



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

DAGNA ARIELE DA COSTA LEITE

**RESPOSTA DE FORRAGEIRAS À ADUBAÇÃO NPK NO CERRADO
BRASILEIRO:
UM ESTUDO META-ANALÍTICO**

Gurupi, TO

2021

DAGNA ARIELE DA COSTA LEITE

**RESPOSTA DE FORRAGEIRAS À ADUBAÇÃO NPK NO CERRADO
BRASILEIRO:
UM ESTUDO META-ANALÍTICO**

Artigo apresentado à Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi para obtenção do título de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Dra. Juliana Barilli

Gurupi, TO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

L533r Leite, Dagna Anele da Costa.

Resposta de forrageiras à adubação NPK no cerrado brasileiro: um estudo meta-analítico. / Dagna Anele da Costa Leite. – Gurupi, TO, 2021.

34 f.

Artigo de Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Gurupi - Curso de Engenharia Florestal, 2021.

Orientador: Juliana Barilli

1. Fertilidade do Solo. 2. Degradação de pastagens. 3. Panicum e
Brachiana. 4. Meta-análise. I. Título

CDD 577.272

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DAGNA ARIELE DA COSTA LEITE

**RESPOSTA DE FORRAGEIRAS À ADUBAÇÃO NPK NO CERRADO
BRASILEIRO:
UM ESTUDO META-ANALÍTICO**

Artigo apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Engenharia Florestal foi avaliado para a obtenção do título de Engenheira Florestal e aprovado em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 14 / 12 / 2021

Banca Examinadora

Prof. Dra. Juliana Barilli, UFT Gurupi

Eng. Florestal Norivânia Diniz da Silva, Instituto Black Jaguar

Msc. Jefferson Santana da Silva Carneiro, DCS-ESAL, UFLA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois devo a ele tudo o que sou. A meus pais, irmãos pelo imenso amor, carinho e proteção. Ao meu querido marido, pelo apoio incondicional oferecido em todos os momentos, e por sempre me fazer acreditar que era possível concluir este meu objetivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que eu cumprisse mais essa etapa da minha vida.

Agradeço a minha mãe Valdirene Putencio da Costa Leite e ao meu pai Lucas de Souza Leite, por terem me dado a melhor educação que poderiam me oferecer, por confiarem em mim e sempre me incentivarem.

A meus irmãos Robson da Costa Leite e Rubson da Costa Leite pelo amor, carinho e proteção.

A meu querido Marido Jefferson Santana da Silva Carneiro pelo companheirismo e principalmente por sempre estar ao meu lado incentivando a seguir em frente, e me fazendo acreditar que eu era capaz.

À professora Juliana Barilli e professora Suzana Cristine Siebeneichler por me incentivarem, apoiarem e acreditarem em meus sonhos, e a todos os demais professores que fizeram parte da minha formação profissional.

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Água Azul do Norte - PA, pela oportunidade da realização do meu estágio obrigatório.

A minha querida amiga Norivânia Diniz da Silva pela amizade, incentivo e por permitir que eu me sentisse parte de sua família.

Meus agradecimentos às minhas amigas Sara, Walberisa e Carolina pela amizade e a todos amigos que fiz durante essa jornada.

A Universidade Federal do Tocantins e a Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade e por tornar possível o meu sonho de concluir um curso superior.

E a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação profissional. Ficarão saudades e lembranças de todos os bons momentos que passamos, tudo será lembrado.

“O tempo de Deus tem seus mistérios, porém não nos cabe entender, mas confiar. O nosso tempo tem pressa, o dEle tem perfeição. Quem nEle espera jamais será decepcionado, mas surpreendido.”

