



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FERNANDO HENRIQUE GARCIA

IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A
PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE CAPIM MOMBAÇA E
ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2018

FERNANDO HENRIQUE GARCIA

**IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A
PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE CAPIM MOMBAÇA E
ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus*
Luiz Meneghel.

Orientador:

Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2018

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central do Campus Luiz Meneghel da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

Garcia, Fernando Henrique
G216i Impacto de diferentes doses de nitrogênio sobre a produção e composição bromatológica de capim mombaça e atributos microbiológicos do solo – Fernando Henrique Garcia. – Bandeirantes, 2018.
51 f. ilustr.

Orientador: Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, 2018.

Banca: Dr. Petrônio Pinheiro Porto, Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto, Dr^a. Sandra Galbeiro, Dr. Marcelo Alves da Silva.

1. Produtividade. 2. Biomassa. 3. Pastagem. 4. Nitrogênio. 5. Manejo do solo. I. Universidade Estadual do Norte do Paraná. II. Título.

CDD – 633.2

FERNANDO HENRIQUE GARCIA

**IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A
PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE CAPIM MOMBAÇA E
ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mes-
trado em Agronomia, da Universidade Estadual
do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Aprovada em: 06/03/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto

UENP

Prof. Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto

UENP

Profa. Dra. Sandra Galbeiro - UEL

UEL

Prof. Dr. Marcelo Alves da Silva

UENP

Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto
Orientador

Universidade Estadual do Norte do Paraná
Campus Luiz Meneghel

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais, em cuja memória dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, bem maior. E aos Santos e Anjos de Deus, pelos quais oro, peço ajuda e conforto nos momentos difíceis.

À minha querida tia Ana, por ser minha segunda mãe.

À minha esposa, pelo carinho e companheirismo.

Aos meus queridos amigos Francisco, Thaís e João Francisco, por me acolherem em sua casa e pelos momentos maravilhosos que passamos juntos. Nunca me esquecerei.

Ao meu professor orientador Dr. Petrônio Pinheiro Porto, pela excelente orientação, pelos ensinamentos, conselhos e exemplo de profissionalismo. Seu apoio foi decisivo para a conclusão do meu trabalho.

Aos bolsistas do Programa de Iniciação Científica, Paulo, Nixau, Lorene e Gabriela, pela ajuda inestimável.

Aos colegas de mestrado, pelos bons momentos de convívio.

A todos os Professores do corpo docente do programa de mestrado, pelos ensinamentos e apoio.

A Universidade Estadual do Norte de Paraná UENP/CLM por me receber e disponibilizar sua estrutura para realização deste trabalho.

“ Se você tem uma laranja e troca com outra pessoa que também tem uma laranja, cada um fica com uma laranja. Mas se você tem uma ideia e troca com outra pessoa que também tem uma ideia, cada um fica com duas”

Confúcio

Garcia, F.H. **Impacto de diferentes doses de nitrogênio sobre a produção e composição bromatológica de capim mombaça e atributos microbiológicos do solo** 2018. 48 F. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes*, 2018.

RESUMO

A utilização da adubação nitrogenada na produção de pastagens pode ser de grande valor no aumento da produtividade, mas também pode ter impactos indesejáveis no aspecto ambiental. Este estudo teve como objetivo avaliar a adubação nitrogenada com ureia e enxofre na produtividade e bromatologia do capim Mombaça, bem como seus efeitos nos parâmetros microbiológicos do solo. Foram avaliados os atributos para produção de Matéria Seca [MS], Proteína Bruta [PB], Fibra em detergente neutro (FDN), Cinzas e os parâmetros microbiológicos do solo, Carbono da Biomassa Microbiana [CBMS], Quociente Metabólico [qCO^2] e o quociente microbiano [$qMic$], em um LATOSSOLO VERMELHO eutroférico na região Norte do Paraná. Foi estabelecida uma área experimental com capim Mombaça, adubação mineral de plantio e de cobertura. Foram determinadas 20 parcelas de 4,0 x 4,0 m, com espaçamento de 1,0 metro entre as parcelas. O delineamento experimental ocorreu em blocos ao acaso com quatro repetições e os tratamentos, distribuídos aleatoriamente, foram cinco doses de adubação nitrogenada (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de N) associada com 100 g de enxofre para cada kg de Nitrogênio, sendo a adubação distribuída entre os meses de setembro/2016 a março/2017, após cada corte. Houve incremento na produção de matéria seca por hectare, partindo de 6,9 para 20,1 ton ha⁻¹ MS de 0 a 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente. Para a composição bromatológica da forragem, o teor de matéria seca e cinzas decaíram de 33,1 para 26,3 e 14,4 para 12,5% de 0 a 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente, enquanto o teor de PB aumentou de 6,6 para 9,6%, respectivamente, para os extremos dos tratamentos no presente experimento. Concluiu-se também que houve diminuição da eficiência de produção de MS por kg de nitrogênio utilizado. O teor de FDN teve comportamento não linear. Os valores de CBMS, $qMic$ e qCO^2 foram influenciados pela atividade antrópica e aumento das doses de nitrogênio em todos os tratamentos, destacando a queda do CBMS e do $qMic$ e aumento significativo do quociente metabólico (qCO^2). Concluiu-se que, o aumento das doses de nitrogênio teve impacto positivo na produção e composição do capim Mombaça, mas teve impacto negativo na comunidade microbiana do solo, com aumento do estresse metabólico.

PALAVRAS CHAVE: produtividade, biomassa, pastagem, nitrogênio, manejo do solo

Garcia, F.H. **Impact of different nitrogen doses on the production and bromatological composition of mombaça grass and microbiological soil attributes**

2018. 48 F. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, Bandeirantes, 2018.

ABSTRACT

The use of nitrogen fertilization in pasture production may be of great value in increasing productivity, but may also have undesirable environmental impacts. This study aimed to evaluate nitrogen fertilization with urea in the productivity and bromatological composition of the Mombaça grass, as well as its effects on soil microbiological parameters. The attributes for the production of Dry Matter [MS], Crude Protein [PB], Neutral Detergent Fiber (NDF), Ash and soil microbiological parameters, Microbial Biomass Carbon [CBMS], Metabolic Quotient [qCO^2] and microbial quotient [$qMic$], in the Northern region of Paraná. Twenty plots of 4.0 x 4.0 m of Mombaça grass, with spacing of 1.0 meters between the plots were determined. The experimental design was performed in randomized blocks with four replicates and the treatments, randomly distributed, were five doses of nitrogen fertilization (0, 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹ of N) associated with 100 g of sulfur for each kg of nitrogen, with fertilization distributed between September / 2016 and March / 2017, after each cut. Increases in dry matter production per hectare were observed, presenting 6.92 to 20.07 ton MS ha⁻¹ from 0 to 400 kg ha⁻¹ N, respectively, despite having reduced the efficiency of response per kg of nitrogen applied. As for the bromatological composition of the forage, DM and ash contents decreased from 33.13 to 26.27% and 14.46 to 12.56% from 0 to 400 kg ha⁻¹ N, respectively, while PB contents increased from 6.69 to 9.61%, respectively, to the extremes in the treatment of the present experiment. The values of CBMS, $qMic$ and qCO^2 were influenced by the anthropic activity and increase of the nitrogen doses in all the treatments, highlighting the CBMS and $qMic$ drop and significant increase of the metabolic quotient (qCO^2). It was concluded that the increase of the nitrogen doses had a positive impact on the production and composition of the Mombasa grass, but had a negative impact on the soil microbial community, with increased metabolic stress.

KEYWORDS: productivity, biomass, pasture, nitrogen, soil management

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperatura máxima, mínima e média (C°), umidade relativa do ar (%) e precipitação mensal (mm) da área experimental..... 25

Tabela 2 - Percentuais médios de matéria seca e produção de matéria seca por hectare de capim Mombaça sob diferentes doses de nitrogênio. Bandeirantes/PR, 2017..... 26

Tabela 3 - Percentuais médios (%) de matéria seca (MS), de cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de capim Mombaça submetidos a diferentes doses de nitrogênio..... 30

Tabela 4 - Resultados de Carbono da Biomassa Microbiana (CBMS), Quociente microbiano (q_{Mic}) e Quociente Metabólico (q_{CO^2}) da primeira (1ª) e segunda (2ª) coletas de acordo com as doses de nitrogênio aplicadas ($kg\ ha^{-1}\ N$). 32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Ajuste linear do comportamento da produção de matéria seca por hectare (ton ha^{-1} MS) em função da dose de adubação (dose ha^{-1} N)..... 28
- Figura 2** - Ajuste linear da resposta da produção de matéria seca por hectare (Kg ha^{-1} MS) em função da quantidade de nitrogênio (N) utilizada..... 29
- Figura 3** - Regressão linear do carbono da biomassa microbiana (CBMS) em função da dose de N (sem a dose 0) na segunda coleta..... 33
- Figura 4** - Regressão linear do quociente metabólico ($q\text{CO}^2$) em função da dose de N aplicado no solo na segunda coleta..... 35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Capim Mombaça.....	4
2.2 Adubação nitrogenada em pastagens.....	5
2.3 Microbiologia do solo.....	7
2.3.1 Biomassa microbiana	8
2.3.2 Respiração microbiana do solo	10
2.3.3 Relação carbono da biomassa e carbono orgânico total	11
3 OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo geral	13
3.2 Objetivos específicos	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
4 ARTIGO - Impacto de diferentes doses de nitrogênio sobre a produção e composição bromatológica de capim mombaça e atributos microbiológicos do solo.....	20
4.1 RESUMO E ABSTRACT.....	20
4.2 INTRODUÇÃO.....	22
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.5 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

O Brasil teve nos últimos 40 anos um grande aumento na área de pastagens cultivadas, substituindo pastagens nativas por cultivares de capins com maior potencial produtivo, citando como exemplos os capins dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus maximus*.

O rebanho bovino nacional é estimado em 209 milhões de cabeças, ocupando uma área de aproximadamente 199 milhões de hectares (NASCIMENTO et al., 2014) Aproximadamente 90% do rebanho bovino nacional é alimentado com pastagens em sistemas extensivos de produção, gerando baixa eficiência e taxa de lotação abaixo do potencial. Esse aumento se deu especialmente em áreas de Cerrado, os quais apresentam solos com baixa fertilidade natural. Para que essas pastagens pudessem expressar seu potencial produtivo, a fertilização passou a ser uma realidade em muitos dos atuais sistemas de produções intensivos, aliado aos componentes de manejo em relação ao sistema solo-planta-animal, responsáveis por aumentos na produção e utilização da forragem produzida (ANUALPEC, 2015).

Estima-se que o aumento de produção de alimentos mundial até 2020 virá, na sua maioria, das áreas já existentes, com a incorporação de novas tecnologias, e que a utilização de fertilizantes desempenhará um importante papel. Dentro deste contexto, a sustentabilidade das áreas produtoras tem despertado grande preocupação na sociedade, que questionam a respeito dos aspectos ambientais da intensificação do uso do solo, como compactação, contaminação do lençol freático e emissão de gases de efeito estufa (RELATÓRIO ANUAL DA PECUÁRIA BRASILEIRA, EMBRAPA 2016).

A pastagem intensiva, com aumento da produção de forragem, principalmente pelo maior uso de nitrogênio, já demonstrou um balanço positivo de incorporação de carbono atmosférico via matéria orgânica, passados os impactos iniciais da implantação da pastagem (PAGANIN et al., 2010; HIRSCH et al., 2017). A recuperação da pastagem degradada e os sistemas fertilizados resultam em aumento na produção e longevidade da pastagem, considerando que há uma maior cobertura do solo, ciclagem de nutrientes, aumento dos teores de matéria orgânica e aumento do sequestro de carbono (HICKMAN; COSTA, 2012).

A migração de sistemas de pastagens degradadas para sistemas bem

manejados, acarretaria um aumento de lotação animal de 0,75 UA ha⁻¹ para 1,5 UA ha⁻¹, onde não só as emissões de GEE (gases de efeito estufa) seriam neutralizados, como acarretaria um armazenamento de carbono no sistema produtivo da ordem de 634 milhões de toneladas de carbono (CO²) eq. Esse aumento significativo de produtividade possibilitaria a entrada de um rebanho adicional de 52 milhões de cabeças de bovinos no sistema, sem desmatamento, com uma economia gerada de 41,5 milhões de ha de pastagens. Ou o efeito inverso que também é possível, com a economia de áreas que poderiam ser utilizadas para outros fins, como a produção de grãos e reflorestamento (RELATÓRIO ANUAL DA PECUÁRIA BRASILEIRA, EMBRAPA 2016).

