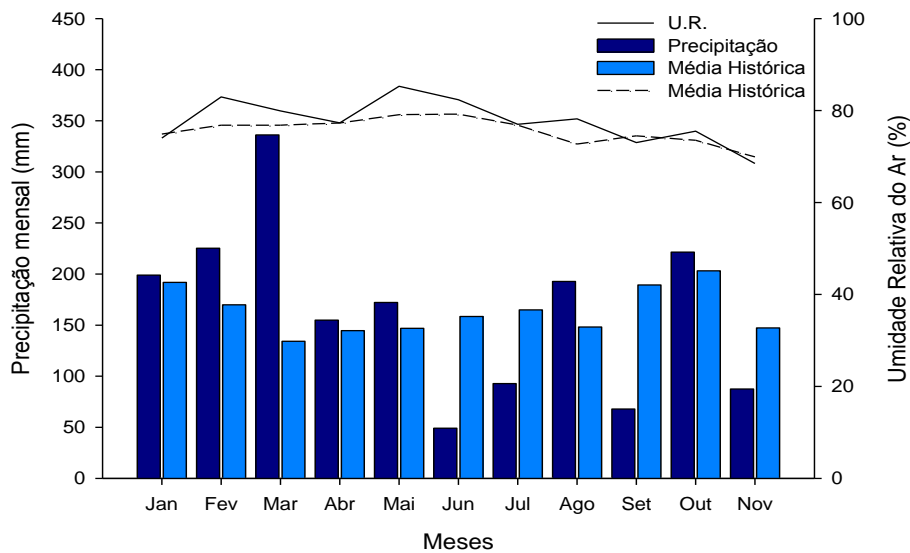
Ambos os experimentos possuem delineamento blocos casualizados em faixas (faixas de declividades), com três repetições. Cada experimento possui 36 parcelas, os quais totalizam 72 unidades experimentais. Nesses locais, foram selecionadas áreas com diferentes declividades, pertencentes a três intervalos distintos, 5-15, 16-25 e 26-35% de declive. No Experimento I as declividades são de 15, 25 e 35%. Já no Experimento II, as declividades são de 10, 20 e 30%. As declividades no Experimento I foram ajustadas com o revolvimento do solo e uso de grade niveladora. No Experimento II foram construídas com auxílio de uma máquina escavadeira e uma máquina motoniveladora.

Figura 3 – Temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), para o período de Jan-Nov/2016, e médias históricas dos últimos 67 anos, Campos Novos (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 4 – Umidade relativa do ar (%) e precipitação total mensal (mm) para o período de Jan-Nov/2016, e médias históricas dos últimos 67 anos, Campos Novos (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Quando da escolha das áreas experimentais, no ano de 2015, em ambos os experimentos foi realizada a correção da acidez do solo com aplicação de calcário para elevar o pH do solo a 5,5 (CQFS – RS/SC, 2004). A aplicação de calcário, realizada na superfície do solo e sem incorporação, resultou em valores de pH descritos na Tabela 2.

Os experimentos foram cultivados com Tifton 85 (*Cynodon sp.*), em parcelas de 4,25m<sup>2</sup>. As mudas foram adquiridas de fornecedor comercial, eram pré-brotadas e enraizadas, acondicionadas em bandejas de polipropileno. As mudas foram transplantadas para o solo em espaçamento de 0,25 x 0,25 m, com densidade de 16 plantas/m<sup>2</sup>. Os plantios ocorreram em 12 de março de 2015 no Experimento I e 14 de novembro de 2015 no Experimento II.

Tabela 2 – Caracterização química e física do solo, na profundidade de 0-10 cm, no experimento II, Campos Novos (SC).

Parâmetros	Declividades (%)			Média
	10	20	30	
Argila (%)	64,5	64,2	64,1	64,2
Silte (%)	34,2	34,9	34,6	34,6
Areia (%)	1,3	0,9	1,3	1,2
MO (%)	3,0	2,5	3,4	3,0
pH - H <sub>2</sub> O	6,4	6,4	6,1	6,3
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,56	5,72	5,66	6,0
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,67	4,86	4,09	4,5
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	9,04	6,84	23,39	13,1
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,07	0,08	0,08	0,1
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,37	3,01	4,04	3,5
Índice SMP	6,2	6,3	6,1	6,2
P-Mehlich (mg dm <sup>-3</sup> )	5,32	3,28	10,47	6,4
K (mg dm <sup>-3</sup> )	125	122	117	121,3
m (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,63	0,72	0,80	0,7
V (%)	77,16	78,15	71,05	75,5
CTC efetiva	11,62	10,82	10,14	10,9
CTC <sub>pH7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	14,92	13,90	14,09	14,3

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O DLS foi aplicado em quatro doses crescentes baseadas nos teores de P, sendo as doses totais 0 (zero), 110, 220 e 440 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, que equivalem a aproximadamente 0 (zero), 45, 90 e 180 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DLS, respectivamente. As doses foram divididas em quatro aplicações no ano (Tabela 3). As aplicações (volume de DLS/parcela) ocorreram com a leitura da densidade do DLS e sua correlação com os teores de nutrientes conforme CQFS-RS/SC, (2004). As quatro aplicações anuais de DLS totalizaram 0 (zero), 99, 198 e 396 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Tabela 3 – Número de aplicações, datas e intervalo de aplicações de DLS nos experimentos.

EXPERIMENTO	APLICAÇÃO	DATA	IA <sup>1</sup>	DAPA <sup>2</sup>
I	1	14-jan-16	-	0
	2	12-abr-16	89	89
	3	23-ago-16	133	222
	4	24-out-16	62	284
II	1	20-jan-16	-	0
	2	12-abr-16	83	83
	3	23-ago-16	133	216
	4	24-out-16	62	278

<sup>1</sup> IA - intervalo de aplicações;

<sup>2</sup> DAPA - dias após a primeira aplicação de DLS

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A cada aplicação foi coletada uma amostra representativa do DLS aplicado para determinação de massa seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) conforme metodologia proposta por Tedesco et al., (1995). Uma amostra do DLS de 2g foi submetida a digestão via úmida - digestão sulfúrica (ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado + peróxido de hidrogênio H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrado) em bloco digestor, com elevação da temperatura até 375°C, apresentando coloração esverdeada ao final do processo. Posteriormente foi ajustado seu volume em 50 mL em proveta, sendo então armazenadas em tubos falcon de 50 mL.

Foram retiradas alíquotas para determinação de N em destilador de Kjeldahl (TE-0364, TECNAL), para determinação de P, por metodologia descrita em Murphy & Riley (1962), em espectrofotômetro de UV-visível a 882 nm (UV-1800, SHIMADZU), para determinação de K em fotometria de chama (DM-62, DIGIMED) e para determinação de Ca e Mg em espectrofotometria de absorção atômica (AAAnalyst 200, PERKIN ELMER). Os DLS coletados apresentam valores distintos de nutrientes em sua composição (Tabela 4).

As aplicações do DLS foram realizadas manualmente, na superfície do solo, com auxílio de um regador com capacidade de 10 L, logo após cada corte do Tifton. O DLS para as aplicações 1 e 4 foram coletados de uma esterqueira anaeróbica, no IFC em Rio do Sul; para a aplicação 2, em uma esterqueira anaeróbica na Granja da Copercampos em Campo Novos, e para a aplicação 3, em um biodigestor da na Granja da Copercampos em Campo Novos.

Tabela 4 – Caracterização química (teores totais) e quantidades aplicadas do DLS (somatório das quatro aplicações) em ambos os experimentos avaliados.

Experimento	Nº. Aplicação	MS	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
		%	----- kg m <sup>-3</sup> -----				
I	1	4,5	15,6	4,5	0,5	0,82	0,22
II		4,3	15,5	3,3	0,5	0,81	0,18
I/II	2	0,3	10,3	0,3	0,8	0,01	0,04
I/II	3	3,7	44,1	4,4	1,8	0,32	0,36
I/II	4	0,2	3,6	0,2	0,2	0,05	0,03
Dose (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
0			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
110			840,9	99,0	37,1	20,1	8,5
220			1683,3	198,0	74,3	40,2	17,0
440			3364,2	396,0	148,4	80,4	34,0

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 3.2 COLETA DA PARTE AÉREA DO TIFTON E COLETA DO SOLO

Para determinação da altura de plantas (AP) de tifton, foi utilizado uma régua graduada, onde as leituras foram feitas a partir da superfície do solo até o limbo foliar superior das plantas, com seis repetições por parcela. Para avaliar a produção de massa seca (MS) foram realizados cortes em dois pontos aleatórios de cada parcela, com o uso de uma estrutura metálica de dimensões 0,2 x 0,7 cm que corresponde a uma área de 0,14 m<sup>2</sup>, resultando numa área total de corte de 0,28 m<sup>2</sup>/parcela. O corte foi realizado a uma altura de 10cm do solo. O rendimento de massa seca de forragem de tifton foi medida periodicamente (Tabela 5), mediante cortes ajustados com um intervalo mínimo de 30 dias para a primavera e verão, e de 60 dias para o outono e inverno.

Imediatamente após a coleta de forragem para determinação do rendimento, todas as parcelas foram roçadas com roçadeira costal equipada com fio de nylon de 4 mm e a forragem cortada foi retirada das parcelas com auxílio de um rastel. A pastagem remanescente foi deixada com 10 cm de altura para permitir o rebrote da pastagem.

As amostras de forragem foram secadas em estufa de ar forçado a 60°C até atingir peso constante e pesadas para determinação da MS, com posterior conversão para kg ha<sup>-1</sup> de MS. Após determinado o peso da massa seca, as duas subamostras coletadas em cada parcela foram homogeneizadas, formando uma única amostra, a qual foi moída em um moinho de navalhas fixas do tipo Willey, com peneira de 1,0 mm.

Tabela 5 – Número de cortes realizados, datas, número de dias após a implantação e dias de crescimento da pastagem de Tifton 85, para ambos os experimentos.

EXPERIMENTO	CORTE	DATA	DAP <sup>1</sup>	DCP <sup>2</sup>
I	C0	7-jan-16	301	-
	C1	12-fev-16	337	36
	C2	18-mar-16	372	35
	C3	9-mai-16	424	52
	C4	8-set-16	546	122
	C5	3-out-16	571	25
II	C0	19-jan-16	66	-
	C1	18-fev-16	96	30
	C2	23-mar-16	130	34
	C3	9-mai-16	177	47
	C4	24-out-16	345	168
	C5	29-nov-16	381	36

<sup>1</sup> DAP - dias após plantio; <sup>2</sup> DCP - dias de crescimento da pastagem

C1 (letra seguida do número que representa o corte em ordem crescente)

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 3.3 ANÁLISE DE SOLO E TECIDO

Para a análise dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) no tecido vegetal, foi realizada a digestão por via úmida - digestão sulfúrica (ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado + peróxido de hidrogênio H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrado), em bloco digestor com elevação da temperatura até 375°C, conforme metodologia descrita por Tedesco et al., (1995). O teor de N total foi determinado por destilação de Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

A coleta das amostras de solo foi realizada antes e após a aplicação dos tratamentos, sendo a primeira coleta em 07 de janeiro de 2015 no Experimento I e em 20 de janeiro de 2015 no Experimento II, e após a última aplicação do DLS referente ao período, a qual foi realizada em 03 de novembro de 2016 em ambos os experimentos, sendo 294 e 288 dias após a primeira aplicação de DLS, respectivamente.

A primeira coleta foi realizada com amostrador de solo elétrico com broca helicoidal 7/8", sendo que cada amostra foi composta de três subamostras homogêneas coletadas no interior de cada parcela na profundidade de 0-10 cm. A última coleta foi realizada com trado calador, composta de três subamostras por parcela, seguindo croqui específico para não haver sobreposição de coletas atuais e futuras.

As análises do solo para as frações de areia, silte e argila seguiram metodologia descrita por EMBRAPA, (2011); os teores de P, K foram extraídos por solução de Mehlich 1, sendo o

P determinado por Murphy & Riley (1977), em espectrofotômetro de UV-visível a 882 nm (UV-1800, SHIMADZU) e K por fotometria de chama (DM-62, DIGIMED); Ca, Mg, Al e Mn foram extraídos com solução de KCL 1 mol L<sup>-1</sup> determinados por espectrofotometria de absorção atômica (AAAnalyst 200, PERKINELMER); Carbono orgânico (CO), por solução sulfocrômica determinada por espectrofotometria a 645 nm (UV-1800, SHIMADZU), sendo os valores multiplicados pelo fator de 1,724 para conversão em matéria orgânica (MO), pH-H<sub>2</sub>O e pH-SMP foram determinados em medidor de pH (DM-22, DIGIMED) com eletrodo de pH (DME-CV1, DIGIMED), por metodologia descrita por Tedesco et al., (1995).

