

Mapeamento da produção de massa seca do Tifton 85 e sua correlação com os atributos químicos do solo

Mapping dry matter production of Tifton 85 and its correlation with the soil chemical properties

Osmar Henrique de Castro Pias^{1*}; Claudir José Basso²; Antônio Luis Santi²;
Diogo Rafael Bier³; Marlo Adriano Bison Pinto¹

Resumo

A criação de bovinos em sistema semiextensivo tem sido a mais utilizada atualmente pelos criadores do Brasil, porém problemas como a degradação das pastagens estão comprometendo este sistema produtivo, reduzindo a produção das forragens e consequentemente a lucratividade dos produtores. Diante disso, objetivou-se com este estudo realizar o mapeamento da produção de massa seca, acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do Tifton 85, e avaliar as suas correlações com os atributos químicos em diferentes camadas do perfil do solo. O estudo foi realizado em uma área de 4,3 ha constituída de Tifton 85 no município de Vista Gaúcha - RS, Brasil, durante os meses de outubro a dezembro de 2012. A área experimental foi georreferenciada e dividida em uma malha amostral de 50 x 50 m, resultando em 16 pontos amostrais. Foi realizado dois cortes no Tifton 85 para a avaliação da produção de massa seca. A amostragem do solo foi realizada nas camadas de 0,00 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e à matriz de correlação linear de Pearson, sendo os resultados especializados em mapas temáticos. A produção de massa seca, acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio pelo Tifton 85 apresentaram coeficientes de variação classificados de altos a muito altos, e de maneira geral, demonstraram baixa correlação com os atributos químicos do solo, independentemente da camada do perfil amostrada.

Palavras-chave: *Cynodon* spp., agricultura de precisão, nutrição de plantas, produção de forragem

Abstract

The creation of cattle in the semi extensive system has currently been the most used by the farmers on Brazil, however, problems such as degradation of pastures are committing this production system, reducing the production of forage and consequently the profitability of producers. In this sense, the aim of this study was to perform the mapping of the dry mass production, nitrogen accumulation, phosphorus and potassium in the Tifton 85, and evaluate their correlations with the chemical attributes in different layers of the soil profile. The study was carried out in an area of 4.3 ha constituted of Tifton 85 in the city of Vista Gaucha - RS, Brazil, during the months from October to December in the year of 2012. The experimental area was georeferenced and divided into a sample mesh of 50 x 50 m, resulting in 16 sampling points. It was conducted two cuts on Tifton 85 to evaluate the dry mass production. Soil sampling was done in the layers from 0.00 - 0.10 m, 0.10 - 0.20 and 0.20 - 0.40 m.

¹ Eng^{os} Agr^{os}, Discentes do Curso de Mestrado em Agronomia Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Frederico Westphalen, RS. E-mail: henriquepias@yahoo.com.br; marlobison@hotmail.com

² Eng^{os} Agr^{os}, Profs. Drs., Dept^o de Ciências Agronômicas e Ambientais, UFSM, Frederico Westphalen, RS. E-mail: claudirbasso@gmail.com; santi_pratica@yahoo.com.br

³ Eng^o Agr^o, M.e, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: rafaelbier@bol.com

* Autor para correspondência

The data were submitted to descriptive statistical analysis and linear correlation matrix of Pearson, being the results specialized in thematic maps. The production of dry mass, nitrogen accumulation, phosphorus and potassium by Tifton 85 showed coefficients of variation ranked of high to very high, and in generally, demonstrated low correlation with the soil chemical properties, independently of the layer profile evaluated.

Key words: *Cynodon* spp., precision agriculture, plant nutrition, forage production

Introdução

A criação de bovinos conduzidos em sistema semiextensivo, tem sido a principal estratégia de manejo adotado pelos produtores no Sul do Brasil, em função da maior rentabilidade econômica, quando comparado aos demais sistemas de criação. Contudo, problemas como a degradação das pastagens tem ameaçado a sustentabilidade deste sistema produtivo (SANTOS et al., 2010), ao reduzir o rendimento das forragens (LIMA et al., 2004; SANTOS et al., 2009) e aumentar os problemas com a erosão dos solos (KRÜMMELBEIN; PETH; HORN, 2008). As principais causas da degradação dos solos são: a falta de práticas conservacionistas, dimensionamento incorreto da capacidade de suporte das pastagens, baixa fertilidade natural dos solos e a ausência de reposição dos nutrientes extraídos pelas forragens.