(Autor desconhecido)

RESUMO

A produção animal no Brasil é realizada sobremaneira em áreas sob pastagem, as quais grande parte apresenta algum estágio de degradação, principalmente no Cerrado, devido ao manejo animal inadequado e ausência de reposição de nutrientes. Diante disso o presente trabalho objetivou analisar a resposta de gramíneas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* à adubação NPK no Cerrado brasileiro por meio de um estudo meta-analítico. Foram coletados trabalhos na literatura dos últimos 30 anos (1990 - 2020) definindo critérios específicos como: (i) estudo realizado em campo, (ii) sob o bioma Cerrado, (iii) com forrageiras do gênero *Panicum* e *Brachiaria*, (iv) avaliando a adubação NPK versus um controle com adubação apenas com N, P, K, NP, NK, PK ou sem NPK. De acordo com os critérios definidos foram coletados 19 trabalhos, abrangendo três regiões, cinco estados e o Distrito Federal. Nos estudos foram utilizadas cinco espécies de forrageiras e sete diferentes cultivares. A adubação NPK aumentou a produtividade das forrageiras quando comparado ao controle em até 4,5 vezes. A maior resposta à adubação NPK foi obtida pelas forrageiras do gênero *Panicum* em solos com textura arenosa, disponibilidade de fósforo muito baixa e teor de matéria orgânica maior que 1%. Portanto o manejo da adubação de pastagens deve levar em consideração o gênero da forrageira a ser implantado, bem como as propriedades químicas do solo.

Palavras-chaves: Fertilidade do solo. Degradação de pastagens. *Panicum*. *Brachiaria*. Meta-análise.

ABSTRACT

Animal production in Brazil is mainly carried out in areas under pasture, most of which have some stage of degradation, especially in the Cerrado, due to inadequate animal management and lack of nutrient replacement. Therefore, this study aimed to analyze the response of forage grasses of the genus *Brachiaria* and *Panicum* to NPK fertilization in the Brazilian Cerrado through a meta-analytical study. Literature works from the last 30 years (1990 - 2020) were collected, defining specific criteria such as: (i) field study, (ii) under the Cerrado biome, (iii) with forages of the genus *Panicum* and *Brachiaria*, (iv) evaluating NPK fertilization versus a control with only N, P, K, NP, NK, PK or without NPK fertilization. According to the defined criteria, 19 works were collected, covering three regions, five states and the Federal District. In the studies, five forage species and seven different cultivars were used. The NPK fertilization increased forage productivity when compared to the control up to 4.5 times. The greatest response to NPK fertilization was obtained by forages of the genus *Panicum* in soils with sandy texture, very low phosphorus availability and organic matter content greater than 1%. Therefore, the management of pasture fertilization must take into account the genus of forage to be implemented, as well as the chemical properties of the soil.

Key-words: Soil fertility. Pasture degradation. *Panicum*. *Brachiaria*. Meta-analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Distribuição dos estudos no Bioma Cerrado.....	17
Figura 2 – Efeito da adubação NPK na produtividade de forrageiras quando comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.....	20
Figura 3 – Efeito das classes de solos na resposta das forrageiras à adubação NPK na comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.....	22
Figura 4 – Efeito da textura do solo na resposta das forrageiras à adubação NPK na comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.....	24
Figura 5 – Efeito do teor de fósforo disponível na resposta das forrageiras à adubação NPK comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.....	25
Figura 6 – Efeito do teor de matéria orgânica na resposta das forrageiras à adubação NPK comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.....	26
Figura 7 – Efeito do gênero das forrageiras na resposta à adubação NPK comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação dos trabalhos utilizados na meta-análise.....	16
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
NP	Nitrogênio e fósforo
NK	Nitrogênio e potássio
PK	Fósforo e potássio
NPK	Nitrogênio, fósforo e potássio
$\ln RR$	Logaritmo natural da razão da resposta
RR	Razão da resposta
n_{fert}	Número de repetições para adubação NPK
$n_{control}$	Número de repetições para o controle
IC	Intervalo de confiança
NH_4^+	Amônio
NO_3^-	Nitrato