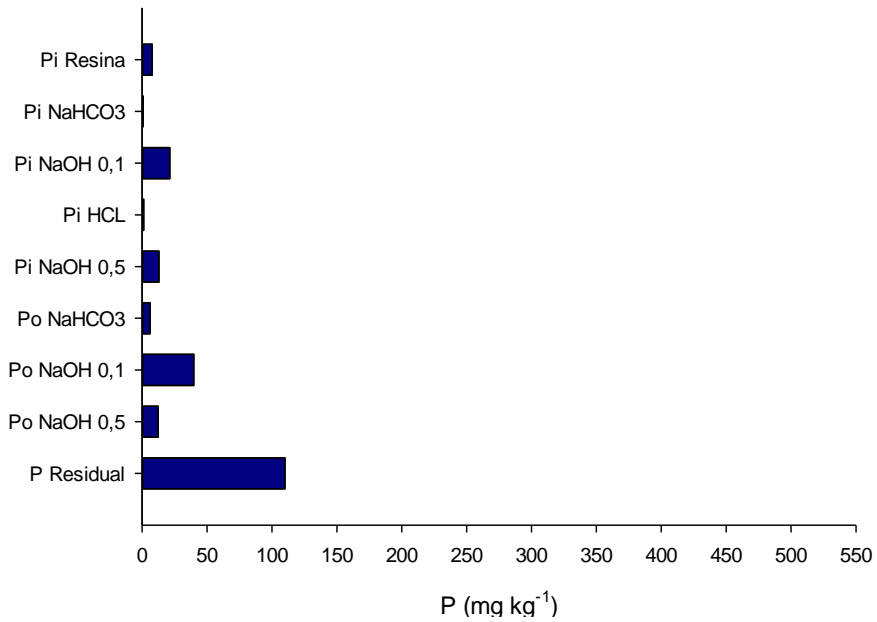
As amostras de solo iniciais e finais foram submetidas ao fracionamento químico do P do solo pelo método proposto por Hedley et al., (1982), com as modificações de Condrón et al., (1985), descrito a seguir: amostras de 0,500 g de solo foram extraídas, sequencialmente, com resina trocadora de ânions (RTA), NaHCO<sub>3</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup> (Bic), NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, (Hid0,1), HCl 1,0 mol L<sup>-1</sup> e NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> (Hid0,5). Após as extrações anteriores, o solo remanescente foi seco em estufa e submetido à digestão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + MgCl<sub>2</sub> saturado (BROOKES & POWSON, 1981). O fósforo inorgânico (Pi) dos extratos alcalinos de NaHCO<sub>3</sub> e NaOH foi analisado pelo método de Dick & Tabatabai (1977). Nos extratos alcalinos foi determinado o fósforo total (Pt) por digestão com uma solução de persulfato de amônio + ácido sulfúrico em autoclave (USEPA, 1971), sendo o fósforo orgânico (Po) obtido pela diferença entre fósforo total e fósforo inorgânico. O fósforo dos extratos ácidos foi determinado segundo a metodologia de Murphy & Riley (1977). A caracterização inicial das frações de P do solo, dos experimentos I e II, são apresentadas nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativo, o efeito das declividades foi comparado pelo Teste de médias de Tukey (P<0,05), e as doses à regressão simples. Empregou-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014) para as análises estatísticas e o software SigmaPlot 12.5 para elaboração dos gráficos.

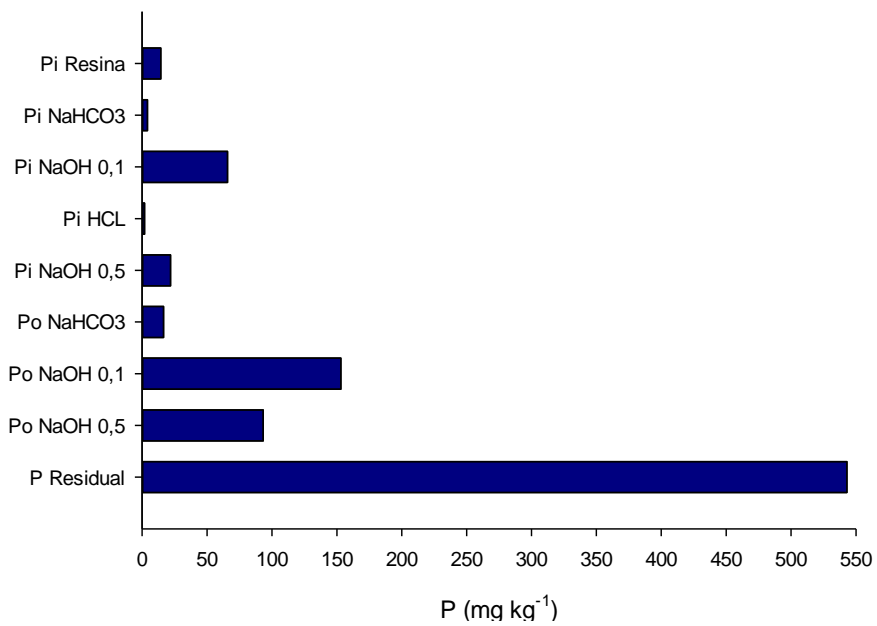


Figura 5 – Caracterização química inicial das frações de P do solo na camada de 0-10 cm, Rio do Sul (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 6 – Caracterização química inicial das frações de P do solo na camada de 0-10 cm, Campos Novos (SC).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de massa seca (MS) da forragem de Tifton 85 foi avaliado em cinco cortes (C1 – C5) em ambos os experimentos (Tabela 6), em um período de 263 dias, no experimento I (Rio do Sul), e 314 dias no experimento II (Campos Novos), período compreendido entre a primeira aplicação de DLS e a data do último corte. No experimento I, o último corte (C5) ocorreu 571 dias após a implantação, e no experimento II, 381 dias após a implantação do experimento. O maior número de dias após a implantação do experimento I é devido a ocasião da seleção da área do experimento, a qual ocorreu anteriormente a área do experimento II. Este fato colaborou para a estabilização da pastagem no local, observado nos cortes prévios a aplicação das doses de DLS (C0) pelo rendimento médio de forragem (RMF) de 4181,5 kg ha<sup>-1</sup> de MS do experimento I. No experimento II, o corte prévio a aplicação de DLS (C0) teve um RMF de 2145,2 kg ha<sup>-1</sup> de MS (Tabela 6).

As quatro aplicações de DLS compreendidas no período de Jan-Nov do ano de 2016 (Tabela 3), realizadas em todas as estações do ano, serviram para avaliar o crescimento da pastagem em resposta aos tratamentos aplicados. A primeira aplicação de DLS ocorreu no período que antecede o corte C1, a segunda aplicação ocorreu no período que antecede o corte C3, a terceira aplicação foi realizada no período que antecede o corte C4 e a quarta (última aplicação de DLS do ano de 2016) no período que antecede o corte C5, em ambos os locais de avaliação. O rendimento médio de forragem acumulado (C1 – C5) foi de 7756,2 kg ha<sup>-1</sup> de MS no experimento I e de 7698,0 kg ha<sup>-1</sup> de MS no experimento II.

O crescimento médio diário (CMD) no experimento I foi maior nos períodos com temperaturas mais quentes (Figura 1), ocorrendo nos meses de fevereiro, março e outubro, com 41,7, 41,0 e 76,2 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS, respectivamente. No período entre os cortes C3 e C4, observa-se o menor CMD, caracterizado pelas temperaturas mais baixas do período e ocorrência das geadas. No experimento II houve maior crescimento da pastagem nos cortes C1 e C5, em meses com temperaturas elevadas (Figura 2), além da maior disponibilidade de nutrientes no solo naquele local (Tabela 2). Entretanto, o período entre os cortes C3 e C4 ocorreu o menor valor de CMD (13 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS), abaixo dos demais períodos de avaliação, também devido a ocorrência de baixas temperaturas e geadas, as quais ocasionaram danos na parte aérea da pastagem.

De modo geral, o experimento I teve um CMD de 40,3 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS e o experimento II 34,0 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS para o período de avaliação entre os cortes C1 e C5, indicando condições edafoclimáticas diferentes em cada local. A pastagem de Tifton 85

apresentou rendimento dependente das condições climáticas, com efeito negativo em estações frias. Esse mesmo efeito foi observado por Carvalho et al., (2000) no qual seus dados de acúmulo de forragem revelaram que as maiores taxas ocorreram durante o verão apresentando uma média de 97 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS, seguidas por aquelas observadas durante a primavera (média de 62 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS) e final do inverno (média de 28 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS). O mesmo autor notou um crescente aumento das taxas de acúmulo de forragem durante a primavera (outubro, novembro e dezembro) em relação ao final do inverno. Para Paciullo et al., (2005), a estação do ano influenciou fortemente a taxa de alongamento de folhas, sendo que o maior valor de acúmulo de biomassa foliar durante o verão, esteve relacionado, principalmente, à elevada taxa de alongamento de folhas.

Tabela 6 – Rendimento médio diário de massa seca de forragem de Tifton 85 em cinco cortes, em ambos os experimentos, submetidos a doses de DLS sob diferentes declividades.

EXPERIMENTO	CORTE	DATA	DAI <sup>1</sup>	DCP <sup>2</sup>	RMF <sup>3</sup>	CMD <sup>4</sup>
I	C0	7-jan-16	301	-	4181,5	13,9
	C1	12-fev-16	337	36	1502,0	41,7
	C2	18-mar-16	372	35	1436,1	41,0
	C3	9-mai-16	424	52	1700,4	32,7
	C4	8-set-16	546	122	1211,9	9,9
	C5	3-out-16	571	25	1905,8	76,2
II	C0	19-jan-16	66	-	2145,2	32,5
	C1	18-fev-16	96	30	1558,2	51,9
	C2	23-mar-16	130	34	1094,4	32,2
	C3	9-mai-16	177	47	987,2	21,0
	C4	24-out-16	345	168	2184,2	13,0
	C5	29-nov-16	381	36	1871,0	52,0

<sup>1</sup> DAI - dias após implantação

<sup>2</sup> DCP - dias de crescimento da pastagem

<sup>3</sup> RMF - rendimento médio de forragem (kg ha<sup>-1</sup> de MS)

<sup>4</sup> CMD - crescimento médio diário (kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS)

C1 (letra seguida do número que representa o corte em ordem crescente)

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1 PRODUÇÃO DE MASSA SECA, ALTURA DE PLANTAS E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS DE TIFTON 85 EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE

Foram observadas diferentes respostas no rendimento de massa seca de forragem e na altura de plantas de Tifton 85, para as declividades, nos cortes realizados (Tabela 7). No

experimento I, os cortes C2 e C3 não diferiram significativamente no rendimento de massa seca, já os demais cortes, a declividade de 15% foi superior às demais. Para a altura de plantas neste mesmo local, não houve diferença significativa entre as declividades no corte C1, ao passo que nos demais cortes, a declividade de 15% foi superior para este atributo na maioria dos cortes realizados.

Tabela 7 – Rendimento médio de massa seca (MS) e altura de plantas (AP) de Tifton 85 em função da declividade, em ambos os experimentos.

Experimento	Corte	Declividade (%)			CV (%)	
		15	25	35		
I		MS (kg ha <sup>-1</sup> )				
	C1	1761,60 a *	1132,02 b	1612,46 a	22,9	
	C2	1502,82 a	1307,14 a	1498,42 a	27,4	
	C3	1827,88 a	1638,32 a	1634,92 a	26,8	
	C4	1835,98 a	657,06 c	1142,55 b	29,0	
	C5	2219,34 a	1583,63 c	1914,29 b	12,9	
			AP (cm)			
	C1	31,36 a	28,71 a	30,86 a	11,2	
	C2	31,17 a	23,96 b	27,30 b	12,4	
	C3	35,04 a	26,53 b	32,95 a	13,1	
C4	27,04 a	18,4 c	23,32 b	12,4		
C5	31,33 a	22,84 c	25,46 b	9,0		
Experimento	Corte	Declividade (%)			CV (%)	
		10	20	30		
II		MS (kg ha <sup>-1</sup> )				
	C1	1193,50 c	1926,46 a	1554,77 b	15,8	
	C2	1273,96 a	1054,08 b	955,32 b	14,0	
	C3	704,22 b	1049,76 ab	1207,52 a	39,5	
	C4	2174,17 a	2286,25 a	2092,20 a	19,0	
	C5	1416,04 b	2102,38 a	2,094,64 a	26,0	
			AP (cm)			
	C1	18,42 c	29,06 a	22,21 b	11,6	
	C2	18,76 a	15,83 b	17,14 b	8,4	
	C3	16,07 b	23,01 a	22,32 a	11,2	
C4	27,57 b	36,18 a	35,56 a	10,4		
C5	15,08 c	19,95 b	23,15 a	11,1		

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

No experimento II, não houve diferença significativa no rendimento de MS entre as declividades apenas no corte C4. Nos cortes C1 e C5, a declividade de 10% teve resultados

inferiores as demais. A declividade de 10% neste mesmo experimento, teve na altura de plantas resultados inferiores aos demais na maioria dos cortes realizados, fato atribuído, neste caso específico, a compactação observada no momento da construção desta declividade.

Segundo Ledgard et al., (1982), a posição e a declividade do terreno tem uma grande influência sobre o crescimento das pastagens de verão e inverno. Para Gillingham (1980) a produção anual de pastagens foi maior nos campos de menor declive, mas diminuiu acentuadamente com o aumento do declive superficial.

Quanto ao efeito da declividade sobre o rendimento acumulado de MS de forragem, à exportação total de nutrientes da parte aérea, e à altura de plantas média, observa-se que houve efeito significativo entre as diferentes declividades para ambos os experimentos (Tabelas 8 e 9). Os efeitos das declividades sobre a exportação de nutrientes estão baseados nos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da parte aérea e na exportação destes pelos cortes individuais (C1 ao C5) em ambos os locais (Apêndices C, D, E, F e G). De modo geral, para o experimento I (Tabela 8) a declividade de 15% foi superior as demais, em todos os atributos avaliados, bem como a declividade de 25% mostrou-se inferior às demais. Esse resultado está de acordo com o observado visualmente no experimento. Cabe ressaltar que a declividade de 25% possui atributos químicos mais restritivos que as demais, apresentando valores inferiores de pH em água e saturação por bases e menores valores de Ca, Mg e Mn trocáveis; apresentavam também maior teor e saturação por alumínio (Tabela 1). Esses fatores podem ser os responsáveis pelo menor desempenho dos tratamentos na declividade de 25%.

Tabela 8 – Rendimento total de MS de forragem, alturas de plantas média e exportação total de nutrientes pela parte aérea da pastagem de Tifton 85 em função das declividades, submetido a cinco cortes, no experimento I.