O uso de fertilizantes, especialmente os nitrogenados, vem contribuir com esse importante papel que a pecuária moderna, intensiva e preocupada em preservar enquanto produz matéria prima de qualidade, aumentando a disponibilidade e também a qualidade da forragem produzida (MARTHA JUNIOR et al., 2010).

A comunidade microbiana do solo responde a mudanças no carbono e outros substratos depositados, como os substratos orgânicos e minerais inorgânicos, que afetam especialmente sua atividade, porém, os impactos dessas alterações na composição, estrutura e diversidade ainda permanecem um tanto obscuros, já que o foco de estudos anteriores têm recaído sobre aspectos químicos e produtivos do solo, e qualidade da água (ROSADO et al., 2016).

Uma das preocupações mais atuais, têm sido com relação ao impacto desta intensificação em relação à população microbiana do solo e seu comportamento sob o uso intensivo de fertilizantes. A recuperação de áreas degradadas passa obrigatoriamente pela recuperação da fertilidade natural do solo, via sistemas de manejo de maior ou menor impacto sobre a estrutura física, química e microbiológica do solo. A pastagem intensiva adubada tem grande potencial na recuperação de áreas degradadas, cuja fertilidade natural e estoque de carbono imobilizado na matéria orgânica do solo declina ao longo do tempo. Além disso, tem grande potencial de sequestro de carbono, o que contribui para a sustentabilidade de sistemas intensivos de produção pecuária (SILVA et al., 2010; HICKMAN; COSTA, 2012).

A conversão de sistemas agrícolas com solo descoberto ou de áreas degradadas em pastagens permanentes com bom manejo, restabelece o carbono orgânico do solo (COT), assim como a mesofauna e a microbiota. A presença de plantas em crescimento sobre o solo apresenta maior capacidade de aumento do COT e da microbiota do que a simples redução do uso deste solo (pousio) ou em campos

cultiváveis com colheitas regulares, sendo uma grande alternativa para a recuperação rápida de solos degradados (PAGANIN et al., 2010; HIRSCH et al., 2017)

A adubação mineral representa importante papel na formação e recuperação de áreas degradadas, sendo importante pilar dos sistemas intensivos de exploração pecuários, e o conhecimento dos benefícios, extensão e consequências do seu uso são fundamentais para a sustentabilidade dos nossos sistemas de exploração (MARTHA JUNIOR et al., 2010).

Desta maneira, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação nitrogenada sobre a produção e composição bromatológica de capim Mombaça, bem como os efeitos sobre a microbiologia do solo em pastagem na região Norte do Estado do Paraná.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Capim Mombaça

O capim Mombaça, cultivar de *Megathyrsus maximus* Jacq., nativo da Tanzânia-África, e lançada no Brasil pela Embrapa Gado de Corte em 1993, é uma planta cespitosa com 1,65 m de altura e com capacidade de produção de matéria seca de 33 toneladas ha⁻¹ ano⁻¹ com 13,4% de proteína, apresenta boa resistência à cigarrinha das pastagens e resistência mediana ao carvão nas inflorescências. Demanda bons cuidados no plantio devido ao tamanho reduzido de suas sementes, não devendo ser plantada em profundidade superior à 2,0 cm (EMBRAPA, 2002). O capim Mombaça é bastante responsivo à adubação nitrogenada e à solos bem corrigidos e de maior fertilidade, com boa drenagem. Devido a essa característica tem sido amplamente utilizado em sistemas de pastejo cultivado intensivo no Brasil (DA SILVA; NASCIMENTO JUNIOR, 2007). É conhecido mundialmente por sua alta produtividade, qualidade e adaptação a diferentes condições de clima e solo. No entanto, esse capim é exigente em fertilidade do solo. Assim, os investimentos em fertilizantes devem ser obrigatoriamente considerados, principalmente, quando o sistema de produção animal for intensificado. (EMBRAPA, 2002).

O fósforo (P) é o nutriente que mais limita a produção desse capim, por isso, a adubação fosfatada é imprescindível. Em geral, as respostas mais positivas ao fósforo são dependentes, além da correção da acidez do solo, da adição de outros nutrientes como nitrogênio (N), potássio (K), enxofre (S) e micronutrientes. A resposta à adubação nitrogenada é expressiva, entretanto, a eficiência de conversão do N em massa de forragem e, conseqüentemente, em produto animal, diminui à medida que se aumenta a dose de nitrogênio (N) (MAGALHÃES et al., 2012; CANTO et al., 2013; COSTA et al., 2016; MOCHEL FILHO et al., 2016).

A adubação nitrogenada tem sido utilizada como importante estratégia para o incremento da produção de forragem. Em áreas manejadas intensivamente, o fornecimento de nitrogênio (N) tem grande importância para a manutenção de níveis elevados de produção. Isso se justifica, pois o N é, ao lado do potássio (K), o nutriente mais extraído em pastagem de capim Mombaça (FREITAS et al., 2011). De acordo com Freitas et al. (2005), para manter níveis elevados de produção, o capim Mombaça pode extrair, anualmente, quantidade superior a 260 kg ha⁻¹ N (FREITAS et al., 2005).

Resultados de pesquisas sugerem a necessidade do uso de doses, variando de 50 a 300 kg ha⁻¹ N, sendo a dose mais baixa considerada mínima para se evitar a degradação do pasto, enquanto as mais elevadas são aconselhadas para incrementos na produção de forragem e, conseqüentemente, na taxa de lotação (número de animais por área), resultando em maior ganho de peso por área. Na prática, tem sido utilizada a aplicação de 40 a 50 kg ha⁻¹ N por unidade animal (animal de 450 kg de peso vivo) no pasto. Essa relação tem possibilitado relativo sucesso para taxas de lotação entre 3 e 7 UA ha⁻¹, durante o período de verão. Quando doses mais elevadas são utilizadas, sugere-se o parcelamento da dose de N, aplicando-se, no máximo, 50 kg de N logo após a saída dos animais da pastagem (SILVA et al., 2013).

Semelhante a outros capins tropicais, o capim Mombaça apresenta de 70 a 80% de sua produção durante o período das águas. Dessa forma, recomenda-se que tenha seu uso concentrado no período das águas para permitir o melhor aproveitamento da forragem de alta qualidade produzida. Por apresentar porte alto e com grande acúmulo de colmo, deve ser manejado na forma de pastejo rotacionado. Assim, para a colheita eficiente tanto em quantidade quanto em qualidade, deve-se adotar a rotação flexível dos pastos. Isto é, os animais devem entrar na pastagem quando o pasto atingir a altura de 90 cm e devem permanecer pastejando até que o pasto tenha sido rebaixado para 30 a 50 cm (PEREIRA et al., 2011; DIAS FILHO, 2014; EUCLIDES et al., 2014).

Ressalta-se que, mesmo no período das águas, o acúmulo de forragem não é uniforme, ao longo dos diferentes intervalos de pastejo quando se procura atingir uma mesma condição de pasto no pré-pastejo. Conseqüentemente, há variações nas taxas de lotação, ao longo do período das águas, de modo a possibilitarem os ajustes das alturas no pré e pós-pastejo. Já durante o período seco (maio a setembro) ocorre marcante redução na produção de forragem, impondo assim a necessidade de redução drástica na taxa de lotação (DIAS FILHO, 2014).

2.2 Adubação nitrogenada em pastagens

Segundo a FAO (2015), de todo o aumento na produção de alimentos entre o ano de 1993 e 2020, apenas 20% virão da incorporação de áreas naturais em áreas de produção e que os 80% restantes virão das áreas já exploradas atualmente, indicando a necessidade de incorporar mais tecnologia dentro dos sistemas de produção. Nesse contexto, a contribuição de fertilizantes para a produção agrícola deverá, obvia-

mente, aumentar. Estudos realizados pela equipe da FAO (2015) indicaram que, no início da década, a aplicação de fertilizantes contribuiu com 43% dos 70 milhões de toneladas de nutrientes removidos pela produção agrícola global. No futuro, para suprir a demanda crescente por alimentos, essa contribuição deverá ser de 84% (MARTHA JUNIOR et al., 2010).

Em sistemas intensivos, a aplicação crescente de fertilizantes, especialmente os nitrogenados trazem inúmeros benefícios na quantidade e na qualidade da forragem produzida, afetando positivamente as características morfogênicas, como um maior perfilhamento (BARTH NETO et al., 2010; PEREIRA et al., 2011; MARTUSCELLO et al., 2015; COSTA et al., 2017) e os teores de proteína bruta da forragem (RUGGIERO, 2003; VANZELA et al., 2006; MESQUITA; NERES, 2008; FREITAS et al., 2007; MOTTA et al., 2011). A taxa de aparecimento de perfilhos foi influenciada linear e positivamente pela adubação nitrogenada. De fato, o nitrogênio age como estimulador do perfilhamento. O efeito positivo do N sobre o perfilhamento pode ser explicado pela maior capacidade de formação das gemas axilares e à iniciação dos perfilhos correspondentes para as plantas que receberam adubação. Assim, a aplicação de nitrogênio em gramíneas forrageiras pode aumentar a brotação de gemas axilares, resultando em maior número de novos perfilhos no pasto e, conseqüentemente, maior taxa de aparecimento de perfilhos (LUNA et al., 2014; MARTUSCELLO et al., 2015; COSTA et al., 2016; COSTA et al., 2017).

O uso de fertilizantes nitrogenados em pastagens no Brasil ainda é incipiente, isto em relação à outras culturas. Entretanto, a literatura tem relatado o uso de doses altas e crescentes de fertilizantes nitrogenados. A literatura relata respostas lineares das forrageiras tropicais em produção de matéria seca à altas doses de nitrogênio, entre 400 e 800 kg ha⁻¹ N (CORSI ; NUSSIO, 1992; MAGALHÃES et al., 2012; ROSADO et al., 2016), acima de 700 kg ha⁻¹ N (SORIA et al., 2003); 500 kg ha⁻¹ N (BRAGA et al., 2004; MELLO et al., 2008). Em alguns casos, doses superiores têm sido observadas com preocupantes conseqüências para o solo e comunidade biológica (CARDOSO et al., 2009; DELBEM et al., 2011).

A disponibilidade de nitrogênio (N) tem potencial efeito de influenciar os níveis de carbono no solo e de afetar os indicadores microbiológicos do solo (DELBEM et al., 2011; HICKMAN ; COSTA, 2012; PHILIPS et al., 2012). A presença de fertilizantes, particularmente o nitrogênio (N), aumentou em até 8 vezes a microbiota do solo (BUENO et al., 2011). O nitrogênio é o macronutriente responsável pela maior

resposta em produtividade da planta forrageira (WERNER, 1986; MONTEIRO, 1995). Entender como funciona a dinâmica do nitrogênio como agente de incremento da produtividade e seu impacto sobre a comunidade microbiana e sua diversidade, pode colaborar para a sustentabilidade dos sistemas de produção de pastagens intensivas.

O enxofre (S) é um macronutriente essencial na síntese protéica (NRC 1989), e sua deficiência na planta reduz a produtividade interrompendo o crescimento, principalmente em sistemas intensivos de adubação nitrogenada (BATISTA e MONTEIRO, 2006), levando ao acúmulo de nitrogênio não protéico (NNP) na planta na forma de nitrato (NO_3) (JÖNCK et al., 2013). A relação entre esses dois nutrientes é estreita e relatada ao longo do tempo por diversos autores (MONTEIRO; CARRIEL (1987); BRAGA et al., 2004; MONTEIRO et al., 2004; BATISTA; MONTEIRO, 2008), demonstrando a importância desses dois nutrientes na produtividade e na qualidade da forragem produzida. Adequar a relação N/S (nitrogênio/enxofre) é importante para evitar desequilíbrios entre esses dois nutrientes, pois o excesso de enxofre pode influenciar negativamente a absorção de molibdênio (Mo) pela planta, elemento este que é o principal constituinte da enzima nitrato-redutase, que reduz o nitrato a nitrito e finalmente amônia (NH_3), sendo que a planta forma aminoácidos e proteínas a partir do nitrato absorvido do solo (BATISTA; MONTEIRO, 2008). A relação N/S mais utilizada na literatura é de 10:1, porém se a análise de solo acusar teores acima de 10 mg/dm^3 , essa relação poderá ser revista para baixo, como 16:1, citado como suficiente em fertilizações sequenciais de enxofre (BONFIM-SILVA, 2005).