Uma prática que tem sido realizada com sucesso pelos produtores, é a introdução de espécies de forragem melhoradas, que possuem geneticamente maior potencial produtivo, como é o caso da grama Tifton 85 (*Cynodon* spp.) (FARINATTI et al., 2009). Entretanto, esta espécie é uma das forrageiras que apresenta maior exigência em fertilidade do solo, para que ocorra o seu desenvolvimento de forma satisfatória (MARCELINO et al., 2003).

O potencial produtivo das forragens e a própria eficiência das adubações, estão condicionados a vários fatores, sendo o equilíbrio nutricional do solo essencial (RIBEIRO; PEREIRA, 2011). Devido à elevada influência da fertilidade do solo na produção das forragens se faz necessário quantificar periodicamente a variação das suas propriedades químicas, uma vez que, o solo é um sistema dinâmico

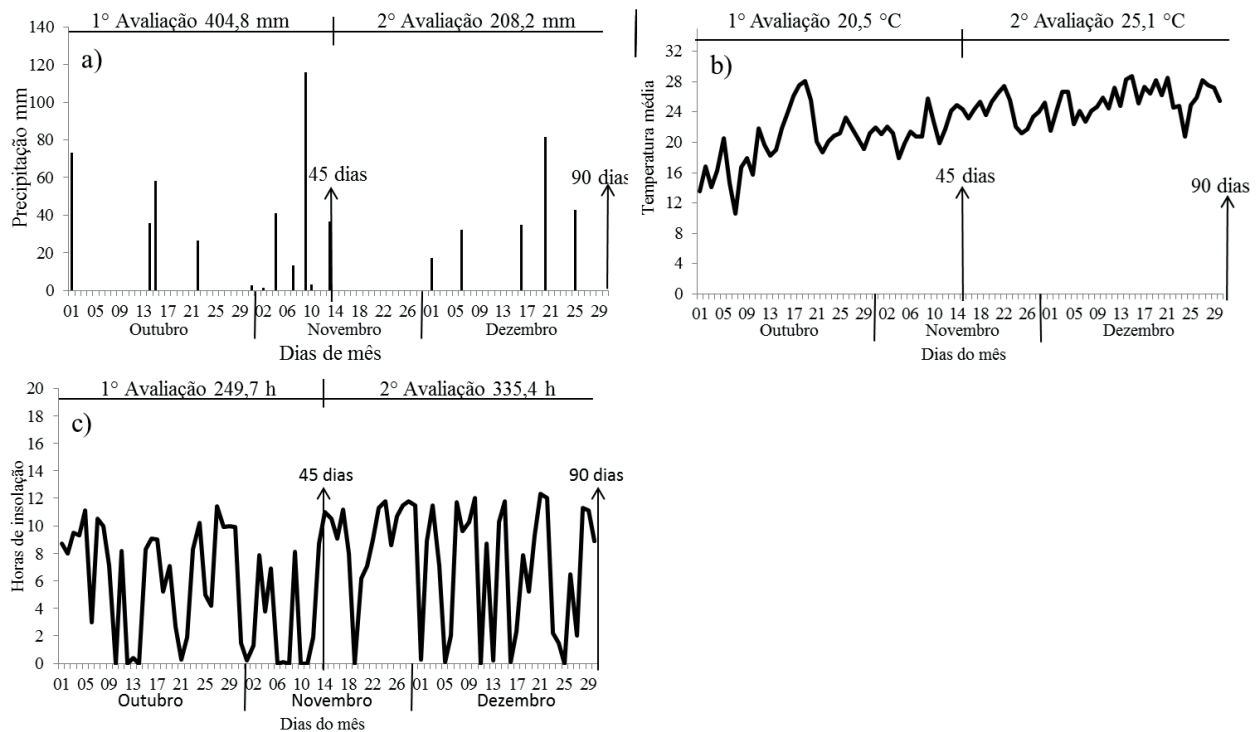
e está em constantes modificações, constituindo assim, uma heterogeneidade natural ao longo do tempo (DICK et al., 2009).

O estudo da variabilidade das características químicas do solo em áreas de pastagem é imprescindível, pois possibilita detectar quais são os atributos que estão limitando o desenvolvimento da forragem (SARMENTO et al., 2006). A hipótese que fundamenta este trabalho é de que o Tifton 85 apresenta elevada variabilidade de produção de massa seca em diferentes pontos da área e que os atributos químicos do solo estão relacionados com essa desuniformidade produtiva. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade da produção de massa seca, acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do Tifton 85, e suas correlações com os atributos químicos em diferentes camadas do perfil solo.