Avaliação	Declividade (%)			CV (%)
	15	25	35	
MS ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	9147,59 a*	6318,20 c	7802,62 b	12,7
AP média (cm)	31,18 a	24,08 c	27,97 b	9,3
N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	223,92 a	142,47 c	183,13 b	13,3
P ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	25,12 a	16,63 c	21,33 b	14,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	57,48 a	38,05 c	48,86 b	14,7
K ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	209,77 a	151,35 b	179,59 ab	18,5
Ca ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	13,61 a	8,21 c	11,37 b	15,2
Mg ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	19,55 a	13,32 c	16,36 b	16,7

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Para o experimento II (Tabela 9), observa-se que a declividade de 20% foi superior às demais em termos de rendimento de MS de forragem, sendo que as demais declividades foram iguais. De modo geral, nos demais atributos avaliados, as declividades de 20 e 30% foram iguais e superiores à declividade de 10%. Esse resultado está de acordo com o observado visualmente no experimento. Cabe ressaltar que todas as declividades desse experimento foram construídas, sendo que a declividade de 10% teve o solo nivelado por meio do uso da sua camada superficial, e ainda sofreu o tráfego da motoniveladora durante sua construção, fato que se atribui aos resultados encontrados neste trabalho.

Tabela 9 – Rendimento total de MS de forragem, alturas de plantas média e exportação total de nutrientes pela parte aérea da pastagem de Tifton 85 em função das declividades, submetido a cinco cortes, no experimento II.

Avaliação	Declividade (%)			CV (%)
	10	20	30	
MS (kg ha <sup>-1</sup> )	6761,88 b*	8418,94 a	7904,47 b	13,0
AP média (cm)	19,18 b	24,8 a	24,07 a	7,2
N (kg ha <sup>-1</sup> )	135,49 b	195,58 a	202,08 a	15,5
P (kg ha <sup>-1</sup> )	16,29 b	24,87 a	24,12 a	14,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	37,32 b	57,00 a	55,23 a	14,6
K (kg ha <sup>-1</sup> )	144,20 b	218,64 a	220,07 a	14,8
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	17,46 b	22,56 a	20,90 a	16,4
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	11,30 b	16,87 a	15,04 a	15,6

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).  
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Vários fatores são discutidos na literatura para as diferenças de produção em faixas de declive do terreno. Para Gillingham (1980), a produção de pasto e acúmulo do esterco dos animais diminuiu drasticamente com o aumento da inclinação da superfície, em particular, o acúmulo de esterco variou de muito alto em campos suaves para negligenciável em 45° de declive. A taxa de deposição de esterco e urina é influenciada pela classe de inclinação, sendo que em declive baixo (0-12°), médio (13-25°) e alta inclinação (>25°) há variação decrescente de deposição com o aumento das classes de declive (KING et al., 2016; SAGGAR, 1990). Ledgard et al., (1982) observaram que com o aumento da declividade do terreno, o N orgânico e inorgânico no solo diminuiu e, da mesma forma, o carbono orgânico diminuiu sendo associado a um declínio na capacidade de retenção de água do solo. Ainda, para os mesmos autores, potenciais de água e temperatura do solo também são influenciadas pelo declive. A posição e a

inclinação da paisagem tiveram impacto significativo sobre os rendimentos de algodão, mas não sobre a resposta do fertilizante P no primeiro ano (BRONSON et al., 2003).

As interações entre precipitação, topografia e atributos do solo aumentam as chances de se observar a variabilidade do rendimento entre os anos (BASSO et al., 2009). Para Jiang; Thelen (2004), o efeito combinado das propriedades do solo e dados topográficos explicou aproximadamente 30 a 85% da variabilidade do rendimento de milho/soja em sete anos dos nove estudados. Segundo Kravchenko; Bullock, (2000), propriedades do solo explicaram cerca de 30% da variabilidade de rendimento (de 5 a 71% para diferentes relevos) com o teor MO influenciando rendimento máximo, sendo que o efeito acumulativo das características topográficas explicaram cerca de 20% da variabilidade de rendimento (6-54%). Ainda para os autores, a elevação teve a maior influência sobre o rendimento, com rendimentos mais elevados consistentemente observados em posições de paisagem inferiores; curvatura, inclinação, e fluxo de acúmulo afetaram significativamente a produção apenas em determinadas condições, tais como locais topográficos extremos (depressões não drenadas ou colinas erodidas), combinada com precipitação. Por fim, Basso et al., (2009) afirmam que as propriedades do solo e topografia explicaram cerca de 40% da produção (variabilidade de 10-78%). O teor de água no solo foi o principal fator que afetou a variação espacial do rendimento em ambos os anos, onde a análise de componentes principais demonstrou que, para ambos os anos, o teor de água no solo explicou a maior parte da variabilidade.

Para Gillingham (1980), a taxa de crescimento como medida da produção da pastagem, foi duas vezes maior nos campos suaves do que em declives de 45°, decrescendo na seguinte ordem: campos suaves, 25° declive para 45° de declive nas encostas. A média real da resposta da matéria seca ao P foi maior na primavera e verão do que em outras estações, devido predominantemente às taxas de crescimento global mais rápidas nessas épocas, sendo que a produção de pastagens em campos suaves foi maior e respondeu a maiores taxas de aplicação de fertilizante P do que pastagens em declives íngremes (GILLINGHAM, 2016). Ainda para o autor, a média anual de produção de matéria seca (MS) da pastagem variou de 11275 a 14155 kg ha<sup>-1</sup> de MS no relevo suave, e 6413 a 7480 kg ha<sup>-1</sup> de MS em encostas íngremes num intervalo de 10-100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P.

#### 4.2 PRODUÇÃO DE MASSA SECA, ALTURA DE PLANTAS E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS DE TIFTON 85, COM APLICAÇÃO DE DLS NO SOLO

O efeito das doses de DLS em ambos locais (Figura 7), baseadas em seu teor de  $P_2O_5$  (Tabela 4) mostram que o rendimento de MS aumentou de forma linear com a aplicação do dejetos. Entretanto, especificamente no corte C2 do experimento II, não houve incremento no rendimento de MS da pastagem de Tifton 85, fato também observado visualmente no campo. Atribui-se, ao distanciamento da primeira aplicação de DLS e aos níveis satisfatórios de nutrientes no solo (Tabela 2), o qual diluíram o efeito da aplicação de DLS ao longo do período.

No corte C1 (Figura 7a), obteve-se um rendimento médio geral de  $1502,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS no experimento I e de  $1558,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS no experimento II, representando um crescimento médio diário de  $41,7$  e  $51,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de MS de forragem (Tabela 6), respectivamente. No experimento I observou-se um incremento de  $800,32 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS e no experimento II de  $337,46 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, da testemunha para a maior dose de DLS. O coeficiente angular da equação foi de  $1,96$  para o experimento I e de  $0,94$  para o experimento II, indicando que no experimento II o incremento de forragem com a aplicação de dejetos foi menor em face da maior fertilidade natural do solo. A maior fertilidade natural do solo é também corroborada pela produção sensivelmente maior da testemunha sem DLS no experimento II (Figura 7a).

No corte C2 (Figura 7b), obteve-se um rendimento médio geral de  $1436,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS no experimento I e de  $1094,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS no experimento II, representando um CMD de  $41,0$  e  $32,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de MS de forragem (Tabela 6), respectivamente. Neste último local, não houve incremento de produtividade de MS de forragem com a aplicação de DLS. No experimento I observou-se um incremento de  $928,08 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS na maior dose. Quando comparado ao corte C1, a produção de MS foi  $4,4\%$  e  $29,8\%$  inferior, para os experimentos I e II, respectivamente. A produção inferior pode ser atribuída ao distanciamento da primeira aplicação de DLS e também pelas diferenças climáticas, já que o experimento I apresenta um clima mais quente (Cfa) do que o experimento II (Cfb).

No corte C3 (Figura 7c), obteve-se um rendimento médio geral de  $1700,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS no experimento I e de  $987,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS no experimento II, representando um CMD de  $32,7$  e  $21,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de MS de forragem (Tabela 6), respectivamente. Nesses locais, ainda se observou um incremento de  $1125,6$  e  $588,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, respectivamente, para o aumento das doses de DLS aplicadas. Quando comparado ao corte C2, a produção de MS foi  $18,4\%$  superior no experimento I e  $9,8\%$  inferior para o experimento II. Novamente se observa no experimento II uma desaceleração no crescimento da pastagem, provavelmente efeito das temperaturas mais baixas.

No corte C4 (Figura 7d), obteve-se um rendimento médio geral de  $1211,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS no experimento I e de  $2184,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS no experimento II, representando um CMD de  $9,9$



e 13,0 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS de forragem (Tabela 6), respectivamente. Nesses locais, ainda se observou um incremento de 1557,6 e 1763,9 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente, para o aumento das doses de DLS aplicadas. Quando comparado ao corte C3, a produção de MS foi 28,7% inferior no experimento I e 121,2% superior para o experimento II. Este último local, teve grande aumento na produção de MS, devido ao maior DCP e ao rebrote da pastagem após passado o período de inverno.

No quinto corte (Figura 7e), obteve-se um rendimento médio geral de 1905,8 kg ha<sup>-1</sup> de MS no experimento I e de 1871,0 kg ha<sup>-1</sup> de MS no experimento II, representando um CMD de 76,2 e 52,0 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS de forragem (Tabela 6), respectivamente. Nesses locais, ainda observou-se um incremento de 2513,4 e 1078,8 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente, para o aumento das doses de DLS aplicadas. Quando comparado ao corte C4, a produção de MS foi 57,2% superior no experimento I e 14,3% inferior para o experimento II.

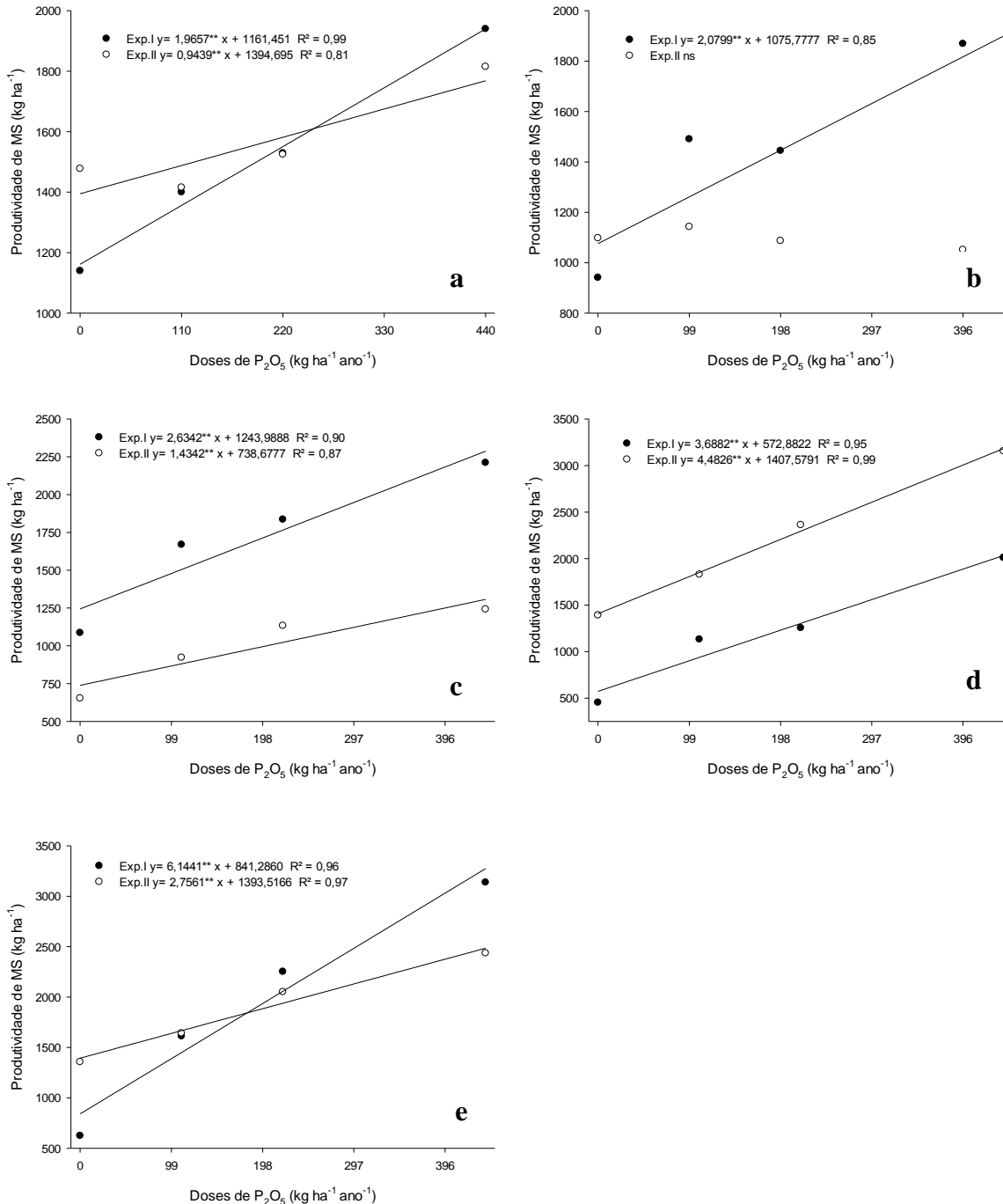
As variações de produção de MS de Tifton 85, nestas avaliações, podem ser relacionadas com as condições meteorológicas de cada local bem como o distanciamento e a composição do DLS entre as quatro aplicações realizadas. Novamente, na época mais quente, o experimento II apresentou maior produção de forragem na testemunha, mas menor coeficiente angular da equação, efeitos atribuídos à maior fertilidade natural no experimento II.

Verificou-se, de modo geral, que o experimento I teve um maior crescimento de plantas, inclusive na comparação entre os tratamentos testemunha dos locais, exceto no corte C4, quando o experimento II teve resposta superior. Segundo Pinto et al., (2001), as alturas de corte de pasto que permitiram as maiores taxas de acúmulo de forragem ficaram entre 15 e 20 cm, superiores à altura de corte adotada no presente trabalho. Dentre os cortes realizados, os cortes C3 no experimento I e o corte C4 no experimento II apresentaram as maiores alturas de plantas observadas. Nesses, a altura máxima lida na maior dose de DLS aplicada foi de 38,9 e 39,1 cm, respectivamente.