A absorção do íon sulfato em excesso compete pelos mesmos sítios de absorção que o íon molibdato, por terem a mesma densidade de carga, causando portanto, acúmulo de nitrato, que reduz a qualidade e produtividade da forrageira por limitar a síntese de proteínas (BATISTA; MONTEIRO, 2008).

2.3 Microbiologia do solo

São vários os parâmetros que podem ser avaliados para estudar os impactos da ação antrópica em agrossistemas com uso e manejo variados: Carbono Total do Solo (COT); Carbono da Biomassa Microbiana (CBMS); respiração microbiana do solo (RMS); quociente microbiano (qMic); quociente metabólico (qCO₂); diversidade microbiana e avaliação micorrízica. Dentre todos os parâmetros, a

comunidade microbiana do solo tem sido estudada e apontada como a característica mais sensível no monitoramento das alterações ambientais decorrentes de práticas de manejo nos sistemas agrícolas (SILVA et al., 2010). É o parâmetro de detecção mais precoce, isto em relação ao estoque de carbono do solo, cujas mudanças são mais lentas (GAMA-RODRIGUES et al., 2005; HICKMAN ; COSTA, 2012).

A pastagem intensiva adubada têm grande potencial de sequestro de carbono, especialmente na recuperação de áreas degradadas, cujo estoque de carbono declina ao longo do tempo, o que contribui para a sustentabilidade de sistemas intensivos de produção pecuária (BRAGA, 2006; SILVA et al., 2010; HICKMAN; COSTA, 2012). A conversão de sistemas agrícolas com solo descoberto ou de áreas degradadas em pastagens permanentes com bom manejo, restabelece o carbono orgânico do solo (COT), assim como a mesofauna e a microbiota. A presença de plantas em crescimento sobre um solo apresenta maior capacidade de aumento do COT e da microbiota do que a simples redução do uso deste solo (pousio) ou em campos cultiváveis com colheitas regulares, sendo uma grande alternativa para recuperação rápida de solos degradados (HIRSCH et al., 2017)

Diferentes sistemas de manejo do solo apresentam diferentes impactos na relação carbono microbiano (Cmic) / carbono orgânico do solo (COT) , sendo que os que utilizam manejo intensivo e aplicações frequentes de agrotóxicos, reduzem essa relação, em comparação com sistemas que revolvem pouco o solo ou que depositam material orgânico nas camadas superficiais aumentam essa relação, pois favorecem o aumento da biomassa microbiana fornecendo melhor ambiente e substrato para seu desenvolvimento (SILVA et al., 2010).

2.3.1 Biomassa microbiana

A biomassa microbiana do solo (CBMS) é um dos componentes que controla a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica e as transformações envolvendo nutrientes minerais, representando uma reserva considerável de nutrientes, os quais são assimilados durante os ciclos de crescimento dos organismos que compõem o ecossistema (LOPES et al., 2012; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A CBMS é o componente vivo da matéria orgânica e sensível às alterações ocorridas no ambiente, sendo considerado um indicador do grau de sustentabilidade de um sistema agrícola. A CBMS é constituída por vários grupos de organismos,

na sua maioria, por fungos e bactérias, mas também por vírus, protozoários e actinomicetos, que atuam em processos de manutenção do ecossistema. Solos que mantêm alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar, mas também de ciclar mais nutrientes no sistema (BERTHRONG et al., 2013).

As bactérias e os fungos se relacionam com as culturas podendo estabelecer relações simbióticas, com isso, aumentam a capacidade da planta de suportar estresses hídricos ou baixas concentrações de nutrientes no solo. A micorriza, que representa a associação simbiótica entre os fungos benéficos e específicos do solo com as raízes das plantas, resultando assim em uma melhor conservação e aumento na capacidade de absorção de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2012).

As transformações da matéria orgânica nos ecossistemas agrícolas são dependentes da biomassa microbiana e isso gera manutenção ou aumento na produtividade (GAMA-RODRIGUES et al., 2008). Entre as atividades da CBMS está a decomposição dos compostos orgânicos, fazendo assim a ciclagem dos nutrientes regulando o fluxo de energia do solo.

A estrutura das comunidades microbianas é afetada pela estrutura e pela composição da vegetação de cobertura, em virtude da liberação de formas específicas de carbono que podem representar importantes fontes de energia. Além disso, as comunidades microbianas do solo sofrem forte influência do pH do solo e da relação carbono/nitrogênio (C/N) (FIERER et al., 2009) E por essa atividade ser de grande importância, a CBMS e sua atividade são apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (SILVA et al., 2010).

A CBMS é compartimento da matéria orgânica que sofre diretamente as influências dos fatores abióticos e bióticos. As respostas a mudanças nos sistemas de uso e manejo do solo podem ser detectáveis mais rapidamente pela biomassa microbiana e seus metabólitos do que nos teores de C do solo e isso se dá principalmente ao tempo de ciclagem da matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

A utilização de estimativas da biomassa microbiana tem sido reportada em estudos de fluxo de carbono, ciclagem de nutrientes e produtividade das plantas em diferentes ecossistemas. Isso tem possibilitado a associação de quantidades de nutrientes imobilizados e a atividade da CBMS com fertilidade e potencial de produtividade das culturas (GAMA-RODRIGUES et al., 2008).

2.3.2 Respiração microbiana do solo

A respiração do solo é definida como a oxidação biológica da matéria orgânica a CO_2 através do metabolismo dos microrganismos aeróbios presentes no solo e ocupa papel chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres. A avaliação da respiração do solo é a técnica mais frequente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo da matéria orgânica e com a biomassa (ALEF; NANNIPIERI, 1995).

A atividade antrópica em qualquer sistema estável gera grandes perdas de carbono superando os ganhos e isso pode gerar uma perda da fertilidade do solo ao longo do tempo. Essas perdas acontecem por liberação de CO_2 pela respiração da microbiota do solo pela decomposição da matéria orgânica por meio da hidrólise microbiana, da lixiviação e perdas por erosão, sendo os dois últimos de menor expressão (BARRETTA et al., 2005).

A medida da respiração do solo é bastante variável e dependente, assim como outros processos metabólicos, a respiração é dependente do estado fisiológico da célula microbiana e é influenciada por diversos fatores do solo: umidade, temperatura, estrutura, disponibilidade de nutrientes, relação Carbono/Nitrogênio, textura e presença de resíduos orgânicos. Altos níveis de respiração podem indicar tanto um distúrbio como uma alta taxa de produtividade do ecossistema (SILVA et al., 2010).

A combinação das medidas de biomassa microbiana e a respiração do solo fornecem a quantidade de CO_2 perdida pela respiração celular por unidade de biomassa, denominada quociente metabólico ($q\text{CO}_2$). O $q\text{CO}_2$ indica a eficiência da biomassa em utilizar o carbono disponível para biossíntese, sendo sensível indicador para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (SAVIOZZI et al., 2002). O sistema de plantio direto, caracterizado pela ausência de revolvimento do solo e que produz o aporte de resíduos culturais na superfície do solo, promove menor impacto na estrutura do solo e tem sido apontado em diversos estudos como uma prática que beneficia a flora e a fauna do solo (SILVA et al., 2013).

Carbono e nitrogênio são elementos fundamentais para os ecossistemas e a razão entre os dois pode indicar a qualidade da matéria orgânica (STEVENSON; COLE, 1999), influenciando seus processos de decomposição. Além disso, essa relação pode fornecer informações sobre o ecossistema, já que elevadas razões C/N podem indicar que os ambientes estão limitados por nitrogênio

(SUGIHARA et al., 2014). Os organismos do solo necessitam de uma mistura equilibrada de nutrientes, de forma que uma matéria orgânica com maior razão C/N é menos favorável para os organismos do solo do que com essa razão mais baixa. Dessa forma, solos com maior razão C/N tendem a possuir menores taxas de decomposição (BRADY; WEIL, 2013). No entanto, os valores dessa relação são dependentes de alguns fatores, principalmente do clima, que é fundamental para as taxas de decomposição.

A cobertura da terra, que fornece o material para o solo, e o tipo de solo, que condiciona os processos ali existentes, também são fatores importantes para a razão C/N do solo (ACOSTA et al. 2014). A maior razão C/N dos substratos depositados no solo provoca uma menor taxa de decomposição e faz com que os microrganismos imobilizem o nitrogênio no solo, sendo que uma razão C/N menor reduz as limitações do ambiente por N, aumentando as taxas de decomposição da matéria orgânica (BERHE, 2012). Como os restos vegetais estão intimamente ligados à matéria orgânica do solo, a razão C/N do solo é um importante indicativo do comportamento da MOS, relacionado ao tipo de manejo utilizado, especialmente as adubações minerais, que podem afetar a relação C/N rapidamente.

2.3.3 Relação carbono da biomassa e carbono orgânico total

A relação entre carbono microbiano e carbono orgânico total (CBMS/COT) tem sido utilizada como indicador de qualidade da matéria orgânica e expressa a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono (C) desta matéria orgânica. Essa relação reflete em processo de grande importância principalmente relacionados a degradação da matéria orgânica, bem como, a eficiência de imobilização do carbono na biomassa microbiana (SPARLING, 1992).

Valores maiores e menores expressam acúmulo ou perda de C respectivamente, o valor de 1,8% é considerado por muitos autores como sendo o nível em que o solo apresenta equilíbrio (WARDLE; HUNGRIA, 1994; BARETTA et al., 2005).

Estudos sobre os atributos biológicos indicadores de qualidade de solo demonstram que na camada superficial do solo (0 -10 cm), ocorrem maiores valores para mata nativa de cerrado, quando comparada com pastagem, plantio direto e plantio convencional de longa duração, podendo essa diferença alcançar níveis de até 8,10%, de-

monstrando maiores acúmulos de carbono (BOHM et al., 2014). Isso também foi observado por outro autor, onde valores de CBMS/COT são mais elevados em solos com plantio direto do que em sistema convencional, devido ao maior aporte de resíduos culturais (LISBOA et al. 2012). Diversos fatores influem a razão CBMS/COT e conforme Sparling (1992), os principais são: grau de estabilização do carbono orgânico e o histórico de manejo do solo.

Em razão da importância dos atributos biológicos para os processos que ocorrem no solo, verifica-se que estudos a respeito da quantidade e atividade da biomassa microbiana, podem fornecer subsídios para o melhor uso da terra.

Neste sentido, os microorganismos se enquadram como sensíveis indicadores da qualidade do solo. Sua biomassa microbiana, sua taxa de respiração e o seu quociente metabólico podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes de práticas agrícolas e avaliar os efeitos da aplicação de fertilizantes na biologia do solo (LISBOA et al., 2012; HIRSCH et al., 2017).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o melhor nível de adubação nitrogenada em pastos de *Megathyrus maximus* cv. Mombaça por meio de análises quantitativa e qualitativa, bem como as propriedades química e microbiológica do solo.

3.2 Objetivos Específicos

Avaliar a produção de matéria seca total por hectare ($MS\ ha^{-1}$), a matéria seca (MS), a fibra em detergente neutro (FDN), a proteína bruta, os nutrientes digestíveis totais (NDT) e as cinzas do capim Mombaça adubado com doses de nitrogênio.

Avaliar os atributos químicos e microbiológicos do solo de pastagens de capim Mombaça adubado com diferentes doses de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J.A.A.; AMADO, T.J.C.; SILVA, L.S.; SANTI, A.; WEBER, M.A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, mai 2014, vol.44, Issue 5, p.801-809.9p.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.) **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London, Academic Press: 576 p., 1995.

BARTH NETO, A.; BOLETA, V.S.; PANCERA JÚNIOR, E.; ALMEIDA, G.M.; CANTO, M.W.; GASPARINO, E; BALTHAZAR, L.F. Nitrogênio e época de colheita nos componentes da produtividade de forragem e sementes de capim-mombaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1312-1320, 2010.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R.; KLAUBERG, O. FILHO. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **R. Bras. Ci. Solo**, 29: 715-724, 2005.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre nas características morfogênicas do capim-marandu em substituição ao capim-braquiária em degradação em solo com baixo teor de matéria orgânica. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.7, p.1151-1160, 2008.

BERHE, A.A. Decomposition of organic substrates at eroding vs. depositional landform positions. **Plant Soil**. v. 350, p. 261-280, 2012.