Material e Métodos

O estudo foi realizado entre os meses de outubro a dezembro de 2012, no município de Vista Gaúcha - RS, Brasil, a área amostral está localizada nas coordenadas geográficas latitude 27° 18' 08'' S e longitude 53° 42' 16'' O, com uma altitude média de 420 metros. O solo presente na área, conforme classificação descrita por Santos et al. (2013) é um Latossolo Vermelho distrófico, com 67% de argila em sua composição, o relevo do local é medianamente ondulado. Os dados meteorológicos de temperatura, horas de insolação e pluviosidade do período do estudo, obtidos pela estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, localizada a 56 km da área experimental, estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Dados meteorológicos dos meses de outubro a dezembro de 2012, período do experimento. a) Precipitação, b) Temperatura média, c) Horas de insolação.



Fonte: Elaboração dos autores.

A área experimental utilizada no estudo foi de 4,27 ha, constituída de grama Tifton 85, estabelecida há 13 anos. A adubação da pastagem era realizada mensalmente pelo proprietário, a partir da utilização de, em média $2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos líquidos de suínos, distribuídos em taxa fixa. No ano de 2010, o produtor realizou a aplicação de calcário em toda a área conforme recomendação da análise de solo, buscando elevar o pH a 5,5. Inicialmente a área foi georreferenciada e dividida em uma malha amostral quadricular regular de $50 \times 50 \text{ m}$, resultando em 16 pontos amostrais. Na sequência, no dia 31/09/2012, toda a área foi roçada a uma altura de 0,05 m e visando restringir a entrada dos animais nos locais de avaliação, foram instalados em cada ponto amostral, círculos de proteção de $1,76 \text{ m}^2$ de área interna, confeccionados com tela de arame e ferro.

Para a determinação da produção do Tifton 85, procedeu-se o corte da forragem dentro dos

círculos de proteção em uma área de $0,25 \text{ m}^2$ em uma altura de 0,05 m (simulando um pastejo), com três repetições, sendo toda a fitomassa do Tifton 85 removida manualmente e acondicionada em sacos de papel. Procedeu-se essa avaliação em dois momentos, com um intervalo de 45 dias entre os cortes.

Após o corte do Tifton 85, as amostras eram alocadas em uma estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de $65 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$, até a obtenção de peso constante das amostras para a determinação da produção de massa seca da forragem, a partir da média das 3 subamostras coletadas. Posteriormente, as amostras secas foram moídas em um triturador (fração mais grosseira) e posteriormente parte da amostra moída era passada em um moinho tipo Willey ($<40 \text{ mesh}$). Na sequência as amostras foram encaminhadas para o laboratório de análise de tecidos vegetais da Universidade Federal de

Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, para a determinação das concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do Tifton 85, seguindo-se as metodologias descritas por Tedesco et al. (1995). Com os valores das concentrações dos nutrientes (%) e a produção de massa seca (kg ha⁻¹) do Tifton 85, calculou-se o acúmulo desses elementos (kg ha⁻¹) na parte aérea da forragem.

A amostragem de solo foi realizada de forma manual, utilizando-se trado calador, sendo a avaliação procedida concomitantemente com o segundo corte do Tifton 85. As amostras foram coletadas em três camadas do perfil do solo, sendo elas de: 0,00 - 0,10 m conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004), 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. Para compor a amostra composta efetuou-se a coleta de 8 subamostras, obtidas de forma aleatória em um raio de 3 metros de cada ponto amostral. Na sequência as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, para a caracterização dos atributos químicos do solo, de acordo com as metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos à análise estatística descritiva exploratória, obtendo-se as medidas de posição (mínimo, média e máximo) e de dispersão (coeficiente de variação (CV%), de assimetria e de curtose). Os valores de CV foram classificados segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002) como de variabilidade baixa (CV < 10%), média (10 < CV < 20%), alta (20 < CV < 30%) e muito alta (CV > 30%). A hipótese de normalidade foi testada pelo teste W a 5% de significância (SHAPIRO; WILK, 1965). Para avaliação da relação existente entre os atributos químicos do solo e a produção de massa seca, acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do Tifton 85 foi realizado a análise da matriz de correlação

linear simples de Pearson ($p \leq 0,05\%$). Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional Statistical Analysis System - SAS 8.0 (SAS Institute, 1999).

Os mapas temáticos foram confeccionados com auxílio do *software* computacional CR-Campeiro 7 (GIOTTO; ROBAINA, 2007), em decorrência do enfoque do trabalho ser à pequena propriedade, foi avaliado um número reduzido de pontos amostrais (n= 16 pontos), dessa forma impossibilitou-se o uso de análises geoestatísticas (n≥ 50 pontos) para comprovar a existência de dependência espacial entre as amostras (WEBSTER; OLIVER, 2007). Diante disso, optou-se por utilizar o inverso do quadrado da distância na interpolação dos dados (COELHO et al., 2009).