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivos.....	13
1.1.1	Objetivo geral.....	13
1.1.2	Objetivos específicos.....	13
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1	Busca e seleção dos artigos.....	15
2.2	Coleta e agrupamento dos dados em subcategorias.....	18
2.3	Análise dos dados.....	18
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
3.1	Visão geral.....	20
3.2	Efeito do solo.....	21
3.3	Efeito da textura.....	23
3.4	Efeito do teor de fósforo disponível.....	24
3.5	Efeito do teor de matéria orgânica.....	26
3.6	Efeito do gênero da forrageira.....	28
4	CONCLUSÕES.....	30
4.1	Contribuição do artigo.....	30
4.2	Trabalhos futuros.....	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A produção animal é uma das atividades econômica mais importantes do agronegócio brasileiro (VITOR et al., 2011; MARQUES et al., 2017; LEITE et al., 2019), baseando-se no uso de pastagens nativas ou cultivadas como fonte de nutrientes para os animais (DIAS-FILHO, 2014; CARDOSO; VOLPE; MACEDO, 2016; LOPES et al., 2018). Em 2020 o Brasil foi o maior produtor mundial de bovinos com cerca de 217 milhões de cabeças (ARAGÃO; CONTINI, 2021), com uma área de pastagens estimada de aproximadamente 154 milhões de hectares (MAPBIOMAS, 2021). Desta área total ocupada por pastagens no país, mais de 54% apresentam grau de degradação intermediário ou severo (DIAS-FILHO, 2014; MAPBIOMAS, 2021).

A degradação das pastagens tem sido um grande problema para a pecuária brasileira (IEIRI et al., 2010). Entre as principais causas dessa degradação tem-se o declínio da fertilidade do solo em função da não reposição dos nutrientes perdidos no processo produtivo, manejo inadequado da forrageira e erros na capacidade de lotação animal (sub ou superpastejo), causando a redução no vigor e produtividade das pastagens (PERON; EVANGELISTA, 2004; DUTRA, 2009; COSTA; FAQUIN; OLIVEIRA, 2010).

Somente no Cerrado brasileiro estima-se que 80% das pastagens cultivadas encontram-se em algum estado de degradação. Os solos deste bioma são caracterizados por apresentarem boas propriedades físicas e baixa fertilidade natural, o que tem contribuído como principal fator responsável pela degradação das pastagens (VOLPE et al., 2008). Portanto a correção e adubação do solo são consideradas práticas prioritárias na formação e renovação e/ou recuperação de pastagens (VOLPE et al., 2008).

As pastagens cultivadas no Cerrado são constituídas principalmente de gramíneas do gênero *Brachiaria* o que viabilizou a pecuária nessa região, pois são plantas adaptadas a ambientes de solos ácidos e com baixa fertilidade (VOLPE et al., 2008; IEIRI et al., 2010; COSTA; FAQUIN; OLIVEIRA, 2010; VIANA et al., 2011; CARNEIRO et al., 2017; LOPES et al., 2018).

Por outro lado, as pastagens do gênero *Panicum* tem ganhado espaço e vem sendo introduzidas no país (DIM et al., 2010, CARNEIRO et al., 2017), devido especialmente à menor sensibilidade ao ataque da cigarrinha e por serem gramíneas mais produtivas, com alto potencial de acumulação de forragem (VIANA et al., 2011; CARDOSO; VOLPE; MACEDO, 2016). No entanto, as cultivares desse gênero são reconhecidas por suas altas necessidades de

nutrientes e manejo (MACEDO, 2009, VALLE; JANK; RESENDE, 2009), quando comparadas às espécies e cultivares de *Brachiaria* (CARDOSO; VOLPE; MACEDO, 2016).

Além das diferentes exigências das forrageiras, a resposta das pastagens à adubação pode ser influenciada por diversos fatores, tais como nível de fertilidade do solo, teor de matéria orgânica, disponibilidade de água, dose e forma de aplicação do fertilizante, época da adubação, condições climáticas, potencial da planta, intervalo entre cortes, interações com demais nutrientes, entre outros (COSTA; FAQUIN; OLIVEIRA, 2010; BERNARDI; SILVA; BARETTA, 2018). Portanto, o fornecimento adequado e reposição dos nutrientes tem papel fundamental no processo produtivo de pastagens (COSTA; FAQUIN; OLIVEIRA, 2010).