BERTHRONG, S.T.; BUCKLEY, D.H.; DRINKWATER, L.E. Agricultural management and labile carbon additions affect soil microbial community structure and interact with carbon and nitrogen cycling. **Microb. Ecol.**, 66: 158–170, 2013.

BONFIM-SILVA, E.M. **Nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**. Tese (doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz , Universidade de São Paulo,Piracicaba 2005.

BOHM, G.M.B.; RIBEIRO, L.M.; SCHNEIDER, L.; XAVIER, N.R.; SANCHES FILHO, P. Uso de lodo de estação de tratamento de esgoto em Argissolo cultivado com soja. **Revista Thema**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 12-23, jul. 2014. ISSN 2177-2894.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Editora Bookmam Companhia LTDA. 3° edição. Porto Alegre, 2013. 655p.

BRAGA, G. J.; LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; LIMA, C. G. Resposta do capim-mombaça a doses de nitrogênio e a intervalos de corte. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 123-128, jan/mar, 2004.

BRAGA, G.J. Assimilação de carbono, acúmulo de forragem e eficiência de pastejo em pastagens de capim-Marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A.RICH.) STAPF.] em resposta à oferta de forragem [tese]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; 2004.

BUENO, J. R. P.; BERTON, R. S.; SILVEIRA, A. P. D.; CHIBA, M. K.; ANDRADE, C. A.; MARIA, I. C. Chemical and microbiological attributes of an oxisol treated with successive applications of sewage sludge. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.4, p.1461-1470, 2011.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S. e CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesq. Agropec. Bras.**, 44:631-637, 2009.

CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 10, 1992. Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1992. p.87-116.

COSTA, N.L.; PAULINO, V.T.; MAGALHÃES, J.A.; RODRIGUES, B.H.N.; SANTOS, F. J.S. Eficiência do nitrogênio, produção de forragem e morfogênese do capim-massai sob adubação. **Nucleus**,v.13,n.2,out.2016

COSTA, N.L.; JANK, L.; MAGALHÃES, J.A.; RODRIGUES, A.N.A.; FOGAÇA, F.H.S.; BENDAHAN, A.B.; SANTOS, F.J.S. Produtividade de forragem, composição química e morfogênese de *Panicum maximum* cv Mombaça sob períodos de descanso. **Pubvet**, v.11, n.11, p.1169-1174, Nov. 2017.

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Ribeirão Preto: Luciane Chedid Melo Borges, 2014. 38 p.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, Suplemento especial, p.121-138, 2007.

EMBRAPA- INFOTECA . **CAPIM MOMBAÇA: formação e manejo de pastagens no Acre**. 1ª Edição, 2002.

EUCLIDES V. P. B.; MONTAGNER D.B.; BARBOSA R.A.; NANTES N.N.. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 808-818, nov/dez, 2014.

FAO, 2015. OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015), OECD-FAO Agricultural Outlook 2015, OECD Publishing, Paris.

FIERER, N.; STRICKLAND, M.S.; LIPTZIN, D.; BRADFORD, M.A.; CLEVELAND, C.C. Global patterns in belowground communities. **Ecology Letters**, v.12, p.1238-1249, 2009.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **R. Bras. Ci. Solo**, 9:893-901, 2005.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; VIANA, A.P.; SANTOS, G.A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1489-1499, 2008.

HICKMANN, C.; COSTA, L.M. DA . Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.10, p.1055–1061, 2012.

HIRSCH, P.R.; JHURREEA, D.; WILLIAMS, J.K. Soil Resilience and recovery rapid community responses to management changes. **Plant soil** (2017) 412: 283-297 DOI 10.1007/s 11104-016-3068-x

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. **Soil Biol. Biochem.**, 8:167-177, 1976.

JÖNCK F.; GAVA A.; TRAVERSO S.D.; LUCIOLI J.; FURLAN F. H.; GUELLER E. Intoxicação espontânea e experimental por nitrato/nitrito em bovinos alimentados com *Avena sativa* e/ou *Lolium* spp. **Pesq. Vet. Bras.** 33(9):1062-1070, setembro 2013.

LISBOA, B.B.; VARGAS, L.K., SILVEIRA, A.O.; MARTINS, A.F.; SELBACH, P.A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:45-55, 2012.

LOPES, A.A.C.; SOUSA, D.M.G.; CHAER, G.M.; JUNIOR, F.B.R.; GOEDERT, W.J.; MENDES, I.C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society American Journal**, v. 77, n. 2, p. 461-472, 2012.

LOPES, C.D.; SILVA, C. (2012). Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36 (4), 1211-1220.

LUNA, A.A.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; EMERENCIANO NETO, J.V.; ARAÚJO, I.M.M.; OLIVEIRA, L.E.C. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras, sob corte. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1803-1810, Nov./Dec. 2014.

MAGALHÃES, J.A.; CARNEIRO, M.S.S.; ANDRADE, A.C. ; PEREIRA, E.S.; SOUTO, J.S. ; PINTO, M.S. de C.; RODRIGUES, B.H.N.; COSTA, N. de L. e MOCHEL FILHO, W.J.E. (2012) - Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim andropogon sob irrigação e adubação. **Archivos de Zootecnia**, vol. 61, p. 577-588.

MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. de. Integração lavoura-pecuária. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. v.3, p.287-307.

MARTUSCELLO, J.A.; SILVA, L.P.; CUNHA, D.N.F.V.; BATISTA, A.C.S.; BRAZ, T.G.S.; FERREIRA, P.S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Cienc. anim. bras.** v.16, n.1, p. 1-13 jan/mar 2015.

MELLO, S.Q.S.; FRANÇA, A.F.S.; LANNA, A.C.; BERGAMASCHINE, A.F.; KLIMANN, H.J.; RIOS, L.C.; SOARES, T.V. Adubação Nitrogenada em capim-mombaça: produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 935-947, out/dez. 2008.

MESQUITA, E. E.; NERES, M. A. Morfogênese e composição bromatológica de cultivares de *Panicum maximum* em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 201-209, fev. 2008.

MOCHEL FILHO, W. DE J.E.; CARNEIRO, M.S. DE S.; ANDRADE, A.C.; PEREIRA, E.S.; ANDRADE, A.P.; CÂNDIDO, M.J. DA D.S.; JOÃO A. MAGALHÃES, J.A.; RODRIGUES, B.H.N.; SANTOS, F.J. de S.; COSTA, N. DE L. Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, 2016, 39(1): 81-88

MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D. de; ABREU, J.B.R. de; DAIUB, J.A.S.; DA SILVA, J.E.P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Sci. Agric.** Piracicaba, 52(1): 135-141, jan/abr. 1995.

MONTEIRO, F.A.; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C. Enxofre e micronutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, n.21, 2004, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2004. p.279-301.

MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para o cultivo do capim-colônião em dois solos arenosos do Estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, v.44, n.2, p.335-347, 1987.

NASCIMENTO, L.E. da S.; ROCHA, J.A.; MAGALHÃES, J.A.; COSTA, N. de L.; NASCIMENTO, T.S. e TOWNSEND, C.R. (2014) - Subsídios técnicos para gestão ambiental em sistemas silvipastoris. **Pubvet (Londrina)**, vol. 8, n. 6, p. 1686.

OLIVEIRA, L.C. de; STANGARLIN, J.R.; LANA, M. do C.; SIMON, D.N.; ZIMMERMANN, A. Influência de adubações e manejo de adubo verde nos atributos biológicos de solo cultivado com alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema de cultivo orgânico. **Arquivo Instituto Biológico**, 79: 557 – 565, 2012.

PAGANIN, P.; PELLICER, M.S.; LEDDA, L.; BAGELLA, S., MADRAU, S.; PAPA-LEO, M.C.; FANI, R.C.; DALMASTRI, R.C.; BEVIVINO, A.M. Soil microbial community response to differences in soil managements and seasonal changes. **Journal of Biotechnology**. DOI: 10.1016/J.Jbiotech.2010.09.235.

PEREIRA, O. G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K.G.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; CECON, P. R. Características morfogênicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio. **R. Bras. Zootec.** Viçosa , v. 40, n. 12, p. 2681-2689, dez. 2011 .

PHILLIPS, R.P.; MEIER, I.C.; BERNHARDT, E.S.; GRANDY, A.S. WICKINGS, K.; FINZI, A.C. Roots and fungi accelerate carbon and nitrogen cycling in forests exposed to elevated CO₂. **Ecol Lett** 15(9):1042–1049, 2012.

ROSADO, T.L.; GONTIJO, I.; de ALMEIDA, M.S.; CHAMBELA NETO, A.; SIMON, C. da P. Production and tillering of mombaça grass with different sources and levels of applied nitrogen / produção e perfilhamento do capim-mombaça submetido a fontes e doses de nitrogênio. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, Vol.24, Iss. 2 (Mar/Apr 2016): 139-146.

RUGGIERO, J.A.; FREITAS, K.R.; ROSA, B. et al. Composição bromatológica do capim-mombaça avaliado com diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: A laboratory study. **Biology Fertility Soils**, 35: 96-101, 2002.

SILVA, R.R. da; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S. de; CURI, N.; ALOVISI, A.M.T.; Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. **R. Bras. Ci. Solo**. 34: 1585-1592, 2010.

SILVA, A.P; BABUJIA, L.C.; MATSUMOTO, L.S.; GUIMARÃES, M.F.; HUNGRIA, M. Bacterial diversity under different tillage and crop rotation systems in an oxisol of southern brazil. **The Open Agri. J.**, 7: 40 - 47, 2013.

SORIA, L.G.T.; COELHO, R.D.; HERLING, V.R.; PINHEIRO, V. Resposta do capim Tanzânia a aplicação de nitrogênio e de lâminas de irrigação. I: Produção de forragem. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.430-436, 2003.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **J. Soil Res.**, 30: 195-207, 1992.

SUGIHARA, S.; SHIBATA, M.; ZE, A. D. V.; ARAKI, S.; FUNAKAWA, S. Effect of vegetation on soil C, N, P and other minerals in Oxisols at the forest-savanna transition zone of central Africa. **Soil Science and Plant Nutrition**, 60, p.45 –59, 2014.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; GARGANTINI, P.E.; LIMA, R.C. **Qualidade de forragem de capim mombaça sob irrigação na Região oeste do estado de São Paulo**. CONIRD 2006 – XVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – Goiânia – 25 a 30/07/2006

WARDLE, D.A.; HUNGRIA, M.A. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAÚJO, R.S. & HUNGRIA, M., eds. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília, Embrapa-SPI, 1994. p.193-216.

WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (IZ, **Boletim Técnico n.18**).

4 ARTIGO - IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE CAPIM Mombaça E ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO

4.1 RESUMO E ABSTRACT

RESUMO

A utilização da adubação nitrogenada na produção de pastagens pode ser de grande valor no aumento da produtividade, mas também pode ter impactos indesejáveis no aspecto ambiental. Este estudo teve como objetivo avaliar a adubação nitrogenada com ureia e enxofre na produtividade e bromatologia do capim Mombaça, bem como seus efeitos nos parâmetros microbiológicos do solo. Foram avaliados os atributos para produção de Matéria Seca [MS], Proteína Bruta [PB], Fibra em detergente neutro (FDN), Cinzas e os parâmetros microbiológicos do solo, Carbono da Biomassa Microbiana [CBMS], Quociente Metabólico [qCO^2] e o quociente microbiano [$qMic$], em um LATOSSOLO VERMELHO eutroférico na região Norte do Paraná. Foi estabelecida uma área experimental com capim Mombaça, adubação mineral de plantio e de cobertura. Foram determinadas 20 parcelas de 4,0 x 4,0 m, com espaçamento de 1,0 metro entre as parcelas. O delineamento experimental ocorreu em blocos ao acaso com quatro repetições e os tratamentos, distribuídos aleatoriamente, foram cinco doses de adubação nitrogenada (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de N) associada com 100 g de enxofre para cada kg de Nitrogênio, sendo a adubação distribuída entre os meses de setembro/2016 a março/2017, após cada corte. Houve incremento na produção de matéria seca por hectare, partindo de 6,9 para 20,1 ton ha⁻¹ MS de 0 a 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente. Para a composição bromatológica da forragem, o teor de matéria seca e cinzas decaíram de 33,1 para 26,3 e 14,4 para 12,5% de 0 a 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente, enquanto o teor de PB aumentou de 6,6 para 9,6%, respectivamente, para os extremos dos tratamentos no presente experimento. Concluiu-se também que houve diminuição da eficiência de produção de MS por kg de nitrogênio utilizado. O teor de FDN teve comportamento não linear. Os valores de CBMS, $qMIC$ e qCO^2 foram influenciados pela atividade antrópica e aumento das doses de nitrogênio em todos os tratamentos, destacando a queda do CBMS e do $qMic$ e aumento significativo do quociente metabólico (qCO^2). Concluiu-se que, o aumento das doses de nitrogênio teve impacto positivo na produção e composição do capim Mombaça, mas teve impacto negativo na comunidade microbiana do solo, com aumento do estresse metabólico.