Resultados e Discussão

A partir dos resultados da estatística descritiva dos atributos químicos do solo apresentados na Tabela 1, e da interpretação de seus valores segundo a CQFS RS/SC (2004), observa-se que os teores de P em todos os pontos amostrados se encontravam em níveis considerados como muito altos ($P > 12 \text{ mg dm}^3$) na camada de 0,00 - 0,10 m, nas camadas subsequentes de 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m os valores médios obtidos foram classificados como muito alto e alto ($6,1 < P < 12 \text{ mg dm}^3$), respectivamente. Contudo, a partir dos valores mínimos, observa-se que alguns pontos da área apresentavam teores de P pertencentes às classes de interpretação baixa e média. Em todas as camadas avaliadas do perfil do solo o P apresentou variabilidade muito alta (CV > 30%) na área experimental, segundo a classificação de Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Elevados valores de CVs para o P em Latossolos já foram reportados por Amado et al. (2009) sendo que os autores atrelam esse resultado à alta complexidade das reações deste nutriente no solo.

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos químicos do solo coletados sobre malhas em três camadas do perfil.

Variáveis	K ⁺	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH H ₂ O	CTC Efetiva	CTC pH ₇	H+Al	V
	----mg/dm ³ ----		-----Cmolc/L-----						--%--
Camada de 0,00 - 0,10 m									
Mínimo	315,75	13,87	5,24	3,69	5,55	10,10	13,58	2,17	72,29
Média	410,22	50,90	6,36	4,58	6,06	11,99	14,75	2,77	81,15
Máximo	653,15	172,37	7,22	6,74	6,49	14,34	17,10	3,89	86,40
CV (%)	21,53	83,70	8,77	16,23	3,73	9,18	6,69	13,88	3,76
Assimetria	1,36	1,95	-0,43	1,78	-0,25	0,53	0,80	1,46	-1,45
Curtose	2,71	3,73	4,67	4,03	0,74	0,26	0,44	4,41	4,78
Teste W ⁽¹⁾	0,95 ^{ns}	0,84*	0,86*	0,76*	0,97 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,87*	0,87*
Camada de 0,10 - 0,20 m									
Mínimo	157,97	9,14	4,77	3,03	5,44	9,05	11,74	1,86	71,13
Média	323,85	22,40	5,85	3,83	6,08	10,52	12,93	2,41	81,21
Máximo	750,23	73,42	6,83	5,04	6,47	12,76	15,34	3,46	86,13
CV (%)	39,27	66,71	10,44	13,16	4,18	9,83	7,44	15,63	4,28
Assimetria	2,25	2,90	0,01	0,79	-0,97	0,58	1,03	1,29	-1,48
Curtose	7,15	9,98	-0,94	0,70	1,42	-0,33	1,15	3,24	4,08
Teste W ⁽¹⁾	0,78*	0,67*	0,97 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,88*
Camada de 0,20 - 0,40 m									
Mínimo	52,94	3,52	4,17	2,49	5,30	7,50	9,84	1,67	71,21
Média	193,93	10,91	5,16	3,19	5,71	8,86	11,13	2,27	79,30
Máximo	449,33	25,54	6,38	3,84	6,96	11,01	13,03	2,92	85,80
CV (%)	56,13	63,50	11,99	12,01	5,58	11,72	8,41	15,03	4,95
Assimetria	1,08	0,88	0,49	-0,08	0,27	0,66	0,67	-0,04	-0,18
Curtose	0,69	-0,32	-0,19	-0,55	1,12	0,57	-0,51	-0,17	0,34
Teste W ⁽¹⁾	0,91 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,94 ^{ns}

W⁽¹⁾ = Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: ^{ns} não significativo e * significativo, em níveis de $p \leq 0,05$, quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os teores de K em todas as camadas do perfil do solo apresentaram valores classificados como muito alto ($K > 120 \text{ mg dm}^{-3}$), podendo-se, portanto inferir que os teores desse nutriente na área em estudo não estavam limitando o desenvolvimento do Tifton 85. O K apresentou um CV alto na camada inicial (21,53%) e muito alto nas camadas subsequentes ($CV \geq 30\%$). Valores elevados de K são comuns nessa região e segundo Ernani et al. (2007) isto se deve ao intenso intemperismo dos minerais primários e secundários que contém este elemento. Outra justificativa para a obtenção de

elevados teores tanto de K quanto para P obtidos na área de estudo é a rotina de fertilização realizada pelo produtor, com dejetos líquidos de suínos que apresenta elevada quantidade desses nutrientes em sua composição ($P = 2,4$ e $K = 1,5 \text{ kg m}^{-3}$) (CQFS RS/SC, 2004).