Quanto ao efeito observado na altura de plantas pelas doses de DLS (Figura 8a, 8b, 8c, 8d e 8e) em ambos locais, a altura de plantas da pastagem respondeu de maneira crescente e linear à aplicação de doses de DLS. A altura de plantas desconsidera os primeiros 10 cm, altura na qual a pastagem remanescente foi deixada após cada corte e roçada.

A pastagem respondeu de maneira linear e crescente às aplicações de DLS (Figura 9). O rendimento médio acumulado foi de 7756,2 kg ha<sup>-1</sup> de MS no experimento I e de 7695,0 kg ha<sup>-1</sup> de MS no experimento II, representando um CMD para o período de 28,7 e de 24,4 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS, respectivamente.

Figura 7 – Rendimento de massa seca (MS) de forragem de Tifton 85, submetida a cinco cortes, a = corte C1; b = corte C2; c = corte C3; d = corte C4; e = corte C5, em resposta a doses crescentes de DLS aplicadas, em ambos os locais.

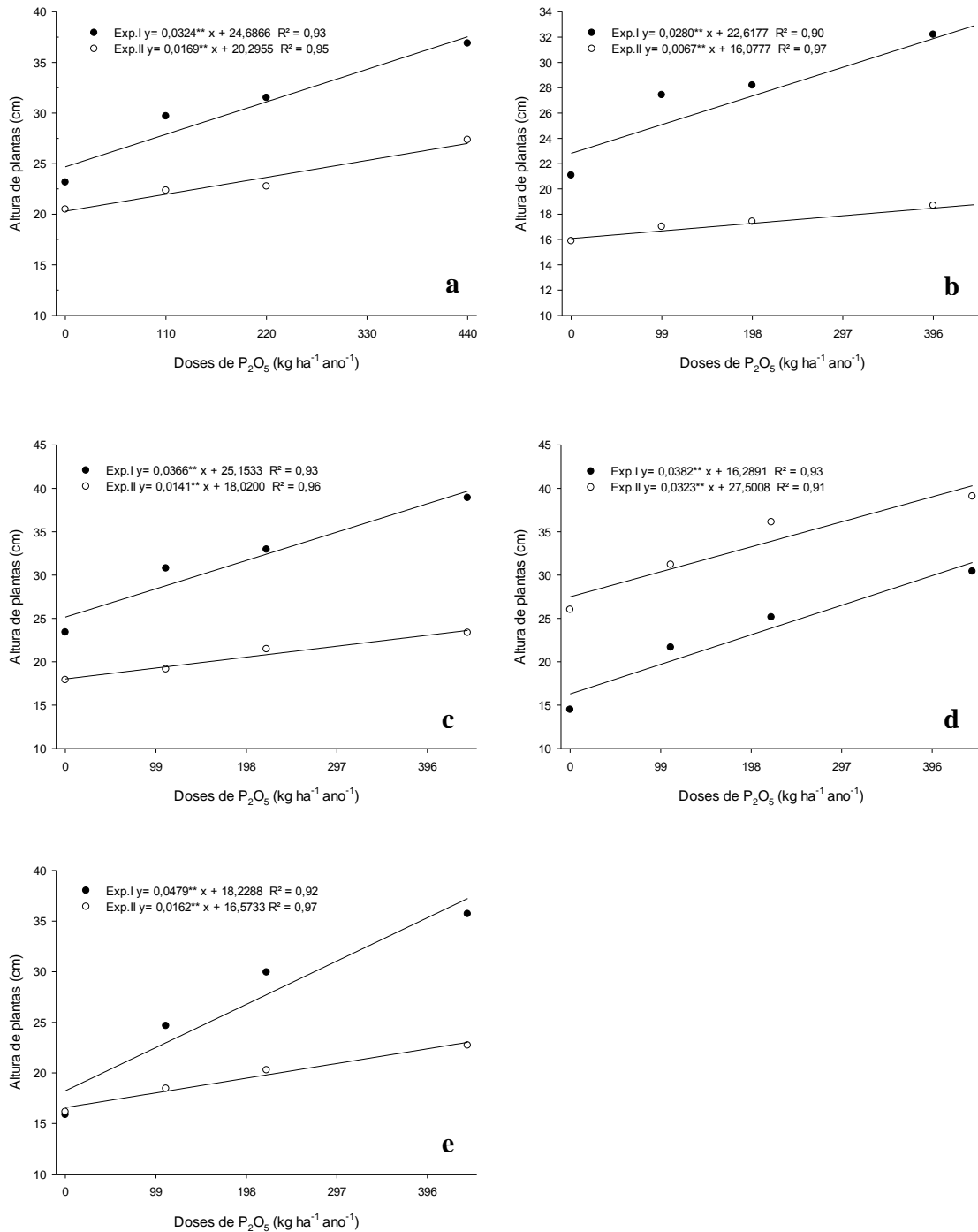


Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O aumento de rendimento acumulado de MS de forragem do tratamento testemunha para a maior dose foi de 6924,9 kg ha<sup>-1</sup> no experimento I e de 3722,4 kg ha<sup>-1</sup> no experimento II, alcançando um rendimento acumulado na maior dose de DLS de 11166,03 kg ha<sup>-1</sup> de MS e de 9698,24 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente. Os resultados acumulados mostram que a

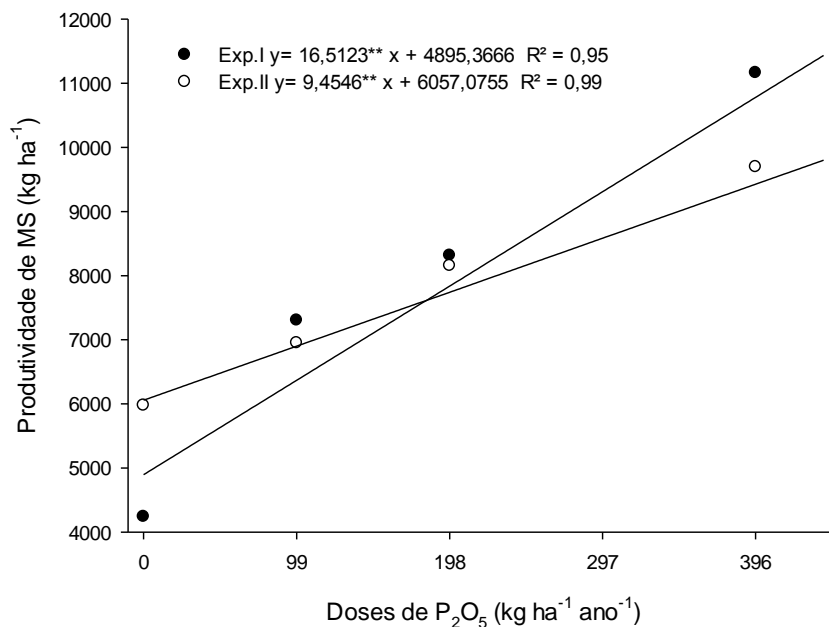
fertilidade natural era maior no experimento II com incremento de produção menor com as doses (menor coeficiente angular da equação).

Figura 8 – Altura de plantas de Tifton 85, submetida a cinco cortes, a = corte C1; b = corte C2; c = corte C3; d = corte C4; e = corte C5, em resposta as doses crescentes de DLS aplicadas, em ambos os locais.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 9 – Produtividade acumulada da pastagem de Tifton 85 sob a aplicação de doses crescentes de DLS, submetida a cinco cortes, em ambos os experimentos.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

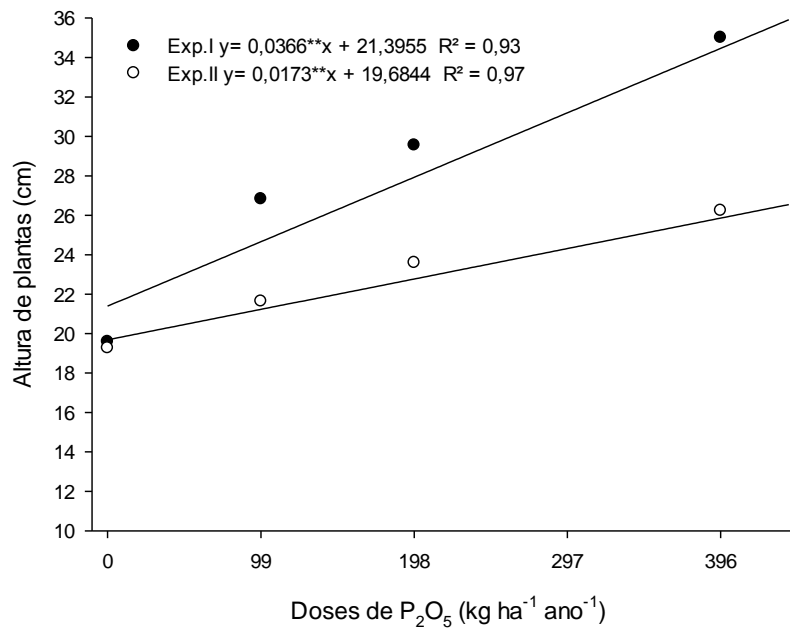
Houve efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para a altura média de plantas da pastagem de Tifton 85, durante todo no período avaliado (Figura 10). As plantas apresentaram incremento em seu crescimento, em maior magnitude no experimento I, atingindo uma altura média de 35,0 cm na maior dose de DLS. No experimento II as plantas apresentaram um altura média de 26,2 cm na maior dose de DLS. Esses resultados têm tendência semelhante aos obtidos para a produtividade total de MS em ambos os experimentos. A maior dose de DLS aplicada possibilitou um crescimento adicional em relação à testemunha de 15,4 cm no experimento I e de 7 cm no experimento II.

Resultados de incremento positivo no rendimento de MS de Tifton 85 pela aplicação de dejetos foram observados por vários autores (DRUMOND et al., 2006; DURIGON et al., 2002; VIELMO et al., 2011), geralmente com aumento linear na produção de matéria seca, em função da aplicação de doses de dejetos (CAMARGO et al., 2011). Ribeiro; Pereira (2011) encontraram que a produtividade de MS de lâminas, colmos e planta inteira apresentou incremento de 49,6; 120,4; e 170,5 kg MS dia<sup>-1</sup>, respectivamente, entre as idades de 28 e 56 dias, sendo que a contribuição de colmos para o aumento da produtividade diária de MS da planta inteira de capim-tifton 85 foi, aproximadamente, 2,5 vezes maior do que a de lâminas.

Quanto à aplicação de doses de N, Colussi et al., (2009) apontam que a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou o melhor resultado em termos de taxa de acúmulo.

A produtividade total, a produtividade de folhas e colmos e o percentual de proteína bruta foram maiores sob irrigação e responderam de forma linear crescente às doses de DLS tratado aplicadas (CARDOSO et al., 2014), fato também observado neste trabalho. Para Fia et al., (2014), a produtividade média de matéria seca do capim-tifton 85, em 200 dias de cultivo em casa de vegetação, com cortes com intervalo de 60 dias, variou entre 14 e 43 t ha<sup>-1</sup>, superior aos valores encontrados no campo, pelo presente trabalho.

Figura 10 – Altura média de plantas de Tifton 85 sob a aplicação de doses crescentes de DLS, submetida cinco cortes, em ambos os experimentos.

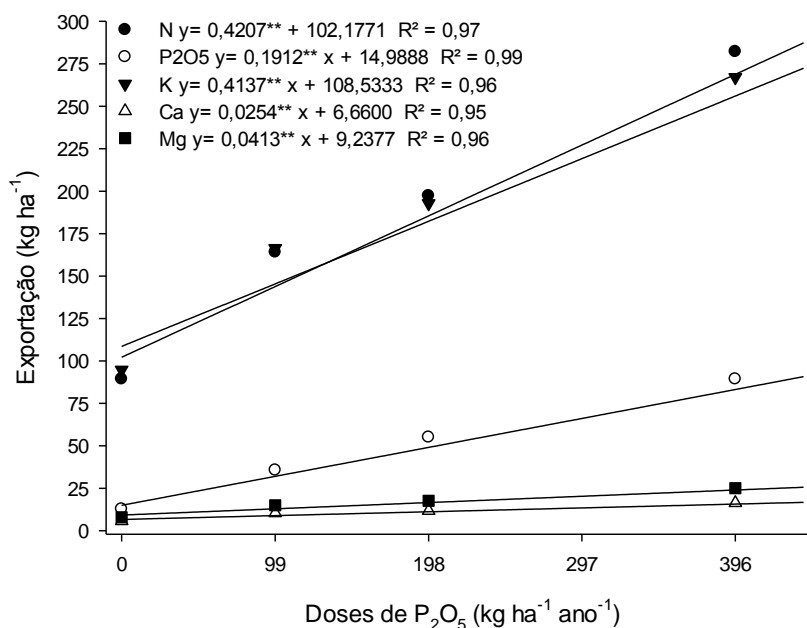


Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Houve aumento significativo ( $P < 0,01$ ) na exportação total dos nutrientes avaliados, pela parte aérea da pastagem de Tifton 85 (Figuras 11 e 12), submetida a cinco cortes e a quatro aplicações de DLS. Esses dados estão baseados no efeito das doses de DLS no teor na parte aérea de N, P, K, Ca e Mg ( $g\ kg^{-1}$ ) e na exportação destes nutrientes ( $kg\ ha^{-1}$ ) pelos cortes individuais (C1 ao C5), no experimento I (Apêndice H) e no experimento II (Apêndice I). Os nutrientes exportados em maior quantidade foram, na ordem,  $N > K > P$ , para ambos os locais. O aumento das doses de DLS aplicadas aumentou a retirada destes nutrientes do solo, sendo que as exportações alcançaram, na maior dose de DLS, 282,18  $kg\ ha^{-1}$  de N, 267,03  $kg\ ha^{-1}$  de

K, 89,28 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 25,10 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 16,35 kg ha<sup>-1</sup> de Ca no experimento I (Figura 11). Neste experimento, a exportação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> passou de 12,68 kg ha<sup>-1</sup>, na testemunha, para 89,28 kg ha<sup>-1</sup> na maior dose de DLS aplicada, caracterizando um aumento de 76,6 kg ha<sup>-1</sup> na exportação deste nutriente.