PALAVRAS CHAVE: produtividade, biomassa, pastagem, nitrogênio, manejo do solo

ABSTRACT

The use of nitrogen fertilization in pasture production may be of great value in increasing productivity, but may also have undesirable environmental impacts. This study aimed to evaluate nitrogen fertilization with urea in the productivity and bromatological composition of the Mombaça grass, as well as its effects on soil microbiological parameters. The attributes for the production of Dry Matter [MS], Crude Protein [PB], Neutral Detergent Fiber (NDF), Ash and soil microbiological parameters, Microbial Biomass Carbon [CBMS], Metabolic Quotient [qCO^2] and

microbial quotient [qMic], in the Northern region of Paraná. Twenty plots of 4.0 x 4.0 m of Mombaça grass, with spacing of 1.0 meters between the plots were determined. The experimental design was performed in randomized blocks with four replicates and the treatments, randomly distributed, were five doses of nitrogen fertilization (0, 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹ of N) associated with 100 g of sulfur for each kg of nitrogen, with fertilization distributed between September / 2016 and March / 2017, after each cut. Increases in dry matter production per hectare were observed, presenting 6.92 to 20.07 ton MS ha⁻¹ from 0 to 400 kg ha⁻¹ N, respectively, despite having reduced the efficiency of response per kg of nitrogen applied. As for the bromatological composition of the forage, DM and ash contents decreased from 33.13 to 26.27% and 14.46 to 12.56% from 0 to 400 kg ha⁻¹ N, respectively, while PB contents increased from 6.69 to 9.61%, respectively, to the extremes in the treatment of the present experiment. The values of CBMS, qMic and qCO² were influenced by the anthropic activity and increase of the nitrogen doses in all the treatments, highlighting the CBMS and qMic drop and significant increase of the metabolic quotient (qCO²). It was concluded that the increase of the nitrogen doses had a positive impact on the production and composition of the Mombasa grass, but had a negative impact on the soil microbial community, with increased metabolic stress.

KEYWORDS: productivity, biomass, pasture, nitrogen, soil management

4.2. INTRODUÇÃO

O Brasil teve nos últimos 40 anos um grande aumento na área de pastagens cultivadas, substituindo pastagens nativas por cultivares de capins com maior potencial produtivo, citando como exemplos os capins dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus maximus*.

O rebanho bovino nacional é estimado em 209 milhões de cabeças, ocupando uma área de aproximadamente 199 milhões de hectares (NASCIMENTO et al., 2014) Aproximadamente 90% do rebanho bovino nacional é alimentado com pastagens em sistemas extensivos de produção, gerando baixa eficiência e taxa de lotação abaixo do potencial. Esse aumento se deu especialmente em áreas de Cerrado, os quais apresentam solos com baixa fertilidade natural. Para que essas pastagens pudessem expressar seu potencial produtivo, a fertilização passou a ser uma realidade em muitos dos atuais sistemas de produções intensivos, aliado aos componentes de manejo em relação ao sistema solo-planta-animal, responsáveis por aumentos na produção e utilização da forragem produzida (ANUALPEC, 2015).

Estima-se que o aumento de produção de alimentos mundial até 2020 virá, na sua maioria, das áreas já existentes, com a incorporação de novas tecnologias, e que a utilização de fertilizantes desempenhará um importante papel. Dentro deste contexto, a sustentabilidade das áreas produtoras tem despertado grande preocupação na sociedade, que questionam a respeito dos aspectos ambientais da intensificação do uso do solo, como compactação, contaminação do lençol freático e emissão de gases de efeito estufa (RELATÓRIO ANUAL DA PECUÁRIA BRASILEIRA, EMBRAPA 2016).

A pastagem intensiva, com aumento da produção de forragem, principalmente pelo maior uso de nitrogênio, já demonstrou um balanço positivo de incorporação de carbono atmosférico via matéria orgânica, passados os impactos iniciais da implantação da pastagem (PAGANIN et al., 2010; HIRSCH et al., 2017). A recuperação da pastagem degradada e os sistemas fertilizados resultam em aumento na produção e longevidade da pastagem, considerando que há uma maior cobertura do solo, ciclagem de nutrientes, aumento dos teores de matéria orgânica e aumento do sequestro de carbono (HICKMAN; COSTA, 2012).

A migração de sistemas de pastagens degradadas para sistemas bem manejados, acarretaria um aumento de lotação animal de 0,75 UA ha⁻¹ para 1,5 UA ha⁻¹,

onde não só as emissões de GEE (gases de efeito estufa) seriam neutralizados, como acarretaria um armazenamento de carbono no sistema produtivo da ordem de 634 milhões de toneladas de carbono (CO_2) eq. Esse aumento significativo de produtividade possibilitaria a entrada de um rebanho adicional de 52 milhões de cabeças de bovinos no sistema, sem desmatamento, com uma economia gerada de 41,5 milhões de ha de pastagens. Ou o efeito inverso que também é possível, com a economia de áreas que poderiam ser utilizadas para outros fins, como a produção de grãos e reflorestamento (RELATÓRIO ANUAL DA PECUÁRIA BRASILEIRA, EMBRAPA 2016).

A comunidade microbiana do solo responde a mudanças no carbono e outros substratos depositados, como os substratos orgânicos e minerais inorgânicos, que afetam especialmente sua atividade, porém, os impactos dessas alterações na composição, estrutura e diversidade ainda permanecem um tanto obscuros, já o foco de estudos anteriores, têm recaído sobre aspectos químicos e produtivos do solo, e qualidade da água (ROSADO et al., 2014).

Uma das preocupações mais atuais, têm sido com relação ao impacto desta intensificação em relação à população microbiana do solo e seu comportamento sob o uso intensivo de fertilizantes.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com a gramínea *Megathyrsus maximus* Jacq. cv. Mombaça, na fazenda experimental da Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel (UENP/CLM), localizada no município de Bandeirantes (PR), tendo como coordenadas geográficas aproximadas de Latitude $23^{\circ} 15' \text{ S}$ e Longitude $50^{\circ} 23' \text{ W}$ de Greenwich, altitude média de 440 metros e clima do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen (Köppen, 1948).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, o qual no início do experimento apresentava as seguintes características químicas em amostras de 0-20 cm de profundidade: Carbono Orgânico Total (COT) : $17,1 \text{ g kg}^{-1}$; Matéria Orgânica (MO) : $29,5 \text{ g kg}^{-1}$; pH : 5,98 (CaCl_2); Fósforo (P) : $22,9 \text{ mg dm}^3$; Potássio (K) : $0,3 \text{ cmolc dm}^3$; Cálcio (Ca) : $6,14 \text{ cmolc dm}^3$; Magnésio (Mg) : $2,1 \text{ cmolc dm}^3$; Alumínio (Al) : 0 cmolc dm^3 ; Hidrogênio+Alumínio (H+Al) : $4,32 \text{ cmolc dm}^3$;

Capacidade de Troca de Cátions (CTC) : 12,84 cmolc dm³; Saturação por Bases (V) : 66,32%.

O capim Mombaça foi estabelecido na área experimental em fevereiro de 2016, usando 12 kg ha⁻¹ de sementes, a qual foi subsolada, arada e gradeada, sendo feita adubação pertinente de acordo com a análise de solo e adubação de plantio de 500 kg ha⁻¹ de 00-20-10 (N-P-K) acrescido de 50 kg ha⁻¹ de FTE BR12 (FRITED TRACED ELEMENTS), fonte de micronutrientes (9% de Zinco, 3,9% de Enxofre 2% de manganês, 1,8% de Boro e 0,85% de cobre) no momento do plantio, e 20 kg ha⁻¹ N 30 dias após a semeadura para estimular o perfilhamento (PEREIRA et al., 2011).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e cinco tratamentos (adubação nitrogenada com ureia) com doses de 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ N) associada com 100 g de enxofre (sulfato de amônio) para cada kg de nitrogênio, usando uma relação de nitrogênio:enxofre de aproximadamente 10:1 (BATISTA; MONTEIRO, 2008).

As chuvas iniciaram na primeira quinzena de setembro/2016, sendo realizado na sequência o corte de uniformização na área experimental, em 24/09/2016, e determinadas 20 parcelas de 4,0 x 4,0 m, com espaçamento de 1,0 metro entre as parcelas. Durante o período experimental foram acessados os dados coletados na estação meteorológica do campus Luiz Meneguel, os quais registraram uma precipitação acumulada no período de 825,9 mm (Tabela 1), bem como temperaturas máximas, mínimas, média e umidade relativa do ar.

Os cortes foram realizados nos dias 26/11/2016; 07/01/2017; 20/02/2017 e 08/04/2017, e a altura das parcelas medidas imediatamente antes das coletas, sendo efetuadas 2 medidas aleatórias na altura de inflexão das folhas, em cada parcela. As médias das alturas dos cortes trabalhadas para cada tratamento foram de 62,75; 67,25; 79,12; 94,87 e 101,87cm para os tratamentos com 0; 100; 200; 300 e 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente. Foram efetuados dois cortes da mesma parcela, como duplicatas, utilizando quadro de 1,0 x 1,0 m (1,0 m²), e retirados subamostras de 500 gramas, as quais foram pesadas e colocadas em estufa de secagem com ventilação forçada à 55-60°C por 72 a 96 horas, realizando a pré-secagem do material. Após cada coleta foram realizados os cortes de uniformização na altura de 30 cm em todas as parcelas experimentais, bem como realizada a adubação nitrogenada, a qual foi dividida em quatro aplicações para todas as doses de nitrogênio, sempre após cada corte e após a roçada de uniformização, após a primeira chuva.

Tabela 1. Temperatura máxima, mínima e média (C°), umidade relativa do ar (%) e precipitação mensal (mm) da área experimental.

Mês	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Média (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Precipitação mensal (mm)
2016					
Setembro	28,1	13,3	20,0	61,2	23,3
Outubro	30,1	16,8	22,5	66,2	89,8
Novembro	32,1	18,6	24,3	64,7	26,1
Dezembro	31,5	20,4	25,2	70,8	152,6
2017					
Janeiro	31,1	21,1	25,0	77,7	204,2
Fevereiro	33,1	21,0	26,0	70,8	131,6
Março	31,2	19,0	24,2	71,8	191,0
Abril	29,8	17,3	23,0	72,0	7,3

Fonte: Estação Meteorológica do Campus Luiz Meneguel, Bandeirantes, PR 2017

Na sequência, as amostras coletadas nas parcelas foram moídas no moinho em peneira com malha de 1,0 mm e analisadas no Laboratório de Análise de Alimentos da UENP/CLM, no qual foram determinados os teores de matéria seca (MS) a 105°C; proteína bruta (PB) e cinzas de acordo com AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN) (VAN SOEST; ROBERTSON, 1985) e nutrientes digestíveis totais (NDT) que foi calculado segundo CAPPELLE et al., 2001.

Em cada parcela foi realizada amostragem de solo de 0-10 cm nas épocas indicadas acima, sendo feitas sete subamostras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos sob refrigeração e transportadas para o Laboratório de Microbiologia de Solos da UENP, onde foram homogeneizadas, peneiradas em malha de 2 mm e a umidade ajustada para 60% da capacidade de campo.

Foram avaliados os teores de carbono orgânico total (COT), o carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) e a atividade metabólica (qCO_2)

Os teores de carbono total do solo foram determinados a partir do método proposto por Walkley ; Black (1934).

Para determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (CBMS), utilizou-se o método proposto por Vance et al., (1987) através de fumigação-extração. Os teores de carbono foram determinados a partir do método proposto por Walkley; Black (1934) modificado segundo Tedesco et al., (1995).

A atividade microbiana foi avaliada pela determinação da respiração basal (C-CO²) a partir do método proposto por Jenkinson; Powlson (1976).