O solo do local apresentava bons níveis dos atributos relacionados à acidez do solo, estando os valores de pH acima de 5,5 que é descrito como valor referencia para a produção de forrageiras de estação quente (CQFC RS/SC, 2004). Os valores pH e saturação por bases (V) apresentaram baixa

variabilidade na área em estudo ($CV \leq 10\%$), e de maneira geral, os teores apresentaram tendência de redução nas camadas mais profundas do solo, contudo estes atributos se mantiveram em níveis adequados para o desenvolvimento do Tifton 85. Os valores médios de V nas camadas de 0,00 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 do solo foram classificados como altos ($V > 80\%$). Estudando os valores de V para o mesmo tipo de solo deste estudo, Prado e Barion (2009) observaram as maiores produções de massa seca do Tifton 85 quando o solo atingiu uma V de 67%. Em consequência dos elevados valores de pH e V observa-se que os valores de H+Al foram baixos ($H+Al < 10\%$).

Os atributos químicos do solo de Ca, Mg e CTC $pH_{7,0}$ todos se encontravam em níveis muito altos (CQFS-RS/SC, 2004). Avaliando-se os valores dos coeficientes de variação desses nutrientes, observa-se que todos apresentaram baixa variabilidade em seus dados ($CV < 10\%$). Os resultados apontados pelo teste de W e comprovados pelos valores de assimetria e curtose (próximos de 0), demonstraram que nas camadas do solo mais profunda avaliada 0,20 - 0,40 m todos os atributos apresentaram distribuições normais. Já na camada de 0,10 - 0,20 m o conjunto de dados dos atributos K, P e V não apresentaram normalidade. Na camada inicial apenas os atributos pH, CTC efetiva e CTC pH_7 apresentaram distribuição normal. Esse resultado de tendência de ocorrência de distribuições log normais para os atributos do solo nas camadas superficiais, possivelmente está associado a o maior efeito nessa camada, dos manejos de fertilização do solo e à maior concentração de raízes das plantas, os quais promovem o aumento da variabilidade.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da análise estatística descritiva dos dados de produção de massa seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do Tifton 85. Observa-se que houve elevada diferença de produtividade de

forragem entre as avaliações, passando de uma média de produção de massa seca de 4.083 kg ha^{-1} na primeira avaliação, para 5.194 kg ha^{-1} na segunda. Esse incremento de 27% na produção de massa seca na segunda avaliação pode estar associado às melhores condições climáticas para o desenvolvimento do Tifton 85, devido às médias mais elevadas de temperatura e horas de insolação (Figura 1b e 1c). Os maiores acúmulos de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do Tifton 85, ocorreram concomitantemente com as maiores produções de massa seca do Tifton 85 sendo os valores de correlação entre esses atributos com a produção de massa seca de 0,83, 0,91 e 0,88, respectivamente. Esses resultados corroboram com as afirmações de Favaretto et al. (2000) em que citam que o maior volume de nutrientes extraído do solo pelas forragens ocorre quando há as maiores produções de massa seca das culturas.

Houve uma alta variabilidade de produção de massa seca nos diferentes pontos da lavoura em ambas as avaliações, contudo a amplitude foi mais elevada na segunda, em que se observa que o ponto mais produtivo da área teve uma produção 2,8 vezes mais elevada que o ponto com menor produção de massa seca. Os valores de CV dessas variáveis demonstraram que houve uma variabilidade de produção na primeira avaliação classificada como alta ($20 < CV < 30\%$), com exceção do acúmulo de nitrogênio que foi classificada como muito alta. Já na segunda avaliação, todas as variáveis apresentaram CVs classificados como muito altos ($CV > 30\%$) (PIMENTEL-GOMEZ; GARCIA, 2002). Pelo teste de W, observa-se que no primeiro corte apenas os dados de acúmulo de potássio não seguiram uma distribuição normal, já na segunda coleta apenas o acúmulo de nitrogênio e fósforo apresentaram distribuições normais, esses resultados podem estar relacionados à maior variabilidade da produção de massa seca da forragem na segunda avaliação.

Tabela 2. Análise estatística descritiva da produção de massa seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar do Tifton 85 em duas avaliações.