Figura 11 – Exportação total de nutrientes pela parte aérea da pastagem de Tifton 85, sob aplicação de doses crescentes de DLS, submetida a cinco cortes, no experimento I.



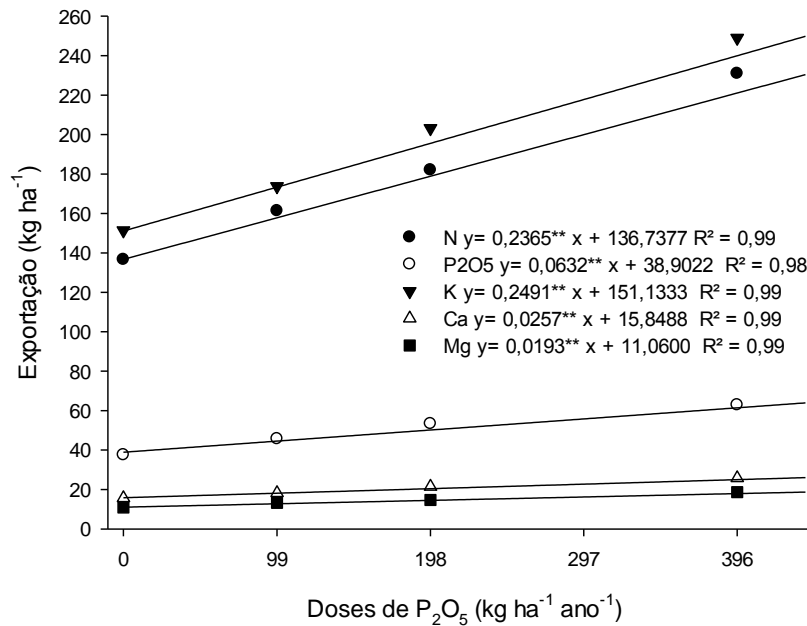
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

No experimento II, na maior dose de DLS, a exportação total foi de 230,88 kg ha<sup>-1</sup> de N, 248,98 kg ha<sup>-1</sup> de K, 62,85 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 25,80 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 18,70 kg ha<sup>-1</sup> de Mg (Figura 12). A exportação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> passou de 37,55 kg ha<sup>-1</sup>, na testemunha, para 62,85 kg ha<sup>-1</sup> na maior dose de DLS aplicada, caracterizando um aumento de 25,3 kg ha<sup>-1</sup> deste nutriente.

Para Camargo et al., (2011), as concentrações de P na planta aumentam em função do aumento das doses de dejetos e a concentração de minerais na parte aérea do capim Tifton 85 varia entre os cortes, de acordo com as condições edafoclimáticas. Em seu estudo, Fia et al., (2014), observaram que o capim-tifton 85 extraiu até 17,65 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de nitrogênio e 1,76 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de P. Para os mesmos autores, o capim-tifton 85 foi capaz de remover, 4,6% do N e 5,4% do P aplicado via água residuária da suinocultura, sendo pouco eficientes na extração de N e P quando avaliado o aporte inicial destes nutrientes. Para Lima et al., (2015), com a aplicação das doses de N obtém-se aumentos lineares da extração de nutrientes, sendo que a

máxima extração de nutrientes pela grama bermuda foi de 388, 40, 247, 44 e 18 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

Figura 12 – Exportação total de nutrientes pela parte aérea da pastagem de Tifton 85, sob aplicação de doses crescentes de DLS, submetida a cinco cortes, no experimento II.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.3 ALTERAÇÕES NAS FRAÇÕES DE P NO SOLO EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE

Após as quatro aplicações de DLS em ambos os experimentos, avaliou-se as alterações nas frações de P do solo. No experimento I (Tabela 10), houve efeito significativo das declividades nas frações de Pi NaHCO<sub>3</sub>; Pi HCl; Po NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> e P residual, sendo que para as demais frações não foram observados efeitos significativos nas declividades. De acordo com os dados do fracionamento inicial do solo, ou seja, sem aplicação de DLS (Apêndice J), nas frações Pi NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, Pi HCl, Po NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e P residual houve efeito significativo entre as declividades, sendo de modo geral, a declividade de 15% superou as demais, portanto, uma condição do solo prévia, possivelmente atribuída as variações no solo durante o preparo para o estabelecimento da pastagem, e a posição no relevo. Embora observadas algumas diferenças significativas reportadas anteriormente, os teores de P nas diferentes frações são muito semelhantes entre as declividades, o que era esperado, já que o solo em todas as declividades é muito semelhante.

Tabela 10 – Frações de P do solo, em diferentes declividades, coletadas na camada de 0 - 10 cm, após as quatro aplicações de DLS no experimento I.

Fração	Declividade (%)		
	15	25	35
	P (mg kg <sup>-1</sup> )		
Pi Resina	29,09 a*	32,59 a	33,29 a
Pi NaHCO <sub>3</sub>	3,05 b	4,61 a	4,66 a
Pi NaOH 0,1	38,80 a	46,72 a	47,09 a
Pi HCl	2,08 b	2,15 b	3,41 a
Pi NaOH 0,5	19,35 a	19,67 a	19,10 a
Po NaHCO <sub>3</sub>	7,96 a	5,16 a	5,27 a
Po NaOH 0,1	42,63 a	29,89 a	27,90 a
Po NaOH 0,5	22,98 b	39,47 a	42,20 a
P Residual	86,08 b	108,39 a	88,38 b

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

No experimento II (Tabela 11), houve efeito significativo das declividades na maioria das frações de P, exceto nas frações de Po NaHCO<sub>3</sub> e Po NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>. De modo geral, sempre a declividade de 30% apresentou maiores teores de P. Esse efeito pode ser resultado da construção das declividades ou ao maior teor natural de P na área experimental com essa declividade, já que está situada em uma porção mais baixa do terreno, sugerindo uma acúmulo de P no solo.

Tabela 11 – Frações de P do solo, em diferentes declividades, coletadas na camada de 0 - 10 cm, após as quatro aplicações de DLS no experimento II.

Fração	Declividades (%)		
	10	20	30
	P (mg kg <sup>-1</sup> )		
Pi Resina	27,27 b*	36,67 b	64,82 a
Pi NaHCO <sub>3</sub>	3,85 b	4,56 b	11,41 a
Pi NaOH 0,1	117,97 b	122,82 b	197,44 a
Pi HCl	2,18 b	2,33 b	4,63 a
Pi NaOH 0,5	53,87 b	56,68 b	84,61 a
Po NaHCO <sub>3</sub>	7,83 a	5,73 a	7,67 a
Po NaOH 0,1	145,84 ab	116,26 b	174,25 a
Po NaOH 0,5	158,67 a	147,30 a	189,92 a
P Residual	520,01 b	515,99 b	584,37 a

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



De acordo com os dados do fracionamento inicial do solo, ou seja, sem aplicação de DLS (APÊNDICE J), apenas para a fração Po NaHCO<sub>3</sub> não houve efeito significativo entre as declividades, sendo que nas demais frações de P, a declividade de 30% foi superior às demais, demonstrando um efeito prévio à aplicação dos tratamentos.

#### 4.4 ALTERAÇÕES NAS FRAÇÕES DE P NO SOLO SOB APLICAÇÃO DE DLS

No experimento I, após as quatro aplicações de DLS, observou-se efeito significativo às doses na maioria das frações de P, exceto nas em Pi NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>; Po NaHCO<sub>3</sub>; Po NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e P residual (Tabela 12). Neste local, devido ao baixo teor de argila, observa-se um acúmulo de P oriundo do DLS, nas frações inorgânicas disponíveis e moderadamente disponíveis, com aumento proporcional à dose. Não houve alterações significativas na fração de P residual do solo afetadas pelas doses de DLS aplicadas. O aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas via DLS, resultaram em um aumento de 366,9%, 2229,4%, 126,6% e 135,4% nas frações de Pi resina, Pi NaHCO<sub>3</sub>, Pi NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e Pi HCl.

Tabela 12 – Acúmulo de frações de P no solo, em amostras coletadas na camada de 0 – 10 cm, após as quatro aplicações de doses crescentes de DLS, no experimento I.

Fração	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				Equação	CV (%)
	0	99	198	396		
	P (mg kg <sup>-1</sup> )					
Pi Resina	11,31	23,57	38,94	52,81	y= 0,1051** x + 13,4404 R <sup>2</sup> = 0,96	30,1
Pi NaHCO <sub>3</sub>	0,34	2,70	5,46	7,92	y= 0,0191** x + 0,7942 R <sup>2</sup> = 0,96	31,8
Pi NaOH 0,1	27,35	39,07	48,43	61,97	y= 0,0858** x + 29,3271 R <sup>2</sup> = 0,98	23,9
Pi HCL	1,47	2,42	2,84	3,46	y= 0,0047** x + 1,7271 R <sup>2</sup> = 0,92	29,8
Pi NaOH 0,5	16,35	18,78	20,44	21,92	ns	26,7
Po NaHCO <sub>3</sub>	6,08	5,37	6,57	6,49	ns	55,9
Po NaOH 0,1	32,89	26,09	37,73	37,16	ns	47,7
Po NaOH 0,5	39,65	26,51	31,20	42,17	y= 0,0003** x <sup>2</sup> - 0,1107x + 38,2318 R <sup>2</sup> = 0,84	23,7
P Residual	103,99	89,31	96,71	87,13	ns	14,4

(ns) não significativo (P<0,05); (\*) significativo (P<0,05); (\*\*) significativo (P<0,01); (CV) coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

No experimento II, após as quatro aplicações de DLS, observou-se efeito significativo das doses de DLS apenas na fração de Pi Resina (Tabela 13). Neste local, devido ao alto teor de argila, observa-se um acúmulo de P oriundo do DLS, apenas na fração inorgânica de maior disponibilidade, com aumento crescente. As demais frações de P não foram sensíveis às doses de DLS aplicadas. O aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas via DLS, resultou em um aumento de 276,6%, na fração de Pi resina.

Tabela 13 – Acúmulo de frações de P no solo, em amostras coletadas na camada de 0 – 10 cm, após as quatro aplicações de doses crescentes de DLS, no experimento II.

Fração	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				Equação	CV (%)
	0	99	198	396		
	P (mg kg <sup>-1</sup> )					
Pi Resina	24,39	38,13	41,70	67,46	y= 0,1049** x + 24,7324 R <sup>2</sup> = 0,97	52,6
Pi NaHCO <sub>3</sub>	3,96	6,67	6,62	9,17	ns	61,7
Pi NaOH 0,1	125,82	147,93	151,18	159,38	ns	24,4
Pi HCL	2,41	2,83	3,29	3,65	ns	50,1
Pi NaOH 0,5	55,16	67,44	66,23	71,39	ns	65,0
Po NaHCO <sub>3</sub>	8,69	7,26	5,64	6,73	ns	33,2
Po NaOH 0,1	138,30	132,01	154,87	156,62	ns	33,2
Po NaOH 0,5	153,77	125,68	215,17	166,56	ns	43,8
P Residual	527,36	539,00	539,52	554,61	ns	7,7

(ns) não significativo (P<0,05); (\*) significativo (P<0,05); (\*\*) significativo (P<0,01); (CV) coeficiente de variação

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Quando avaliado o balanço de P do solo ( $\Delta P$ ) sob o efeito da declividade (Tabela 14), observou-se acúmulo de P, principalmente nas frações inorgânicas, corroborando com os demais resultados encontrados neste trabalho, além de diminuição de P orgânico e de P residual no experimento I. Para o efeito das doses de DLS neste mesmo experimento (Tabela 14), de maneira geral, houve um aumento crescente nos teores de P no solo, com o aumento das doses de DLS, demonstrando o acúmulo acentuado deste nutriente no experimento I. Ainda, em comparação ao experimento II, observa-se que no experimento I os teores de P no tratamento testemunha são inferiores. Ainda, neste experimento observa-se o maior acúmulo no somatório de P ( $\Sigma P$ ) na maior de DLS aplicado.

No experimento II, as declividades acumularam principalmente P inorgânico, com algum consumo de P orgânico e P residual (Tabela 13). O mesmo efeito foi observado para as doses de DLS aplicadas (Tabela 14). Neste experimento, a  $\Sigma P$  indica a maior fertilidade natural

do local, com incremento no teor de P. Ainda, observa-se consumo de P principalmente nos dois tratamentos iniciais, com nenhuma ou pouca aplicação de DLS, extraindo maior quantidade do nutriente do que ao aplicado no solo via DLS.

Tabela 14 – Balanço de P no solo ( $\Delta P$  = fracionamento final menos fracionamento inicial) para as declividades, em ambos os experimentos.