O quociente metabólico (qCO_2) (ANDERSON; DOMSCH, 1993) que identifica o grau de eficiência da microbiota na utilização do C do solo, foi estimado pela razão entre a respiração basal do solo (RBS) e o carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), seguindo a equação: $qCO_2 = RBS/CBMS \cdot 1000$.

O quociente microbiano ($qMic$) é a razão entre o C da biomassa microbiana e o Carbono Orgânico total do solo, o qual estima a eficiência da comunidade microbiana em degradar a matéria orgânica (SPARLING, 1992).

Os resultados foram analisados utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), realizou-se o teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade, e a análise de regressão.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode se notar na Tabela 2, que a média da matéria seca encontrada nas quatro coletas, quando se eleva a dose ocorre uma redução na porcentagem de matéria seca, sendo o maior valor de 33,1% na dose de 0 Kg ha⁻¹ N, e o menor com 26,2% com a dose de 400 kg ha⁻¹ N. Estatisticamente não houve diferença nas doses de 0, 100, 200 Kg ha⁻¹ N o mesmo ocorre com as doses de 200, 300, 400 kg ha⁻¹ N, porém há diferença (P<0,001) entre as doses de 0 e 100 kg ha⁻¹ N (33,1 e 32,6%, respectivamente), quando comparada às doses de 300, 400 kg ha⁻¹ N (28,2 e 26,2%, respectivamente).

Tabela 2. Percentuais médios de matéria seca e produção de matéria seca por hectare de capim Mombaça sob diferentes doses de nitrogênio. Bandeirantes/PR, 2017.

Doses ¹	% de MS ²	Taxa acúmulo ha ⁻¹ dia ⁻¹
0 Kg ha ⁻¹ N	33,1 a	6,9 c
100 Kg ha ⁻¹ N	32,6 a	7,7 c
200 Kg ha ⁻¹ N	29,6 ab	14,0 b
300 Kg ha ⁻¹ N	28,2 b	16,2 ab
400 Kg ha ⁻¹ N	26,2 b	20,0 a

¹ Quilos de nitrogênio ha⁻¹ ano⁻¹; Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna, diferem estatisticamente entre si ²(p<0,001) e ³(p<0,05).

Os teores de matéria seca apresentaram correlação negativa alta (-0,98), ou seja, a medida que se aumenta a adubação reduz os teores de matéria seca, decrescendo de 33,1% a 26,2% para 0 Kg ha⁻¹ N a 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente. Somado a isso, o coeficiente de variação observado na análise das médias foi de 9,04%,

o qual é considerado baixo e permite afirmar que os dados são confiáveis.

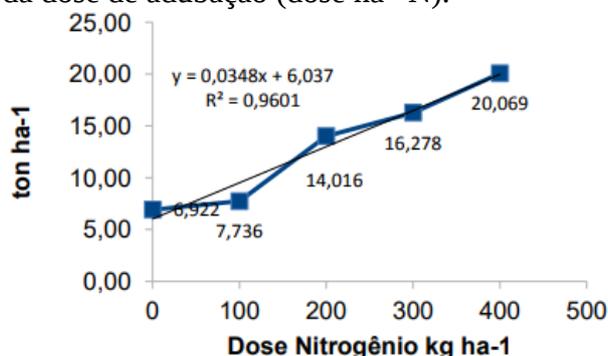
Essa redução na porcentagem de matéria seca ocorre possivelmente devido a maior disponibilidade de nitrogênio que estimula o crescimento das plantas, acarretando maior acúmulo de água. A cada 40 kg ha⁻¹ N aplicado ocorre redução de 0,56% na porcentagem de matéria seca das forrageiras (CASTAGNARA et. al., 2014). Em contraponto, no presente trabalho foi observada uma relação de que para cada 100 Kg de N adicionado a dose acarretou numa redução de 1,75% da matéria seca, equivalente a 0,7% a cada 40 Kg de N, resultado superior aos observados pelos autores citados.

As produções totais de matéria seca (Tabela 2) apresentaram 6,9; 7,7; 14,0; 16,2 e 20,0 ton MS ha⁻¹ para 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente, onde a produção total de MS com 0 e 100 kg ha⁻¹ N foram semelhantes, porém, inferiores ($p < 0,05$) quando comparadas aos demais tratamentos. Da mesma maneira, os tratamentos com 200 e 300 Kg ha⁻¹ N foram semelhantes ($p > 0,05$), enquanto apenas o segundo foi semelhante ($p > 0,05$) ao tratamento com 400 Kg ha⁻¹ N.

Foi observado efeito linear positivo (Figura 1) com o aumento dos níveis de adubação em relação à produção total de matéria seca durante todo o período estudado, onde o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,96, o qual indica bom ajuste ao modelo linear utilizado. Pela equação encontrada, $y = 0,0348N + 6,037$, a mesma indicou que a cada 100 Kg de N ocorre adição de 3,48 ton ha⁻¹ de MS, ou 34,8 Kg de MS por kg de N aplicado. Isto demonstra que, apesar da produção com 300 e 400 Kg ha⁻¹ N serem semelhantes, sendo o último a maior dose utilizada, continua ocorrendo incremento na produção de matéria seca.

Martha Júnior et al. (2006) relataram que doses de N maiores que 300 kg ha⁻¹ano⁻¹ acarretariam ganhos de 21,2 kg de MS por kg de N aplicado, enquanto Mazza et al. (2009) obtiveram incremento linear na produtividade de 19 kg de MS por kg de N aplicado. Os resultados observados no presente experimento podem ser explicados pela época estudada, quando o capim demonstra maior resposta na produção, e também por ser o primeiro ano de produção onde o capim tem maior acúmulo de MS.

Figura 1 – Ajuste linear do comportamento da produção de matéria seca por hectare (ton ha⁻¹ MS) em função da dose de adubação (dose ha⁻¹ N).



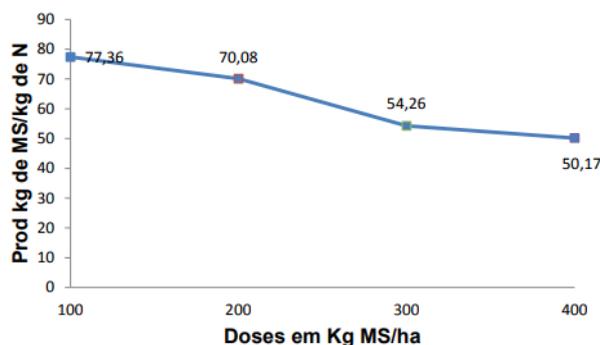
O coeficiente de correlação encontrado para os níveis de adubação e produção de MS kg ha⁻¹ foi positivo e alto, com valor de 0,98. Provavelmente, os resultados se devem ao fato de que a adubação nitrogenada acelera o crescimento, acarreta uma maior produção de perfilhos (MARTUSCELLO et al., 2015), aumenta o índice de área foliar e estimula a taxa de expansão das folhas (LUNA et al., 2014). Martuscello et al. 2015, trabalhando com *Megathyrus maximus* cv massai, encontraram aumento da produção do capim com o incremento das doses de N, explicado pelo fato do N agir como fator controlador dos diferentes processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, proporcionando aumento de biomassa pela fixação de carbono.

Ainda como provável explicação para os resultados no presente projeto, o clima pode ter influenciado, pois a precipitação (Tabela 1) mesmo não sendo bem distribuída no decorrer do projeto, foi satisfatória para a boa resposta em produtividade. Somado a isso, o período médio entre os cortes neste experimento foi de aproximadamente 42 dias, sendo que Costa et al. (2017), trabalhando com capim Mombaça e períodos de descanso variados entre os cortes encontraram que o período de descanso mais adequado para o mesmo, visando a conciliar produção, vigor de rebrota e qualidade da forragem situa-se entre 35 e 42 dias, respeitando então, a fisiologia do capim.

Quando se analisa a resposta do capim em relação à quantidade de nitrogênio utilizada (Figura 2), observa-se um decréscimo da resposta da forragem por kg de N utilizado. Na dose de 100 kg ha⁻¹ N, temos uma resposta de 77,3 kg de matéria seca para cada Kg de N aplicado, porém na dose de 400 kg ha⁻¹ N, esse resultado é de 50,1 kg de matéria seca para cada Kg de N. É importante salientar que os tratamentos com adubação nitrogenada no presente experimento foram divididos em quatro

aplicações após os cortes realizados nas parcelas experimentais, ou seja, 25, 50, 75 e 100 kg de N por aplicação para 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente.

Figura 2- Ajuste linear da resposta da produção de matéria seca por hectare (Kg ha⁻¹ MS) em função da quantidade de nitrogênio (N) utilizada.



Segundo Primavesi et al. (2013) as doses mais adequadas de ureia no período de verão situam-se entre 50 e 100 kg ha⁻¹ N por aplicação, após cada corte, no período das chuvas, porém quanto maior a dose por aplicação, maior será a perda de nitrogênio, e menor sua eficiência de conversão de nitrogênio em produção de forragem.

A eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) é um importante fator de avaliação da eficiência e sustentabilidade da adubação nitrogenada, pois estima a dose que apresentou melhor resposta (MOCHEL FILHO et al., 2016). Em experimento de Costa et al. (2016) em casa de vegetação, a eficiência de utilização de N foi inversamente proporcional às doses de N aplicadas. O processo que contribuiu para a redução na eficiência de utilização foram as perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização, que se tornam cada vez maiores com o aumento da dose de adubo nitrogenado.

Semelhante resposta observada ao presente experimento também foram descritos por Magalhães et al. (2012) utilizando 200 a 800 kg ha⁻¹ N na adubação de capim-andropogon (*Andropogon gayanus*) nas condições edafoclimáticas de Parnaíba, Piauí, podendo inferir que independente das condições climáticas e espécie de forrageira trabalhada, a resposta quanto a EUN tende a diminuir com o aumento das doses de adubação. Sendo assim, provavelmente a utilização de elevadas doses se justifica quando de fato acarretar incremento na taxa de lotação e produção total ha⁻¹ ano⁻¹, independente de pecuária leiteira ou de corte, devido às perdas de eficiência da conversão da adubação nitrogenada em produção de forragem, conforme demonstrado

na literatura e no presente trabalho.

Em relação à composição bromatológica, os teores percentuais de cinzas apresentaram declínio até quando aplicou se 300 kg ha⁻¹ de N, decaindo de 14,4% com 0 kg ha⁻¹ N para 11,4% com 300 kg ha⁻¹ N, fato esse que pode ser explicado pela elevação dos teores de PB, os quais elevaram de 6,6% com 0 kg ha⁻¹ N para 8,3% com 300 kg ha⁻¹ N (Tabela 3).

Tabela 3. Percentuais médios (%) de matéria seca (MS), de cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de capim Mombaça submetidos a diferentes doses de nitrogênio.

Tratamento ¹	MS (%) ²	Cinzas (%) ²	PB (%) ²	FDN (%) ³	NDT (%) ⁴
0 kg ha ⁻¹ N	33,1 a	14,4 a	6,6 d	70,0 ab	54,5 ab
100 kg ha ⁻¹ N	32,6 a	13,7 a	6,6 d	69,4 b	54,8 a
200 kg ha ⁻¹ N	29,6 ab	12,7 b	7,5 c	71,4 ab	54,0 ab
300 kg ha ⁻¹ N	28,2 b	11,4 c	8,3 b	73,0 a	53,3 b
400 kg ha ⁻¹ N	26,2 b	12,5 b	9,6 a	71,8 ab	53,8 ab

¹Quilos de nitrogênio hectare ano. ²(P<0,001); ³(P<0,01); ⁴(P<0,05); Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna, diferem estatisticamente entre si.

Já a PB apresentou resposta linear positiva ($R^2=91,9$) e correlação positiva alta ($r=0,96$; $P<0,05$) com o incremento de nitrogênio, podendo esse aumento nos teores de proteína ser devido à maior presença de aminoácidos livres, que mantêm N em sua estrutura, assim como de pequenos peptídeos no tecido da planta em resposta ao maior aporte de N no solo (FREITAS et al., 2007). Garcia et al. (2011) relataram teor no capim Mombaça de 12,2% de PB, trabalhando com 50 kg ha⁻¹ N, enquanto Vanzela et al. (2006) observaram teor de 13,8% de PB com dose de 100 kg N/corte, porém esse teor caiu para 9,7% de PB quando as doses por aplicação caíram para 25 kg e 50 kg de N/corte.