Variáveis	Massa seca	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
	kg ha ⁻¹			
1ª Coleta - 14/11/2012				
Mínimo	2.960,00	48,00	15,00	66,00
Média	4.083,00	107,00	20,00	86,00
Máximo	5.852,00	168,00	31,00	136,00
CV (%)	20,60	33,62	23,05	21,34
Assimetria	0,71	0,37	1,05	1,56
Curtose	0,20	-0,83	0,65	2,61
Teste W ⁽¹⁾	0,95 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,84*
2ª Coleta - 29/12/2012				
Mínimo	3.207,00	56,00	12,00	52,00
Média	5.194,00	115,00	22,00	111,00
Máximo	8.988,00	193,00	56,00	182,00
CV (%)	30,34	36,65	47,07	34,00
Assimetria	1,19	0,74	2,49	0,54
Curtose	1,21	-0,31	7,10	-0,36
Teste W ⁽¹⁾	0,89*	0,90 ^{ns}	0,72*	0,95 ^{ns}

W⁽¹⁾ = Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: ^{ns} não significativo e * significativo, em níveis de $p \leq 0,05$, quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Fonte: Elaboração dos autores.

A partir da análise de correlação (Tabela 3), observa-se que os atributos químicos do solo, de maneira geral, não estavam limitando a produção de massa seca do Tifton 85 (ausência de correlação), com exceção da V na camada de 0,00 - 0,10 m que apresentou correlação negativa com a produção de massa seca no segundo corte. Por esse atributo estar com níveis muito altos, superiores aos obtidos por Prado e Barion (2009) como ótimos para a forrageira, uma possível justificativa para esse resultado é de que a V interferiu de maneira indireta no decréscimo da produção de massa seca do Tifton 85, por reduzir a disponibilidade micro e macronutrientes para as plantas (LIMA et al., 1999). A ausência de correlação entre os atributos químicos do solo e a produtividade de culturas é comumente descrito na literatura (CERI; MAGALHÃES, 2012; SANTI et al., 2012), e segundo Vezzani e Mielniczuk (2009) ocorre devido à elevada complexidade do solo, o qual caracteriza-se por ser um sistema

dinâmico e dependente de inúmeras interações entre componentes químicos físicos e biológicos. Além dos atributos do solo Santi et al. (2012) destaca que o desempenho produtivo das culturas está sujeito a todas as interações edafoclimáticas do ambiente.

As extrações de nitrogênio do solo pelo Tifton 85 apresentou correlações positivas com os teores de pH em água nas camadas de 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. Os teores de H+Al na camada de 0,20 - 0,40 m apresentaram correlação negativa com o acúmulo de N, porém tendo em vista que essa variável encontrava-se com baixos valores no solo, é importante salientar que a existência de correlação nem sempre indica a existência de causa e efeito direto do atributo sobre a planta, devendo-se considerar também que o sistema radicular do Tifton 85 é mais abundante na camada de até 0,20 m. Prado e Barion (2009) citam que a acidez é um dos principais problemas de fertilidade do solo, pois ele

promove uma desordem nutricional prejudicando a absorção de outros nutrientes. Isto explica a existência de correlação dos atributos relacionados

com a acidez do solo com o acúmulo de nutrientes do Tifton 85, mesmo com o pH do solo estando em níveis acima dos recomendados para a cultura.

Tabela 3. Coeficiente de correlação linear simples de Pearson (r) entre os atributos químicos em diferentes camadas do perfil do solo com a produção de massa seca, acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar do Tifton 85 em duas avaliações.

Variáveis	K ⁺	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH H ₂ O	CTC Efetiva.	CTC pH ₇	H+Al	V	
Camada de 0,00 - 0,10 m										
1 ^a	N	0,02 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	0,31 ^{ns}
	P	0,05 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,09 ^{ns}
	K	-0,16 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
	MS	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,08 ^{ns}
2 ^a	N	0,30 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	0,48 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,49 ^{ns}	-0,47 ^{ns}
	P	0,15 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,46 ^{ns}	0,54*	-0,47 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,65*	0,69*
	K	0,06 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,38 ^{ns}
	MS	0,14 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,50 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,45 ^{ns}	-0,52*
Camada de 0,10 - 0,20 m										
1 ^a	N	0,08 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,19 ^{ns}
	P	0,02 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,07 ^{ns}
	K	-0,07 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}
	MS	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,13 ^{ns}
2 ^a	N	0,49 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,60*	0,08 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,23 ^{ns}
	P	0,36 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	0,60*	-0,09 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,61*	-0,55*
	K	0,16 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
	MS	0,41 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,46 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-0,29 ^{ns}
Camada de 0,20 - 0,40 m										
1 ^a	N	-0,19 ^{ns}	-0,42 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,65*	0,35 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,60*	0,58*
	P	-0,15 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,11 ^{ns}
	K	-0,20 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,11 ^{ns}
	MS	-0,17 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	0,25 ^{ns}
2 ^a	N	0,44 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,16 ^{ns}
	P	0,28 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,08 ^{ns}
	K	0,01 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,31 ^{ns}
	MS	0,32 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,18 ^{ns}

Correlação linear de Pearson em que * corresponde a significativo (p<0,05) e ^{ns} não significativo (p>0,05).