Experimento	Declive (%)	Pi Resina	Pi NaHCO <sub>3</sub>	Pi NaOH 0,1	Pi HCL	Pi NaOH 0,5
P (mg kg <sup>-1</sup> )						
I	15	20,85	2,36	15,82	0,99	6,79
	25	24,88	3,97	25,67	1,32	7,08
	35	25,81	4,16	27,17	1,86	5,65
II	10	13,96	1,15	55,81	0,91	33,78
	20	28,04	3,09	81,66	1,40	42,45
	30	43,64	3,34	103,33	1,19	53,28
Experimento	Declive (%)	Po NaHCO <sub>3</sub>	Po NaOH 0,1	Po NaOH 0,5	P Residual	$\Sigma$ P
P (mg kg <sup>-1</sup> )						
I	15	0,72	-0,04	11,99	-18,38	41,09
	25	-0,52	-13,72	27,60	-12,86	63,42
	35	-0,23	-5,16	28,08	-15,99	71,36
II	10	-8,22	4,46	85,52	-14,20	173,18
	20	-11,03	7,81	94,67	8,17	256,25
	30	-8,99	-34,95	35,81	-2,71	193,94

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Como observado por Cassol et al., (2001) o efeito inicial do uso de dejetos ocorre nas frações inorgânicas de maior labilidade. Somado ao menor teor de argila, a aplicação de fertilizantes, nesse caso, o DLS, o teor de P no solo tem maior sensibilidade à adubação, com acúmulo predominantemente em frações de maior disponibilidade. Entretanto, o conteúdo de minerais do solo, como caulinita, óxidos de Fe e Al, esmectitas e materiais amorfos, controlam a adsorção de P (BORGGAARD et al., 1990; GOLDBERG; SPOSITO, 1985; HUE, 1991), em função da pedogênese (SHARPLEY et al., 1987).

No experimento I, em solo com menor teor de argila, observou-se uma maior proporção de acúmulo de P no solo, em comparação ao experimento II, este, caracterizado por expressivo teor de argila, atuando como dreno de P no solo (NOVAIS et al., 2007). O acúmulo de P no solo em frações de maior disponibilidade, é observado neste trabalho, semelhante aos resultados de outros estudos reportados na literatura (CERETTA et al., 2010; GATIBONI et al., 2008; QUEIROZ et al., 2004) além do aumento deste nutriente em profundidade (BERWANGER et

al., 2008; CERETTA et al., 2003; LOURENZI et al., 2014; LOURENZI et al., 2013; VEIGA et al., 2012).

Tabela 15 – Balanço de P no solo ( $\Delta P$  = fracionamento final menos fracionamento inicial) de acordo com a aplicação de doses de DLS, para ambos os experimentos.

Experimento	Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Pi Resina	Pi NaHCO <sub>3</sub>	Pi NaOH 0,1	Pi HCL	Pi NaOH 0,5
P (mg kg <sup>-1</sup> )						
I	0	3,57	-0,17	6,55	0,33	3,35
	99	15,26	1,87	17,25	1,26	5,73
	198	31,99	5,06	28,01	1,71	8,26
	396	44,57	7,22	39,72	2,27	8,68
II	0	9,16	0,68	61,54	0,09	32,30
	99	21,73	1,60	79,41	0,70	44,11
	198	29,30	2,98	85,90	1,89	45,93
	396	54,00	4,84	94,21	1,99	50,32
Experimento	Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Po NaHCO <sub>3</sub>	Po NaOH 0,1	Po NaOH 0,5	P Residual	Σ P
P (mg kg <sup>-1</sup> )						
I	0	-0,11	-9,07	28,99	-11,86	21,57
	99	-1,28	-16,51	14,37	-16,06	21,90
	198	1,24	2,09	18,84	-13,06	84,13
	396	0,11	-1,73	28,05	-21,99	106,90
II	0	-7,51	-20,02	56,00	-20,83	111,42
	99	-7,08	-34,78	36,59	-15,75	126,53
	198	-9,39	0,47	138,11	10,07	305,26
	396	-13,66	24,09	57,30	14,86	287,95

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Fazendo uma abordagem genérica, dos resultados obtidos neste trabalho, a aplicação de DLS incrementou significativamente, de maneira crescente e linear o rendimento, o crescimento de plantas e a exportação de nutrientes pela pastagem de Tifton 85. A pastagem teve maior CMD, conseqüentemente, maior rendimento de MS, em períodos de temperaturas mais quentes, principalmente na primavera e verão, com efeito potencializado logo após as aplicações de DLS, uma vez que o distanciamento das aplicações de DLS diluíram o efeito destas ao longo do período. O experimento II teve maior fertilidade natural do solo, com menor incremento de rendimento da testemunha com o aumento das doses de DLS, em comparação ao experimento I. As temperaturas baixas no inverno, levaram ao declínio de rendimento de forragem, principalmente no experimento II. Desse modo, a pastagem de Tifton 85 apresentou rendimento dependente das condições climáticas, com efeito negativo em estações frias. Observou-se que o desempenho da pastagem é variável com a declividade, mas com comportamento distinto entre os dois locais estudados, carecendo ainda de avaliações complementares para estabelecer relações de causa-efeito para o comportamento observado.

Por fim, a aplicação de DLS incrementou principalmente as frações de P inorgânico mais lábeis do solo, em maior proporção no solo arenoso do experimento I, do que no solo argiloso do experimento II. No experimento I, embora observadas algumas diferenças significativas, os teores de P nas diferentes frações são muito semelhantes entre as declividades, o que era esperado, já que o solo em todas as declividades é muito semelhante. No experimento II, a declividade de 30% demonstrou um efeito prévio à aplicação dos tratamentos. Houve acúmulo de P na camada superficial de solo avaliada, com as especificidades de cada experimento. De maneira geral, a aplicação de doses de DLS teve efeitos significativos nas frações de P inorgânico, de maior disponibilidade, de modo mais acentuado no experimento de I. No experimento II, apenas a fração de P de maior disponibilidade foi afetada pelas doses de DLS, sendo que as demais frações de P não foram sensíveis às doses de DLS aplicadas.

## 5 CONCLUSÃO

A aplicação de DLS incrementou o crescimento, o rendimento das plantas e a exportação de nutrientes pela pastagem de Tifton 85.

O experimento em solo argiloso apresentou maior fertilidade natural do solo, com menor incremento de rendimento pela aplicação de doses de DLS.

O desempenho da pastagem é variável com a declividade, mas com comportamento distinto entre os dois solos estudados, carecendo ainda de avaliações complementares para estabelecer relações de causa-efeito para o comportamento observado.

A aplicação de DLS incrementou principalmente as frações de P inorgânico mais lábeis do solo, em maior proporção no solo arenoso do que no solo argiloso.

## 6 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, W. R. et al. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicados na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 995-1004, 2004.

BALOTA, E. L. et al. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. **Science of The Total Environment**. v. 490, Aug. p. 397–404, 2014.

BASSO, B. et al. Landscape Position and Precipitation Effects on Spatial Variability of Wheat Yield and Grain Protein in Southern Italy. **Journal Agronomy & Crop Science**, v. 195, n. 4, p. 301-312, 2009.

BASSO, C. J. et al. Dejeito líquido de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1305-1312, nov/dez. 2005.

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2525-2532, 2008.

BORGGAARD, O. K. et al. Influence of organic matter on phosphate adsorption by aluminium and iron oxides in sandy soils. **Journal of Soil Science**, v. 41, n. 3, p. 443–449, 1990.

BRONSON, K. F. et al. Influence of Landscape Position, Soil Series, and Phosphorus Fertilizer on Cotton Lint Yield. **Agronomy Journal**, v. 95, p. 949-957, july/aug. 2003.

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S. Preventing phosphorus losses during perchloric acid digestion of sodium bicarbonate soil extracts. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 32, p. 671-674, 1981.

CAMARGO, S. C. et al. Efeito da aplicação de dejetos de suínos na concentração de minerais na parte aérea de capins Tifton 85. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 2, p 51-62, 2011.

CAMPOS, M.; ANTONANGELO, J. A.; ALLEONI, L. R. F. Phosphorus sorption index in humid tropical soils. **Soil and Tillage Research**. v. 156, p. 110–118, mar. 2016.

CARDOSO, E. A. dos S. et al. Produtividade e Qualidade do Capim Tifton 85 Sob Doses de Dejeito Líquido de Suíno Tratado na Presença e Ausência de Irrigação. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – v. 9, n. 4, nov. 2014.

CARVALHO, C. A. B. et al. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim 'tifton 85' sob pastejo. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 591-600, out/dez. 2000.

CASSOL, E. A. et al. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no rio grande do sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 705-712, 2002.

CASSOL, P. C.; GIANELLO, C.; COSTA, V. E. U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 635-644, 2001.

CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANJAMENTO AGRÍCOLA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2015. 156 p.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, jun. 2003.

CERETTA, C. A. et al. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1296-1304, nov/dez. 2005.

CERETTA, C. A. et al. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 593-602, jun. 2010.

CHAMBLISS, C. G.; STANLEY JR., R. L.; JOHNSON, F. A. Bermudagrass. In: CHAMBLISS, C. G. (Ed.). **Florida forage handbook**. Gainesville: University of Florida, 1999. p. 23-28.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 743-753, 2003.



COLUSSI, G. et al. Avaliação do efeito de fontes e doses de nitrogênio na taxa de acúmulo diária de matéria seca de tifton 85. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 04, p. 2008-2010, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. [s.l.]. 11 ed. 2016, 376 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de Adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004. 400 p.

CONDON, L. M.; GOH, K. M.; NEWMAN, R. H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by <sup>31</sup>P nuclear magnetic resonance analysis. **Journal of Soil Science**, v. 36, p. 199-207, 1985.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazonia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos 402)

DICK, W. A.; TABATABAI, M. A. Determination of orthophosphate in aqueous solutions containing labile organic and inorganic phosphorus compounds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 6, p. 82-85, 1977.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Boletim Informativo de Pesquisa – Embrapa Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS. Porto Alegre. ago. 2002. 30 p. (10 BIPERS)

DODD, M. B.; BARKER, D. J.; WEDDERBURN, M. E. Plant diversity effects on herbage production and compositional changes in New Zealand hill country pastures. **Grass and Forage Science**, v. 59, p. 29-40, 2004.

DRUMOND, L. C. D. et al. Produção de matéria seca em pastagem de tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 426-433, set/dez. 2006.

DURIGON, R. et al. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 983-992, 2002.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Guilherme Kangussú Donagema [et al.] (Org). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Humberto Gonçalves dos Santos [et al.] – 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário estatístico - suinocultura**. Concórdia, EMBRAPA: CNPSA, 2011, 29 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA/ CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA. Disponível em: <[http://circam.epagri.sc.gov.br/atlas\\_climatologico/](http://circam.epagri.sc.gov.br/atlas_climatologico/)> Acesso em: 01 Nov. 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**., v. 38, p. 109-112, 2014.

FIA, R. et al. Removal of nitrogen, phosphorus, copper and zinc from swine breeding waste water by bermudagrass and cattail in constructed wetland systems. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 112-123, jan/fev. 2014.

FINK, J. R. et al. Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. **Soil and Tillage Research**. v. 155, p. 62–68, jan. 2016.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 340 p.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa 11 de 14/11/2014**. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br>> Acessado em: 10 dez. 2016.

GATIBONI, L. C. et al. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1753-1761, 2008.

GATIBONI, L.C. et al. **Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina**. Lages: UDESC/CAV, Boletim técnico 2, 2014. 38 p.

GATIBONI, L.C. et al. Soil Phosphorus Thresholds in Evaluating Risk of Environmental Transfer to Surface Waters in Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1225-1234, 2015.

GILLINGHAM, A. G. Influence of physical factors on pasture growth on hill country. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, v. 35: 77-85, 1974.

GILLINGHAM, A. G. Phosphate fertilizer application effects on seasonally dry hill country pasture and soil, **New Zealand Journal of Agricultural Research**, p 1-21, jul. 2016.

GILLINGHAM, A. G. Phosphorus uptake and return in grazed, steep hill pastures. I. Pasture production and dung litter accumulation. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 23, p.313-321, 1980.

GILLINGHAM, A. G.; SYERS, J. K.; GREGG, P. E. H. Phosphorus uptake and return in grazed, steep hills pastures. II. Above-ground components of the phosphorus cycle. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 23, p. 323-330, 1980.

GIROTTI, E. et al. Formas de perdas de cobre e fósforo em água de escoamento superficial e percolação em solo sob aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 9, p. 1948-1954, set. 2010.

GOLDBERG, S.; SPOSITO, G. On The Mechanism Of Specific Phosphate Adsorption By Hydroxylated Mineral Surfaces: A Review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 16, n. 8, p. 801-821, 1985.

GUARDINI, R. et al. Phosphorus Accumulation and Pollution Potential in a Hapludult Fertilized With Pig Manure. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1333-1342, 2012.

HANSEN, N. C. et al. The fate and transport of phosphorus in agricultural systems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 6, p. 408-417, 2002.

HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHAN, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, p. 970-976, 1982.

HUE, N. V. Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. **Soil Science**, v. 152, n. 6, p. 463-471, dec. 1991.

JIANG, P.; THELEN, K. D. Effect of Soil and Topographic Properties on Crop Yield in a North-Central Corn–Soybean Cropping System. **Agronomy Journal**, v. 96, p. 252-258, jan/feb. 2004.

JONES, D. L.; OBURGER, E. Solubilization of Phosphorus by Soil Microorganisms. In.: BÜNEMANN, E. L.; OBERSON, A.; FROSSARD, E. (Eds.). **Phosphorus in Action: Biological Processes in Soil Phosphorus Cycling**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 169-198.

KING, W. McG. et al. Impacts of grazing management on hill country pastures: principles and practices. Hill Country. **Grassland Research and Practice Series**, v. 16, p. 203-212 2016.

KLAUS, O. et al. Produtividade de *Cynodon* spp. (Tifton 85) em áreas de pastejo rotacional biofertilizados com dejetos de suínos. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 2, p. 73-82, 2013.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas – MG. Embrapa Milho e Sorgo, 2003. p. 1-10 (Circular técnica 31).

KRAVCHENKO, A. N.; BULLOCK, D. G. Correlation of Corn and Soybean Grain Yield with Topography and Soil Properties. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 75-83, jan/feb. 2000.

KUMHÁLOVÁ, J. et al. The impact of topography on soil properties and yield and the effects of weather conditions. **Precision Agriculture**, v. 12, p. 813–830, 2011.

LAMBERT, M. G. et al. Effects of fertilizer application on nutrient status and organic matter content of hill soils. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 43, n. 1, p. 127-138, 2000.