Em relação aos teores de FDN, constatou-se comportamento não linear ($R^2=62,4$) com correlação positiva média ($r=0,79$; $P<0,05$) de acordo com as doses crescentes de nitrogênio aplicadas na forrageira, não demonstrando a queda esperada, uma vez que o tratamento com 0 e 400 kg ha⁻¹ N apresentaram valores de 70,0 e 71,8%, respectivamente. Segundo Corsi (1984) e Castagnara et al. (2014), a adubação nitrogenada pode reduzir a porcentagem de FDN das plantas por estimular o crescimento de tecidos novos, que possuem menores teores de carboidratos estruturais na matéria seca. Já Mochel Filho et al. (2016), estudando capim Mombaça com doses crescentes de N, descreveram aumento nos teores de FDN para a fração folhas, mas sem efeito significativo ($P>0,05$) na fração colmos.

Paradoxalmente, o fornecimento de nitrogênio em doses elevadas, aliado a condições climáticas em que o capim se desenvolve, pode acelerar a maturidade e senescência da planta, limitando o efeito benéfico da adubação nitrogenada sobre os valores de FDN, podendo explicar o resultado encontrado no presente experimento (FREITAS et al., 2007; MOCHEL FILHO et al., 2016). Somado a isso, ocorre intensificação no processo de alongamento do colmo e diminuição progressiva na proporção de folhas, com conseqüente redução do conteúdo celular e do valor nutritivo da planta quando se faz uso da adubação nitrogenada. Este efeito pôde ser observado no presente experimento, onde as alturas médias dos tratamentos variaram entre 62,75 cm a 101,87 cm, para os tratamentos 0 e 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente, mas sem variação significativa nos teores de FDN dos tratamentos (P<0,001), que variaram entre 70,0 a 71,8 % da MS para os tratamentos 0 e 400 kg ha⁻¹ N, respectivamente.

O teor de FDN é um importante parâmetro que define a qualidade da forragem, bem como um fator que limita a capacidade ingestiva por parte dos animais. Constituída basicamente de celulose, hemicelulose e lignina, a mesma representa a fração química da forrageira que se correlaciona mais estreitamente com o consumo voluntário dos animais, sendo que valores acima de 55 a 60% correlacionam-se de maneira negativa (Van SOEST, 1994). No presente trabalho, os valores de FDN encontrados estiveram sempre acima do valor crítico de 55% e, portanto, poderão correlacionar negativamente com o consumo da mesma quando ofertadas para ruminantes.

Quanto aos valores de NDT, observa-se apesar de não apresentar efeito linear negativo ($R^2=62,7$), teve correlação negativa média ($r=0,79$; $P<0,05$), demonstrando uma redução do mesmo quando se aumenta os níveis de adubação. Os teores de NDT variaram de 53,3 a 54,8%, estando próximos dos 55% relatados como ideais por Van Soest (1994) em forrageiras tropicais, podendo ser alterados de acordo com as condições climáticas, solo e a idade de corte das plantas.

Em relação aos atributos microbiológicos do solo, houve interação entre as doses de nitrogênio (N) e coleta, para o carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), para o quociente microbiano ($qMic$) e o quociente metabólico (qCO^2) da segunda coleta.

Na primeira coleta não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para o CBMS, para o $qMic$ e o qCO^2 (Tabela 4). Isso já era esperado, mostrando boa homogeneidade do solo entre as parcelas antes do início do experimento. Os valores de

CBMS variaram de 439,2 a 541,1 mg kg⁻¹ solo, enquanto para q_{Mic} e q_{CO^2} variaram de 2,5 a 3,5 mg CO² g⁻¹.h⁻¹/ mg C kg⁻¹ solo e 0,8 a 1,4 mg CO² g⁻¹.h⁻¹/ mg C kg⁻¹ solo, respectivamente.

Tabela 4- Resultados de Carbono da Biomassa Microbiana (CBMS), Quociente microbiano (q_{Mic}) e Quociente Metabólico (q_{CO^2}) da primeira (1ª) e segunda (2ª) coletas de acordo com as doses de nitrogênio aplicadas (kg ha⁻¹ N).

DOSES	CBMS ¹		q_{Mic} ²		q_{CO_2} ³	
	1º COLETA	2º COLETA	1º COLETA	2º COLETA	1º COLETA	2º COLETA
0	439,2 Aa	94,7 Bbc	3,1 Aa	0,9 Ba	1,4 Ba	7,0 Ac
50	541,1 Aa	207,1 Ba	2,5 Aa	0,6 Ba	1,4 Aa	2,2 Ae
100	499,3 Aa	192,4 Bab	3,0 Aa	0,9 Ba	1,4 Ba	4,4 Ad
200	495,7 Aa	70,8 Bc	3,5 Aa	0,2 Ba	1,1 Ba	10,5 Ab
300	477,2 Aa	71,4 Bc	3,1 Aa	0,9 Ba	0,8 Ba	17,4 Aa
400	466,4 Aa	43,6 Bc	2,8 Aa	0,5 Ba	1,1 Ba	18,4 Aa

¹ CBMS - mg C kg⁻¹ solo; ² q_{MIC} e ³ q_{CO^2} em mg CO² g⁻¹.h⁻¹/ mg C kg⁻¹ solo.

Médias seguidas de letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si (p<0,05).

Na segunda coleta houve diferença (P<0,05) entre as doses de N para o CBMS e o q_{CO^2} , sendo que as doses de 0, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ N não foram diferentes entre si e diferiram estatisticamente das doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ N.

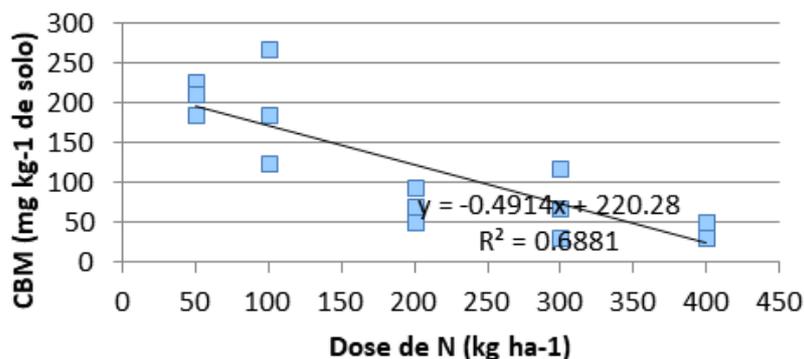
Comparando as duas coletas, os resultados demonstrados em relação a CBMS, todas as parcela apresentaram queda entre o início e o fim do experimento (P<0,05), revelando que outros fatores como o manejo da pastagem com cortes frequentes é capaz de influenciar negativamente a comunidade microbiana, mesmo o tratamento sem aplicação de adubação nitrogenada.

Na segunda coleta o capim Mombaça sem adubo nitrogenado não se diferenciou estatisticamente das doses mais altas de N, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ N, mostrando que doses mais altas influenciam negativamente a comunidade microbiana da mesma forma que o manejo da pastagem sem adubação (LOURENTE et al., 2011). Já as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ N foram diferentes estatisticamente das demais e não se diferenciaram entre si, mostrando que doses menores de N interferem menos na comunidade microbiana.

Pela análise de regressão (Figura 3) o CBMS apresentou efeito linear negativo com o aumento das doses de nitrogênio, tendo coeficiente de determinação de 0,69. Delbem et al., (2011), trabalhando com capim *brizantha*, encontraram resultados semelhantes, onde doses elevadas de N acarretaram perdas de carbono pela atividade microbiana devido ao estresse metabólico provocado pela acidificação do solo, sendo a dose de 100 kg ha⁻¹ N a que acarretou as menores perdas, embora neste trabalho a dose

de 50 kg de N foi a que menos impactou.

Figura 3. Regressão linear do carbono da biomassa microbiana (CBMS) em função da dose de N (sem a dose 0) na segunda coleta.



A recuperação de pastagens ou a implantação de pastagens perenes via prática de adubação, podem provocar alterações no solo, especialmente na comunidade microbiana, que ora atua na mineralização de formas orgânicas de nutrientes, liberando-os para as plantas, ora funciona como reservatório, imobilizando-os na sua biomassa (LOPES et al., 2012).

O carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) pode assim, ser um importante indicador de qualidade do solo, representando a fração ativa e biodegradável da matéria orgânica do solo (MOS), refletindo as mudanças pelas quais está passando, sejam elas no curto prazo, distúrbio, ou no longo prazo, recuperação (HIRSCH et al., 2017).

Diferentes sistemas de manejo do solo apresentam divergentes impactos na relação Cmic/Corg solo. Segundo Silva et al. (2010) e Lisboa et al. (2012), manejos mais intensivos e uso frequente de agrotóxicos e fertilizantes minerais, especialmente os nitrogenados, reduzem essa relação em comparação com sistemas que revolvem pouco o solo ou que depositam material orgânico nas camadas superficiais do solo, que aumentam essa relação, favorecendo o aumento da biomassa microbiana.

Em sistemas com a presença permanente de plantas sobre o solo, especialmente plantas em crescimento sob manejo intensivo, o tempo pode ser um fator determinante na mudança dos parâmetros microbiológicos de um solo. O tempo restabelece o carbono orgânico do solo, assim como a mesofauna e a microbiota, em solos previamente descobertos ou em cultivo mínimo, quando pastagens permanentes são implantadas (HIRSCH et al., 2017).

A presença de plantas em crescimento sobre o solo apresenta maior

capacidade de aumento do COS e do CBMS, do que a simples redução do uso deste solo (pousio) ou em campos cultiváveis com colheitas regulares, e podem prover uma rápida recuperação de solos degradados (PAGANIN et al., 2010; HIRSCH et al., 2017).

Em trabalho de Bueno et al. (2011), a presença de fertilizantes, especialmente o nitrogênio, aumentou em até oito vezes a microbiota do solo. Da mesma maneira, altos níveis de aumento do quociente metabólico (qCO_2), como o ocorrido neste trabalho, com doses crescentes de N, podem indicar tanto um distúrbio como uma alta taxa de produtividade do ecossistema (SILVA et al., 2010).

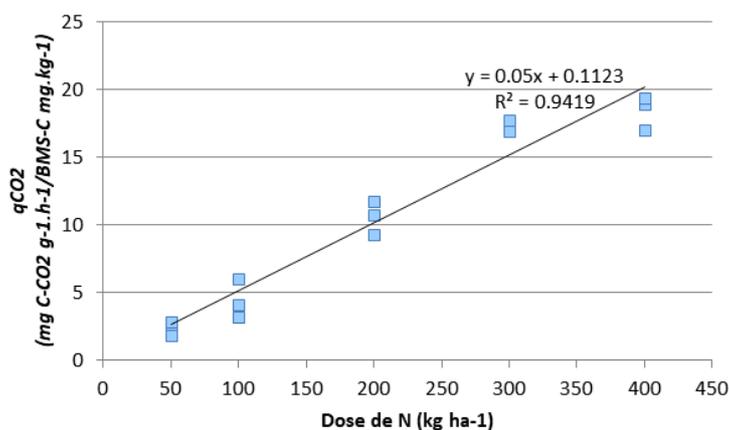
Hickman e Costa (2012), trabalhando em sistema de plantio direto, à longo prazo, estocou carbono orgânico total (COS) nas camadas superficiais do solo, favorecendo a comunidade microbiana. Portanto, um sistema de manejo do solo será positivo ou negativo para a recuperação ou aumento da comunidade microbiana via aumento do CBMS, quanto maior for sua capacidade de depositar à longo prazo, material orgânico neste solo, sendo a matéria orgânica o mais importante componente da fertilidade do solo e indicador chave de sua qualidade, no caso, no aspecto biológico (LOPES et al., 2012).

Já a análise de regressão para o quociente metabólico (qCO_2) (Figura 4) apresentou resposta linear positiva com coeficiente de determinação de 0,94, provavelmente resultante da perda de carbono via respiração celular que aumentou, revelando estresse metabólico na comunidade microbiana (HUNGRIA et al., 2009). Estudo de Delbem et al. (2011) demonstrou que esse aumento do estresse metabólico é decorrente de queda do pH do solo nas camadas superficiais, sendo que a dose de $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ acarretou nas menores perdas. Os autores citados relatam que, com a reação de nitrificação do sulfato de amônio e absorção de NH_4^+ pelas raízes, ocorre liberação de H^+ , o que acidifica o solo, aumentando a disponibilidade de Al^{+3} . Doses elevadas de N, especialmente quando a fonte foi o sulfato de amônio gerou, portanto, distúrbios ambientais e perda de carbono no solo. Entretanto, o resultado do mesmo autor, usando ureia como fonte de adubo nitrogenado, foi diferente do encontrado nesse experimento.