MS= Massa seca; N= Nitrogênio; P= Fósforo; K= Potássio.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os valores de acúmulo de fósforo pelo Tifton 85 foram os que obtiveram a maior quantidade de relação com os atributos químicos do solo, apresentando correlação positiva com o pH e H+Al nas camadas de 0,00 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m e correlação negativa

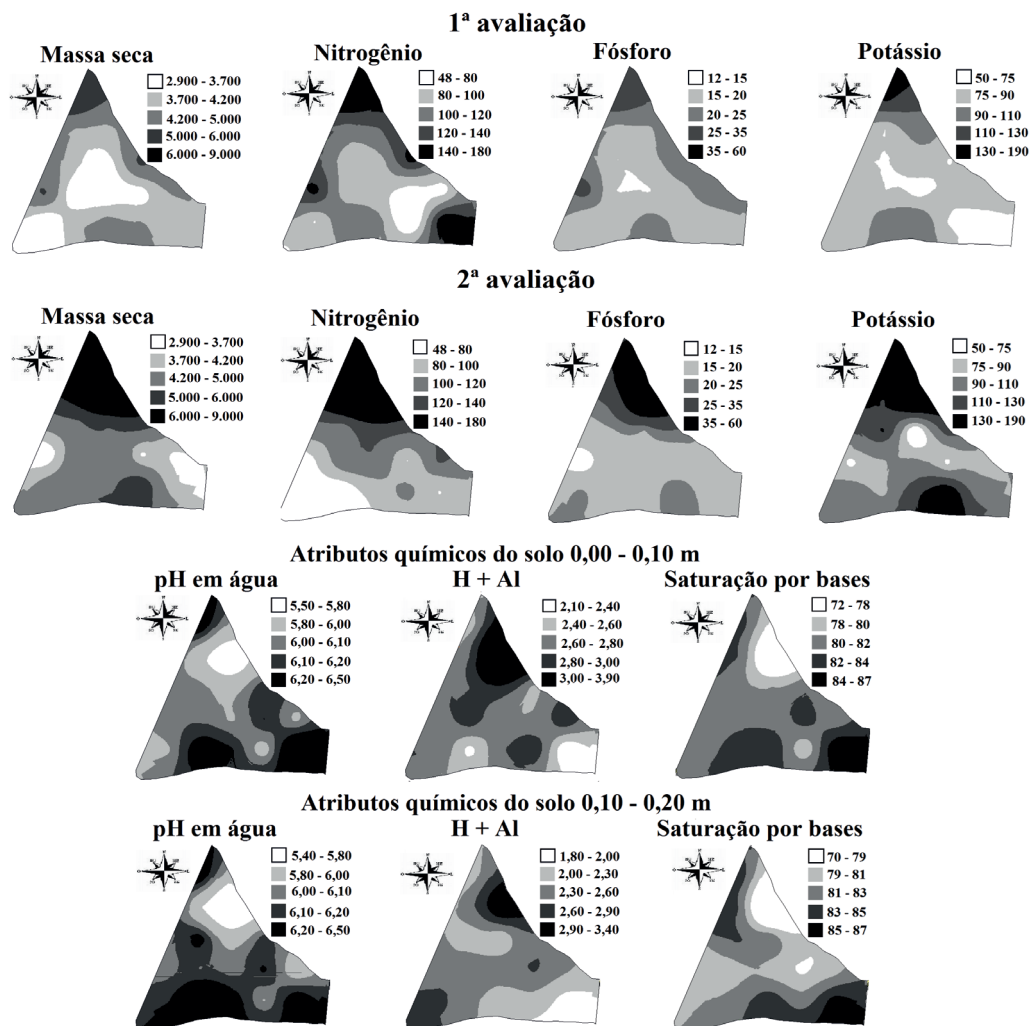
com a V na camada de 0,10 - 0,20 m. Na camada de 0,00 - 0,10 m a correlação com a V foi positiva, demonstrando assim, a variabilidade deste atributo no perfil do solo, podendo também esse resultado estar aliado a erros de amostragem, ao reduzido

número de amostras avaliadas e ou simplesmente à coincidência na variação intrínseca dos valores. Os atributos químicos do solo não apresentaram nenhuma correlação com os valores de acúmulo de potássio no tecido foliar do Tifton 85.