LAMBERT, M. G. et al. Influence of fertilizer and grazing management on North Island moist hill country 1. Herbage accumulation. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 26: 95-108, 1983.

LAMBERT, M. G.; ROBERTS, E. Aspect differences in an unimproved hill country pasture II. Edaphic and biotic differences. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 26: 95-108, 1978.

LEDGARD, S. F.; SHEATH, G. W.; GILLINGHAM, A. G. Influence of some soil and pasture components on the growth of hill country pastures 1. Winter and spring production, **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v. 10, n. 3, p. 239-244, 1982.

LIMA, C. P. de. et al. Quantidade de nutrientes extraídos pela grama bermuda em função de doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 5, p. 1432-1440, sept/oct. 2015.

LOURENZI, C. R. et al. Available content, surface runoff and leaching of phosphorus forms in a typic hapludalf treated with organic and mineral nutrient sources. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 544-556, 2014.

LOURENZI, C. R. et al. Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 157-167, 2013.

MAHLER, R. L.; BEZDICEK, D. F.; WITTERS, R. E. Influence of slope position on nitrogen fixation and yield of dry peas. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 348-351, mar/apr. 1979.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

MURRAY, R. I.; YULE, I. J.; GILLINGHAM, A. G. Developing variable rate application technology: Modelling annual pasture production on hill country, **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 50, n. 1, p. 41-52, 2007.

NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

NÚÑEZ, J. E. V.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N. Consequência do sistema de preparo do solo no acúmulo e perda de fósforo e bases trocáveis por erosão. **Edafologia**, v. 13, p. 57-68, 2006.

PACIULLO, D. S. C. et al. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem em pastagem de *Cynodon dactylon*, em diferentes estações do ano. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 4, p. 233-241, out/dez. 2005.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

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, mar. 2015.

PINTO, L. F. M. et al. Dinâmica do acúmulo de matéria seca em pastagens de tifton 85 sob pastejo. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 439-447, jul/set. 2001.

QUEIROZ, F. M. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1487-1492, set/out. 2004.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** v. 50, n. 1, p. 665-693, 1999.

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G. Produtividade de matéria seca e composição mineral do capim-Tifton 85 sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 811-816, jul/ago. 2011.

SAGGAR, S. Predicting the fate of fertilizer sulphur in grazed hill country pastures by modelling the transfer and accumulation of soil phosphorus. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 33, p. 129-138, 1990.

SCHEFFER-BASSO, S. M. et al. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: cultivar Tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1940-1946, 2008.

SHARPLEY, A. N.; TIESSEN, H.; COLE, C. V. Soil phosphorus forms extracted by soil tests as a function of pedogenesis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, n. 2, p. 362-365, 1987.

SI, B. C.; FARRELL, R. E. Scale-Dependent Relationship between Wheat Yield and Topographic Indices: A Wavelet Approach. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 577-587, mar/apr. 2004.

SILVEIRA, M. L. et al. **Nutrient Cycling in Grazed Pastures**. Department of Soil and Water Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2013, p. 1-3.

SOUZA, Z. M. de. et al. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1763-1771, nov/dez. 2004.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147 p. (Boletim Técnico, 5)

THELEMANN, R. et al. The Effect of Landscape Position on Biomass Crop Yield. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 2, p. 513-522, 2010.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Methods of chemical analysis for water and wastes**. Cincinnati: USEPA, 1971.

VEIGA, M. da. et al. Chemical attributes of a Hapludox soil after nine years of pig slurry application. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 12, p. 1766-1773, dez. 2012.

VIELMO, H. et al. Effect of fertilization with fluid swine slurry on production and nutritive value of Tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n. 1, p. 60-68, 2011.

## 7 APÊNDICES

APÊNDICE A – Temperaturas médias mensais do ar (máxima média, média e mínima média) e precipitação mensal média durante o período experimental (de janeiro/2016 a novembro/2016) e dados históricos dos últimos 30 anos, Ituporanga (SC).

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)
	Máxima	Média	Mínima	
Jan	29,6	23,2	18,8	68,4
Média Histórica	29,8	22,8	18,3	194,2
Fev	29,8	23,8	20,3	216,2
Média Histórica	29,8	22,8	18,4	155,1
Mar	28,0	21,2	17,0	282,4
Média Histórica	28,8	21,7	17,4	114,8
Abr	28,1	21,6	18,4	226,8
Média Histórica	25,8	19,0	14,8	101,2
Mai	20,1	14,7	11,4	125,4
Média Histórica	21,8	15,0	10,8	116,7
Jun	17,7	11,2	7,2	42,8
Média Histórica	19,6	13,2	9,3	115,2
Jul	19,9	13,0	9,2	111,8
Média Histórica	19,2	12,7	8,5	131,1
Ago	20,6	14,1	10,5	153,3
Média Histórica	21,4	14,5	9,9	107,6
Set	22,8	15,9	11,4	60,5
Média Histórica	22,0	15,9	11,9	174,5
Out	23,7	18,3	15,0	222,0
Média Histórica	24,4	18,4	14,3	175,8
Nov	26,5	19,9	15,6	69,4
Média Histórica	27,0	20,3	15,7	133,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.



APÊNDICE B – Temperaturas médias mensais do ar (máxima média, média e mínima média) e precipitação mensal média durante o período experimental (de janeiro/2016 a novembro/2016) e dados históricos dos últimos 40 anos, Campos Novos (SC).

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)
	Máxima	Média	Mínima	
Jan	27,2	21,6	17,3	199,0
Média Histórica	27,1	20,7	16,1	191,9
Fev	26,8	21,7	18,4	225,3
Média Histórica	26,8	20,5	16,2	169,9
Mar	24,2	18,7	15,0	336,1
Média Histórica	25,8	19,4	15,1	134,2
Abr	25,2	19,4	15,6	154,9
Média Histórica	22,8	16,7	12,4	144,6
Mai	17,5	12,7	9,5	172,2
Média Histórica	19,6	13,7	9,7	146,9
Jun	15,0	9,2	5,4	49,1
Média Histórica	18,1	12,4	8,4	158,5
Jul	18,6	12,0	7,4	92,8
Média Histórica	18,2	12,1	7,9	164,9
Ago	19,3	13,4	9,3	192,8
Média Histórica	19,9	13,4	8,7	148,1
Set	20,7	13,7	8,3	67,9
Média Histórica	20,8	14,5	10,0	189,3
Out	22,7	16,4	12,0	221,4
Média Histórica	22,8	16,6	11,9	203,1
Nov	25,3	18,3	13,0	87,4
Média Histórica	24,8	18,3	13,3	147,3

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

APÊNDICE C – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 em função da declividade, no corte C1, em ambos os experimentos.

Avaliação Experimento I	Declividade (%)		
	15	25	35
N (g kg <sup>-1</sup> )	23,03 a*	21,14 b	18,97 c
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,45 a	2,24 b	2,14 b
K (g kg <sup>-1</sup> )	29,63 a	27,75 a	26,19 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,26 a	1,13 b	1,35 a
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,98 a	2,01 a	1,91 a
N (kg ha <sup>-1</sup> )	40,49 a	24,17 b	30,66 b
P (kg ha <sup>-1</sup> )	4,73 a	2,69 b	3,57 b
K (kg ha <sup>-1</sup> )	53,28 a	32,18 b	42,92 ab
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	2,28 a	1,28 b	2,19 a
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	3,48 a	2,32 b	3,10 a
Avaliação Experimento II	Declividade (%)		
	10	20	30
N (g kg <sup>-1</sup> )	23,03 a*	23,29 a	24,66 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,59 c	3,60 b	4,03 a
K (g kg <sup>-1</sup> )	28,72 c	37,47 b	42,30 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	2,94 a	2,74 ab	2,59 b
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,23 b	2,64 a	2,55 ab
N (kg ha <sup>-1</sup> )	27,02 c	45,04 a	38,30 b
P (kg ha <sup>-1</sup> )	3,11 b	7,02 a	6,27 a
K (kg ha <sup>-1</sup> )	34,48 b	72,65 a	65,74 a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	3,50 b	5,31 a	4,03 b
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	2,60 c	4,50 a	3,99 b

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

APÊNDICE D – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 em função da declividade, no corte C2, em ambos os experimentos.

Avaliação Experimento I	Declividade (%)		
	15	25	35
N (g kg <sup>-1</sup> )	19,91 a*	17,05 b	19,40 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,93 b	1,77 b	2,09 a
K (g kg <sup>-1</sup> )	20,45 a	19,67 a	23,15 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,21 ab	1,05 b	1,21 a
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,56 a	1,66 a	1,56 a
N (kg ha <sup>-1</sup> )	29,40 a	22,22 b	28,80 ab
P (kg ha <sup>-1</sup> )	3,16 ab	2,41 b	3,35 a
K (kg ha <sup>-1</sup> )	28,27 a	26,39 a	35,41 a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	1,90 a	1,37 a	1,80 a
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	2,43 a	2,20 a	2,40 a
Avaliação Experimento II	Declividade (%)		
	10	20	30
N (g kg <sup>-1</sup> )	16,19 b*	20,55 a	20,56 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,19 c	3,25 a	2,94 b
K (g kg <sup>-1</sup> )	18,96 b	22,35 a	21,44 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	2,22 a	2,47 a	2,39 a
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,21 b	1,80 a	1,75 a
N (kg ha <sup>-1</sup> )	20,60 a	21,66 a	19,59 a
P (kg ha <sup>-1</sup> )	2,78 b	3,41 a	2,80 b
K (kg ha <sup>-1</sup> )	24,17 a	23,47 a	20,48 a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	2,81 a	2,61 ab	2,29 b
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	1,54 b	1,89 a	1,67 b

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

APÊNDICE E – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 em função da declividade, no corte C3, em ambos os experimentos.

Avaliação Experimento I	Declividade (%)		
	15	25	35
N (g kg <sup>-1</sup> )	24,52 a*	21,47 b	24,56 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,36 a	2,31 a	2,59 a
K (g kg <sup>-1</sup> )	25,26 a	25,88 a	24,64 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,91 a	1,65 b	2,08 a
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,62 a	2,54 a	2,58 a
N (kg ha <sup>-1</sup> )	45,20 a	35,35 a	40,61 a
P (kg ha <sup>-1</sup> )	4,60 a	4,08 a	4,39 a
K (kg ha <sup>-1</sup> )	47,00 a	42,27 a	40,68 a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	3,62 a	2,71 b	3,73 ab
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	4,93 a	4,27 a	4,30 a
Avaliação Experimento II	Declividade (%)		
	10	20	30
N (g kg <sup>-1</sup> )	22,09 c*	24,86 b	26,82 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,90 b	3,24 a	2,92 b
K (g kg <sup>-1</sup> )	19,02 c	21,43 b	25,48 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	3,92 a	4,03 a	4,03 a
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,25 b	2,53 a	2,18 b
N (kg ha <sup>-1</sup> )	15,86 b	26,92 a	32,36 a
P (kg ha <sup>-1</sup> )	2,06 b	3,44 a	3,49 a
K (kg ha <sup>-1</sup> )	13,87 b	23,01 ab	31,42 a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	2,72 b	4,24 ab	4,87 a
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	1,62 b	2,66 a	2,72 a

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

APÊNDICE F – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 em função da declividade, no corte C4, em ambos os experimentos.

Avaliação Experimento I	Declividade (%)		
	15	25	35
N (g kg <sup>-1</sup> )	28,38 b*	33,72 a	32,48 ab
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,56 c	3,54 a	2,95 b
K (g kg <sup>-1</sup> )	22,39 a	23,54 a	21,91 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,53 a	1,49 a	1,51 a
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,82 a	2,55 b	2,71 ab
N (kg ha <sup>-1</sup> )	55,31 a	24,47 c	38,64 b
P (kg ha <sup>-1</sup> )	5,57 a	2,71 c	3,82 b
K (kg ha <sup>-1</sup> )	42,28 a	16,63 c	25,69 b
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	2,87 a	0,97 c	1,73 b
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	5,35 a	1,75 c	3,17 a
Avaliação Experimento II	Declividade (%)		
	10	20	30
N (g kg <sup>-1</sup> )	16,98 c*	19,86 b	22,18 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,24 b	2,25 b	2,55 a
K (g kg <sup>-1</sup> )	18,61 b	19,07 b	21,79 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	2,98 b	3,22 ab	3,45 a
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,58 a	1,58 a	1,42 a
N (kg ha <sup>-1</sup> )	37,51 a	46,66 a	46,70 a
P (kg ha <sup>-1</sup> )	4,83 a	5,29 a	5,41 a
K (kg ha <sup>-1</sup> )	40,66 a	44,43 a	45,59 a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	6,51 a	7,48 a	7,24 a
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	3,41 a	3,65 a	3,03 a

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

APÊNDICE G – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 em função da declividade, no corte C5, em ambos os experimentos.