A partir da análise do qCO_2 , observou-se que a comunidade microbiana está consumindo mais carbono do que o mantido no solo por meio da sua biomassa, como pode ser visto pela queda significativa do CBMS entre a primeira e a segunda coleta, revelando que distúrbios ambientais, no caso a aplicação de fertilizante mineral na forma de ureia em doses crescentes, afetam a comunidade microbiana do solo negativamente, assim como os diversos sistemas de manejo com diferentes

intensidades de uso do solo (SILVA et al., 2010).

Figura 4- Regressão linear do quociente metabólico (qCO^2) em função da dose de N aplicado no solo na segunda coleta.



A respiração microbiana, medida através da quantificação do carbono liberado na forma de CO^2 , reflete a velocidade de decomposição do material orgânico do solo, liberando nutrientes para as plantas. Portanto, plantas em crescimento, aumentando o fornecimento de nitrogênio via adubação, com altas taxas de quociente metabólico (qCO^2), antes de ser denominado distúrbio, pode refletir altas taxas de produtividade (SILVA et al., 2010).

Outra consequência oriunda do aumento das doses de nitrogênio pode ser o desbalanço da relação carbono/nitrogênio (C/N), afetando negativamente a comunidade microbiana. Quando a relação C/N é alta, a comunidade microbiana utiliza o nitrogênio solubilizado no solo para decompor a matéria orgânica do solo (MOS) imobilizando-o na sua biomassa. Solos com maior razão C/N são menos favoráveis aos microorganismos, que necessitam de uma mistura equilibrada de nutrientes, e tendem a possuir menores taxas de decomposição da MOS (BRADY; WEIL, 2013).

Doses baixas de nitrogênio mineral podem alterar a relação C/N tornando-a menor, reduzindo as limitações do ambiente por nitrogênio (N) aumentando as taxas de decomposição da MOS (BERHE, 2012). Isso pode ser observado neste trabalho (Tabela 4), quando as doses menores de N, 50 e 100 kg ha⁻¹ N tiveram impacto menor na queda da CBMS e no aumento do estresse metabólico (qCO^2) do que as doses maiores, que geram maior estresse devido a acidificação das camadas superficiais do solo (DELBEM et al., 2011).

4.5 CONCLUSÕES

O aumento na dose de adubação nitrogenada no capim Mombaça acarretou em incremento na produção de forragem, porém, ocorreu decréscimo da eficiência de produção de forragem com o aumento das doses de nitrogênio.

A composição bromatológica do capim Mombaça melhorou com o aumento da adubação nitrogenada, principalmente quanto ao incremento proteico e similares teores de fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais.

A resposta em produção ao incremento de nitrogênio deve levar em consideração outros fatores, como variações ambientais e aspectos econômicos para justificar doses altas de nitrogênio.

Doses crescentes de nitrogênio afetaram negativamente a comunidade microbiana do solo, diminuindo o Carbono da Biomassa Microbiana do Solo e aumentando o Estresse Metabólico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient of CO₂ (q_{CO_2}) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental condition, such as pH, on the microbial of forest soil. **Soil Biol. Biochem.** v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ASSOCIATION of OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1996. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 16th Ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre nas características morfogênicas do capim-marandu em substituição ao capim-braquiária em degradação em solo com baixo teor de matéria orgânica. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.7, p.1151-1160, 2008.

BERHE, A.A. Decomposition of organic substrates at eroding vs. depositional landform positions. **Plant Soil.** v. 350, p. 261-280, 2012.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Editora Bookmam Companhia LTDA. 3^o edição. Porto Alegre, 2013. 655p.

BUENO, J. R. P.; BERTON, R. S.; SILVEIRA, A. P. D.; CHIBA, M. K.; ANDRADE, C. A.; MARIA, I. C. Chemical and microbiological attributes of an oxisol treated with successive applications of sewage sludge. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.4, p.1461-1470, 2011.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CHAPIN III, F.S.; MATSON, P.A.; VITOUSEK, P. Principles of terrestrial ecosystem ecology. **Springer Science & Business Media**, 2011.

CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.; DE OLIVEIRA, P.S.R.; ZOZ, T.; ZOZ, A. Morphogenesis and production of tanzânia, mombaça and mulato grasses under nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, p. 45-54, 2014.

CORSI, M. Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum*, J A C Q. 1984. 125 f. **Thesis** (Doctor of Philosophy) – The Ohio State University, Ohio, 1984.

COSTA, N.L.; PAULINO, V.T.; MAGALHÃES, J.A.; RODRIGUES, B.H.N.; SANTOS, F. J.S. Eficiência do nitrogênio, produção de forragem e morfogênese do capim-massai sob adubação. **Nucleus**, v.13, n.2, out.2016

COSTA, N.L.; JANK, L.; MAGALHÃES, J.A.; RODRIGUES, A.N.A.; FOGAÇA, F.H.S.; BENDAHAN, A.B.; SANTOS, F.J.S. Produtividade de forragem, composição química e morfogênese de *Panicum maximum* cv Mombaça sob períodos de descanso. **Pubvet**, v.11, n.11, p.1169-1174, Nov. 2017.

GARCIA, C.S.; FERNANDES, A.M.; FONTES, C.A.A.; VIEIRA, R.A.M., SANT'ANA, N.F.; PIMENTEL V.A. Desempenho de novilhos mantidos em pastagens de capim-elefante e capim-mombaça. **R. Bras. Zootec.** v.40, n.2, p.403-410, 2011.

HICKMANN, C.; COSTA, L.M. DA . Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.10, p.1055–1061, 2012.

HIRSCH, P.R.; JHURREEA, D.; WILLIAMS, J.K. Soil Resilience and recovery rapid community responses to management changes. **Plant soil** (2017) 412: 283-297 DOI 10.1007/s 11104-016-3068-x

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, n. 3, p. 288-296, 2009.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. **Soil Biol. Biochem.**, 8:167-177, 1976.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. Buenos Aires: Panamericana, 1948. 478p.

LISBOA, B.B.; VARGAS, L.K., SILVEIRA, A.O.; MARTINS, A.F.; SELBACH, P.A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:45-55, 2012.

LOPES, A.A.C.; SOUSA, D.M.G.; CHAER, G.M.; JUNIOR, F.B.R.; GOEDERT, W.J.; MENDES, I.C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society American Journal**, v. 77, n. 2, p. 461-472, 2012.

LOPES, C.D.; SILVA, C. (2012). Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36 (4), 1211-1220.

LOURENTE, P.; REIS, E.; MERCANTE, M.; ALOVISI, F.T.; MAYUMI, A.; GOMES, F. C.; GASPARINI, A.S.; MIRANDA NUNES, M.N. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 41, núm. 1, enero-marzo, 2011, pp. 20-28.

LUNA, A.A.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; EMERENCIANO NETO, J.V.; ARAÚJO, I.M.M.; OLIVEIRA, L.E.C. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras, sob corte. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1803-1810, Nov./Dec. 2014.

MAGALHÃES, J.A.; CARNEIRO, M.S.S.; ANDRADE, A.C. ; PEREIRA, E.S.; SOUTO, J.S. ; PINTO, M.S. de C.; RODRIGUES, B.H.N.; COSTA, N. de L. e MOCHEL FILHO, W.J.E. (2012) - Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim andropogon sob irrigação e adubação. **Archivos de Zootecnia**, vol. 61, p. 577-588.

- MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O. A planta forrageira e o agroecossistema. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 87-137, 2006.
- MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. de. Integração lavoura-pecuária. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. v.3, p.287-307.
- MARTUSCELLO, J.A.; SILVA, L.P.; CUNHA, D.N.F.V.; BATISTA, A.C.S.; BRAZ, T.G.S.; FERREIRA, P.S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Cienc. anim. bras.** v.16, n.1, p. 1-13 jan/mar 2015.
- MAZZA, L. M; PÔGGERE, G. C.; FERRARO, F. P; RIBEIRO, C. B. CHEROBIM, V. F.; MOTTA, A. C. V.; MORAES. A. Adubação nitrogenada na produtividade e composição química do capim Mombaça no primeiro planalto paranaense. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.4, p.257-265, July/Aug. 2009.
- MOCHEL FILHO, W. DE J.E.; CARNEIRO, M.S. DE S.; ANDRADE, A.C.; PEREIRA, E.S.; ANDRADE, A.P.; CÂNDIDO, M.J. DA D.S.; JOÃO A. MAGALHÃES, J.A.; RODRIGUES, B.H.N.; SANTOS, F.J. de S.; COSTA, N. DE L. Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, 2016, 39(1): 81-88
- OLIVEIRA, L.C. de; STANGARLIN, J.R.; LANA, M. do C.; SIMON, D.N.; ZIMMERMANN, A. Influência de adubações e manejo de adubo verde nos atributos biológicos de solo cultivado com alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema de cultivo orgânico. **Arquivo Instituto Biológico**, 79: 557 – 565, 2012.
- PAGANIN, P.; PELLICER, M.S.; LEDDA, L.; BAGELLA, S., MADRAU, S.; PAPA-LEO, M.C.; FANI, R.C.; DALMASTRI, R.C.; BEVIVINO, A.M. Soil microbial community response to differences in soil managements and seasonal changes. **Journal of Biotechnology**. DOI: 10.1016/J.Jbiotech.2010.09.235.
- PEREIRA, O. G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K.G.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; CECON, P. R. Características morfogênicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio. **R. Bras. Zootec.** Viçosa , v. 40, n. 12, p. 2681-2689, dez. 2011 .
- PHILLIPS, R.P.; MEIER, I.C.; BERNHARDT, E.S.; GRANDY, A.S. WICKINGS, K.; FINZI, A.C. Roots and fungi accelerate carbon and nitrogen cycling in forests exposed to elevated CO₂. **Ecol Lett** 15(9):1042–1049, 2012.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.. **Adubação com uréia em pastagem de *Brachiaria brizantha* sob manejo rotacionado**: Eficiência e perdas. São Carlos, Sp: Maria Cristina Campanelli Brito, 2013. 6 p

RIBEIRO, E.L.; FONTES, C.A.A.; PALIERAQUI, J.G.B.; COSER, A.C.; MARTINS, C.E.; SILVA, R.C da. Influência da irrigação, nas épocas seca e chuvosa, na produção e composição química dos capins napier e mombaça em sistema de lotação intermitente. **R. Bras. Zootec.** v.38, n.8, p.1432-1442, 2009.

ROSADO, T.L.; GONTIJO, I.; de ALMEIDA, M.S.; CHAMBELA NETO, A.; SIMON, C. da P. Production and tillering of mombaça grass with different sources and levels of applied nitrogen / produção e perfilhamento do capim-mombaça submetido a fontes e doses de nitrogênio. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, Vol.24, Iss. 2 (Mar/Apr 2016): 139-146.

RUGGIERO, J.A.; FREITAS, K.R.; ROSA, B. et al. Composição bromatológica do capim-mombaça avaliado com diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: A laboratory study. **Biology Fertility Soils**, 35: 96-101, 2002.

SILVA, E.E. da; AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H. Determinação do carbono (CBMS). Seropédica, **EMBRAPA-CNPT**, 2007. 6 p.

SILVA, M.B. da; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1755-1761, 2007.

SILVA, R.R. da; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S. de; CURI, N.; ALOVISI, A.M.T.; Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. **R. Bras. Ci. Solo**. 34: 1585-1592, 2010.

SILVA, A.P; BABUJIA, L.C.; MATSUMOTO, L.S.; GUIMARÃES, M.F.; HUNGRIA, M. Bacterial diversity under different tillage and crop rotation systems in an oxisol of southern brazil. **The Open Agri. J.**, 7: 40 - 47, 2013.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **J. Soil Res.**, 30: 195-207, 1992.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. **Boletim Técnico de Solos**, 5. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.1995.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol. Biochem.**, 19: 703-707, 1987.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; GARGANTINI, P.E.; LIMA, R.C. **Qualidade de forragem de capim mombaça sob irrigação na Região oeste do estado de São Paulo**. CONIRD 2006 – XVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – Goiânia – 25 a 30/07/2006

Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.

Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.**, 37: 29-38, 1934.