A partir dos mapas apresentados na Figura 2, observa-se visualmente a elevada variabilidade de produção do Tifton 85, assim como é possível analisar de forma visual a relação entre os mapas de produção e dos atributos do solo que apresentaram correlação pela análise de Pearson. Neste estudo, constatou-se que os atributos químicos do solo apresentaram baixa correlação com a produção de

massa seca do Tifton 85, porém deve-se salientar que a área de estudo apresentou elevados níveis de fertilidades. Dessa forma, os resultados expostos não devem ser extrapolados para outras áreas, se fazendo necessário avaliações *in loco* em cada área de pastagem para um diagnóstico local das condições de cada solo. Assim como se faz necessário o estudo de outros atributos relacionados à produção, como os atributos físicos do solo, afim de integralizar o maior número de informações possíveis para diagnosticar quais os fatores que estão causando a variabilidade da produção de forragem na área em estudo (SANTI et al., 2012).

Figura 2. Mapas temáticos da produção de massa seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio (kg ha^{-1}) pelo Tifton 85 em duas avaliações e os principais atributos químicos do solo correlacionados.



Fonte: Elaboração dos autores.

Para cada kg de massa seca de Tifton 85 produzida no presente estudo houve a exportação de 24,2 g de N, 21,22 g de K e 4,57 g de P. Como se detectou neste estudo que a exportação de NPK está diretamente relacionada com a produção de massa seca, vislumbra-se o potencial da utilização do mapeamento da produtividade da forrageira para realizar a reposição dos nutrientes extraídos pela forragem por meio de aplicações de fertilizantes a taxa variada, promovendo benefícios tanto econômicos quanto ambientais.

Conclusões

A produção de massa seca, acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio do Tifton 85, apresentaram coeficientes de variação classificados de altos a muito altos, e de maneira geral, demonstraram baixa correlação com os atributos químicos do solo, independentemente da camada do perfil amostrada.

Referências

AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEIMAINSKI, C. L.; SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 831-843, 2009.

COELHO, E. C.; SOUZA, E. G.; URIBEOPAZO, M. A.; PINHEIRO NETO, R. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 31, n. 1, p. 165-174, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). *Química e mineralogia do solo. Parte II- aplicações*. Viçosa, MG: SBCS, 2009. v. 2, p. 1-55.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R.

B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p. 551-594.

FARINATTI, L. H. E.; MONKS, P. L.; FISCHER, V.; POLI, C. H. E. C.; MARTINS, R. S.; CASTILHOS, Z. M. S. Avaliação das atividades do comportamento ingestivo de vacas em lactação em pastagem nativa e tifton 85 na região da campanha do rio grande do sul. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 15, n. 1, p. 95-100, 2009.

FAVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na produção de matéria seca e na absorção de nutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília v. 35, n. 2, p. 299-306, 2000.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A. D. *A agricultura de precisão com o CR Campeiro 7*: Santa Maria: UFSM/ Centro de Ciências Rurais/Departamento de Engenharia Rural/Laboratório de Geomática, 2007. 319 p. (Manual do usuário).

KRÜMMELBEIN, J.; PETH, S.; HORN, R. Determination of pre-compression stress of a variously grazed steppe soil under static and cyclic loading. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 99, n. 2, p. 139-148, 2008.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T. P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 945-951, 2004.

LIMA, M. Y. S. M.; SENGIK, E.; CECATO, U.; SCAPIM, C. A. Produção de matéria seca e teor protéico da gramínea tifton 85 (*Cynodon spp.*) cultivada em diferentes níveis de saturação de bases. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 21, n. 3, p. 555-558, 1999.

MARCELINO, K. R. A.; VILELA, L.; LEITE, G. G.; GUERRA, A. F.; DIOGO, J. M. Manejo da adubação nitrogenada de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índice de área foliar de tifton 85 cultivado no cerrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 268-275, 2003.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PRADO, R. M.; BARION, R. D. Efeito calagem na nutrição e produção de massa seca do tifton-85. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 218-224, 2009.

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. *Ciências e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 4, p. 811-816, 2011.
- SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; MARTIN, T. M.; PIRES, J. L.; DELLA FLORA, L. P.; BASSO, C. J. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1346-1357, 2012.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 356 p.
- SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagens perenes de verão. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1037-1046, 2009.
- SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro região do Brejo Paraibano. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2486-2492, 2010.
- SARMENTO, P.; NASCIMENTO, R. C.; MARTINS, A. T.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento do capim-tifton 85 em Argissolo Vermelho-Amarelo. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 63, n. 1, p. 11-18, 2006.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS. SAS INSTITUTE -Statistical Analysis System, SAS/STAT User's Guide 8.0, North Caroline, NC: SAS Institute Inc. 1999.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. *Biometrika*, Oxiford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p. (UFRGS. Boletim técnico, 5).
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. *Geoestatistic for enviromental scientists*. 2th ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2007. 330 p.