Avaliação Experimento I	Declividade (%)		
	15	25	35
N (g kg <sup>-1</sup> )	23,79 a*	22,43 a	23,20 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,77 ab	2,53 b	2,79 a
K (g kg <sup>-1</sup> )	17,79 b	20,10 a	18,77 ab
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,35 a	1,06 b	1,19 ab
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,55 a	1,70 a	1,64 a
N (kg ha <sup>-1</sup> )	53,51 a	36,27 c	44,44 b
P (kg ha <sup>-1</sup> )	7,05 a	4,72 b	6,20 a
K (kg ha <sup>-1</sup> )	38,93 a	33,88 a	34,88 a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	2,94 a	1,87 b	2,26 b
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	3,34 a	2,78 a	3,38 a
Avaliação Experimento II	Declividade (%)		
	10	20	30
N (g kg <sup>-1</sup> )	24,72 b*	26,35 b	30,96 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,46 b	2,71 ab	2,93 a
K (g kg <sup>-1</sup> )	20,65 b	25,92 a	26,88 a
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,36 a	1,37 a	1,17 a
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,55 a	1,70 a	1,64 a
N (kg ha <sup>-1</sup> )	34,50 b	55,31 a	65,12 a
P (kg ha <sup>-1</sup> )	3,52 b	5,73 a	6,15 a
K (kg ha <sup>-1</sup> )	31,00 b	55,06 a	56,84 a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	1,90 b	2,93 a	2,46 ab
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	2,13 a	3,61 a	3,69 a

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

APÊNDICE H – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 de acordo com as doses de DLS, nos cortes C1 ao C5, experimento I (Continua)

Corte	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				Equação	CV (%)
		0	99	198	396		
C1	N	19,66	21,55	21,18	21,80	ns	8,5
	P	1,29	1,96	2,54	3,32	y= 0,0050** x + 1,4033 R <sup>2</sup> = 0,98	7,1
	K	24,63	28,63	27,40	30,78	ns	16,2
	Ca	1,17	1,20	1,30	1,31	y= 0,0003* x + 1,1846 R <sup>2</sup> = 0,80	9,0
	Mg	1,87	1,94	1,98	2,08	y= 0,0005** x + 1,8755 R <sup>2</sup> = 0,99	5,7
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	22,39	30,06	32,28	42,35	y= 0,0480** x + 23,4451 R <sup>2</sup> = 0,97	24,5
	P	1,46	2,75	3,98	6,47	y= 0,0126** x + 1,4771 R <sup>2</sup> = 1,0	27,2
	K	28,19	40,30	42,09	60,60	y= 0,0777** x + 29,3311 R <sup>2</sup> = 0,96	33,7
	Mg	2,13	2,71	3,05	3,97	y= 0,0045** x + 2,1777 R <sup>2</sup> = 0,99	22,9
C2	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	18,96	18,61	19,09	18,47	ns	9,3
	P	1,04	1,68	2,25	2,75	y= 0,0042** x + 1,1997 R <sup>2</sup> = 0,94	8,0
	K	20,66	20,57	23,27	19,86	ns	17,8
	Ca	1,12	1,13	1,12	1,25	ns	13,7
	Mg	1,34	1,52	1,69	1,81	y= 0,0011** x + 1,3904 R <sup>2</sup> = 0,93	8,7
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	17,48	27,73	27,62	34,39	y= 0,0379** x + 20,2280 R <sup>2</sup> = 0,84	26,1
	P	0,97	2,52	3,28	5,12	y= 0,0101** x + 1,2213 R <sup>2</sup> = 0,98	28,0
	K	19,64	30,70	34,10	35,67	y= 0,0362* x + 23,7533 R <sup>2</sup> = 0,71	35,3
Mg	1,05	1,68	1,65	2,38	y= 0,0030** x + 1,1611 R <sup>2</sup> = 0,91	31,8	
C3	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	22,09	23,16	23,31	25,49	y= 0,0082** x + 22,0835 R <sup>2</sup> = 0,95	6,1
	P	1,56	2,09	2,70	3,33	y= 0,0044** x + 1,6497 R <sup>2</sup> = 0,97	14,0
	K	23,96	25,39	24,23	27,44	y= 0,0078** x + 23,8915 R <sup>2</sup> = 0,70	7,9
	Ca	1,75	1,87	1,89	2,01	ns	11,0
	Mg	2,18	2,60	2,70	2,86	y= 0,0015** x + 2,3126 R <sup>2</sup> = 0,81	9,4
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	23,96	39,05	42,32	56,21	y= 0,0760** x + 27,2177 R <sup>2</sup> = 0,94	24,7
	P	1,69	3,54	4,96	7,22	y= 0,0137** x + 1,9786 R <sup>2</sup> = 0,98	26,9
	K	26,02	42,00	44,11	61,12	y= 0,0825** x + 29,0113 R <sup>2</sup> = 0,94	27,5
Mg	2,36	4,40	4,96	6,27	y= 0,0091** x + 2,9184 R <sup>2</sup> = 0,90	28,2	

APÊNDICE H – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 de acordo com as doses de DLS, nos cortes C1 ao C5, experimento I (Conclusão).

Corte	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				Equação	CV (%)
		0	99	198	396		
C4	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	24,19	29,11	35,04	37,76	y= 0,0341** x + 25,6253 R <sup>2</sup> = 0,90	13,8
	P	1,32	2,62	3,78	4,34	y= 0,0074** x + 1,7262 R <sup>2</sup> = 0,88	11,1
	K	20,32	21,27	23,04	25,82	y= 0,0142** x + 20,1446 R <sup>2</sup> = 0,99	8,9
	Ca	1,52	1,50	1,49	1,53	ns	14,2
	Mg	2,50	2,68	2,67	2,93	y= 0,0009** x + 2,5240 R <sup>2</sup> = 0,93	7,8
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	11,13	31,41	42,20	73,14	y= 0,1524** x + 13,0582 R <sup>2</sup> = 0,99	24,0
	P	0,56	2,67	4,53	8,38	y= 0,0196** x + 0,6357 R <sup>2</sup> = 0,99	23,2
	K	9,25	23,68	28,65	51,22	y= 0,1021** x + 10,5086 R <sup>2</sup> = 0,98	29,9
C5	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	22,87	22,15	23,41	24,13	ns	6,4
	P	1,34	2,51	3,20	3,74	y= 0,0057** x + 1,7017 R <sup>2</sup> = 0,88	9,0
	K	18,40	18,61	19,65	18,88	ns	7,9
	Ca	1,03	1,30	1,24	1,22	ns	22,2
	Mg	1,52	1,55	1,66	1,79	ns	21,0
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	14,27	35,77	52,82	76,09	y= 0,1530** x + 18,2171 R <sup>2</sup> = 0,97	14,0
	P	0,85	4,09	7,24	11,79	y= 0,0274** x + 1,2380 R <sup>2</sup> = 0,99	14,1
	K	11,63	29,73	43,83	58,40	y= 0,1151** x + 15,9562 R <sup>2</sup> = 0,94	14,3
Ca	0,70	2,17	2,75	3,82	y= 0,0074** x + 1,0720 R <sup>2</sup> = 0,93	22,5	
Mg	0,97	2,46	3,74	5,50	y= 0,0112** x + 1,2124 R <sup>2</sup> = 0,98	29,8	

(ns) não significativo (P<0,05); (\*) significativo (P<0,05); (\*\*) significativo (P<0,01);

(CV) coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.



APÊNDICE I – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 de acordo com as doses de DLS, nos cortes C1 ao C5, experimento II (Continua)

Corte	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				Equação	CV (%)
		0	99	198	396		
C1	N	23,84	24,39	22,89	23,51	ns	7,8
	P	3,13	3,55	3,37	3,58	y= 0,0008* x + 3,2540 R <sup>2</sup> = 0,52	8,8
	K	36,08	36,43	34,51	37,62	ns	7,2
	Ca	2,77	2,83	2,73	2,70	ns	9,6
	Mg	2,53	2,70	2,19	2,47	ns	14,6
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	35,56	34,11	34,50	42,98	y= 0,0202* x + 33,2808 R <sup>2</sup> = 0,67	17,5
	P	4,85	5,13	5,29	6,59	y= 0,0044* x + 4,7026 R <sup>2</sup> = 0,93	21,7
	K	55,54	52,53	53,68	68,73	y= 0,0363* x + 51,3357 R <sup>2</sup> = 0,66	20,1
	Mg	4,09	3,97	4,11	4,94	ns	20,8
C2	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )	3,85	3,87	3,34	4,39	ns	21,5
	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	19,85	19,25	18,61	18,69	ns	9,0
	P	2,57	2,97	2,83	2,83	ns	9,6
	K	20,92	20,90	20,57	21,27	ns	8,5
	Ca	2,37	2,32	2,41	2,33	ns	10,8
	Mg	1,45	1,68	1,58	1,64	ns	13,0
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	21,31	21,84	20,02	19,32	ns	17,0
	P	2,75	3,32	3,01	2,92	ns	13,3
C3	K	22,66	23,72	22,29	22,15	ns	16,2
	Ca	2,56	2,63	2,64	2,45	ns	17,4
	Mg	1,55	1,85	1,68	1,71	ns	12,1
	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	21,80	24,15	24,60	27,82	y= 0,0144** x + 22,0953 R <sup>2</sup> = 0,96	7,2
	P	3,00	3,06	3,09	2,91	ns	8,6
	K	20,53	21,08	22,18	24,11	y= 0,0092** x + 20,3704 R <sup>2</sup> = 0,99	8,1
	Ca	4,05	4,17	3,90	3,86	ns	8,4
	Mg	2,12	2,18	2,48	2,50	y= 0,0010** x + 2,1435 R <sup>2</sup> = 0,79	8,9
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
N	14,63	22,96	28,23	34,37	y= 0,0479** x + 16,7351 R <sup>2</sup> = 0,94	40,7	
P	1,99	2,85	3,53	3,62	y= 0,0039* x + 2,3137 R <sup>2</sup> = 0,78	42,1	
K	13,39	20,55	26,02	30,66	y= 0,0413* x + 15,5984 R <sup>2</sup> = 0,93	44,5	
Ca	2,66	3,83	4,45	4,83	y= 0,0051* x + 3,0524 R <sup>2</sup> = 0,83	40,7	
Mg	1,41	2,01	2,80	3,11	y= 0,0043** x + 1,5877 R <sup>2</sup> = 0,89	41,3	

APÊNDICE I – Teor foliar e exportação de nutrientes pela MS de forragem de Tifton 85 de acordo com as doses de DLS, nos cortes C1 ao C5, experimento II (Conclusão).

Corte	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				Equação	CV (%)
		0	99	198	396		
C4	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	19,37	18,63	19,27	21,43	y= 0,0059** x + 18,6415 R <sup>2</sup> = 0,68	6,4
	P	2,21	2,24	2,43	2,51	y= 0,0008** x + 2,2080 R <sup>2</sup> = 0,89	7,2
	K	19,57	19,30	20,03	20,40	ns	4,4
	Ca	3,26	3,18	3,18	3,26	ns	8,2
	Mg	1,48	1,59	1,46	1,58	ns	14,3
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	27,07	34,48	45,37	67,59	y= 0,1041** x + 25,5902 R <sup>2</sup> = 0,99	22,8
	P	3,01	4,08	5,73	7,88	y= 0,0125** x + 3,0100 R <sup>2</sup> = 0,99	20,7
	K	27,16	35,43	47,28	64,37	y= 0,0952** x + 27,0540 R <sup>2</sup> = 0,99	21,4
	Ca	4,52	5,87	7,53	10,40	y= 0,0149** x + 4,4851 R <sup>2</sup> = 0,99	24,3
Mg	2,05	2,94	3,45	5,02	y= 0,0073** x + 2,0951 R <sup>2</sup> = 0,99	23,6	
C5	Teor Foliar (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	27,34	28,66	26,27	27,11	ns	12,3
	P	2,72	2,73	2,75	2,60	ns	10,2
	K	22,70	23,83	25,91	25,49	y= 0,0071** x + 23,2426 R <sup>2</sup> = 0,66	7,7
	Ca	1,39	1,20	1,33	1,29	ns	18,0
	Mg	1,52	1,55	1,66	1,79	ns	20,1
	Exportação (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N	38,04	47,97	53,94	66,63	y= 0,0702** x + 39,4760 R <sup>2</sup> = 0,98	30,0
	P	3,80	4,58	5,71	6,43	y= 0,0066** x + 3,9726 R <sup>2</sup> = 0,94	30,2
	K	32,11	41,52	53,85	63,06	y= 0,0785** x + 34,0295 R <sup>2</sup> = 0,95	32,1
	Ca	1,87	1,89	2,78	3,17	y= 0,0036** x + 1,80 R <sup>2</sup> = 0,88	33,1
Mg	2,04	2,60	3,47	4,46	y= 0,0062** x + 2,0682 R <sup>2</sup> = 0,98	43,7	

(ns) não significativo (P<0,05); (\*) significativo (P<0,05); (\*\*) significativo (P<0,01);

(CV) coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

APÊNDICE J – Frações de fósforo no solo em função da declividade, no fracionamento de P inicial (anterior as aplicações de DLS), em ambos os experimentos, na camada de 0 – 10 cm.

Fração Experimento I	Declividade (%)			Média
	15	25	35	
	P (mg kg <sup>-1</sup> )			
Pi Resina	8,24 a*	7,71 a	7,47 a	7,81
Pi NaHCO <sub>3</sub>	0,69 a	0,65 a	0,50 a	0,62
Pi NaOH 0,1	22,98 a	21,05 ab	19,92 b	21,32
Pi HCL	1,09 b	0,82 b	1,55 a	1,16
Pi NaOH 0,5	12,56 a	15,60 a	13,45 a	12,87
Po NaHCO <sub>3</sub>	7,24 a	5,68 a	5,50 a	6,14
Po NaOH 0,1	42,67 a	43,62 a	33,04 b	39,78
Po NaOH 0,5	11,86 a	10,98 a	14,12 a	12,32
P Residual	104,46 a	121,26 b	104,36 a	110,03

Fração Experimento II	Declividade (%)			Média
	10	20	30	
	P (mg kg <sup>-1</sup> )			
Pi Resina	13,31 b*	8,63 b	21,19 a	14,38
Pi NaHCO <sub>3</sub>	2,71 b	1,47 b	8,07 a	4,09
Pi NaOH 0,1	62,16 b	41,16 c	94,12 a	65,81
Pi HCL	1,26 b	0,93 b	3,44 a	1,88
Pi NaOH 0,5	20,09 b	14,24 b	31,33 a	21,89
Po NaHCO <sub>3</sub>	16,05 a	16,76 a	16,67 a	16,49
Po NaOH 0,1	141,38 b	108,45 b	209,20 a	153,01
Po NaOH 0,5	73,16 b	52,63 c	154,11 a	93,30
P Residual	534,21 b	507,82 b	587,07 a	543,04

\* Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.