Existem diversos trabalhos avaliando a resposta de forrageiras tropicais perenes à adubação (OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA; OLIVEIRA; CORSI, 2007a; OLIVEIRA; TRIVELIN; OLIVEIRA, 2007b; VOLPE et al., 2008; IEIRI et al., 2010; COSTA; FAQUIN; OLIVEIRA, 2010; VIANA et al., 2011; CARDOSO; VOLPE; MACEDO, 2016; CARNEIRO et al., 2017). No entanto, um experimento isolado traduz apenas o efeito dos tratamentos nas condições específicas em que foi realizado (ST-PIERRE, 2007), o que restringe a aplicabilidade dos resultados obtidos no local e condição de sua realização (BERNARDI; SILVA; BARETTA, 2018). Já um estudo meta-analítico permite sumarizar os dados de vários trabalhos realizados em condições e locais diferentes e, portanto, fornece conclusões de forma mais ampla, às quais se pode atribuir um maior grau de confiabilidade (BERNARDI; SILVA; BARETTA, 2018).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a resposta de gramíneas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* à adubação NPK, em termos de produtividade, tendo por base experimentos realizados no Cerrado brasileiro.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Avaliar o efeito do solo na resposta das forrageiras a adubação NPK;
2. Avaliar o efeito da textura do solo na resposta das forrageiras a adubação NPK;

3. Avaliar o efeito do teor de fósforo disponível no solo na resposta das forrageiras a adubação NPK;
4. Avaliar o efeito do teor de matéria orgânica do solo na resposta das forrageiras a adubação NPK;
5. Avaliar o efeito do gênero da forrageira na resposta à adubação NPK.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Busca e seleção dos artigos

A busca de dados na literatura foi realizada focada em artigos publicados em revistas indexados no Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>), Scopus (<http://www.scopus.com>), Scielo (<https://www.scielo.org/>) e Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>) nos últimos 30 anos (1990-2020). Uma lista dos artigos selecionados e alguns detalhes dos estudos está disponível na tabela 1.

Tabela 1 – Relação dos trabalhos utilizados na meta-análise.

Artigo	Região	Estado	Forrageira	Referência
1	Centro-Oeste	Mato Grosso	⁽¹⁾ <i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	Cabral et al. (2012)
2	Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	⁽²⁾ <i>P. maximum</i> cv. Massai	Cardoso, Volpe e Macedo (2016)
3	Norte	Tocantins	<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	Carneiro et al. (2017)
4	Sudeste	São Paulo	<i>B. decumbens</i> , <i>B. brizantha</i> cv. Marandú e <i>P. maximum</i>	Corrêa e Haag (1993)
5	Centro-Oeste	Goiás	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	Costa, Faquin e Oliveira (2010)
6	Norte	Tocantins	<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	Faria et al. (2015)
7	Sudeste	Minas Gerais	<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	Ieiri et al. (2010)
8	Norte	Tocantins	<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	Leite et al. (2019)
9	Centro-Oeste	Mato Grosso	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	Lopes et al. (2018)
10	Centro-Oeste	Goiás	<i>B. híbrida</i> cv. Mulato II	Marques et al. (2017)
11	Centro-Oeste	Goiás	<i>B. decumbens</i> e <i>B. ruziziensis</i> cv. Ruziziensis	Oliveira et al. (2001)
12	Sudeste	São Paulo	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	Oliveira, Trivelin e Oliveira (2003)
13	Sudeste	São Paulo	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	Oliveira et al. (2005)
14	Sudeste	São Paulo	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	Oliveira, Oliveira e Corsi (2007a)
15	Sudeste	São Paulo	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	Oliveira, Trivelin e Oliveira (2007b)
16	Centro-Oeste	Distrito Federal	<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	Soares et al. (2000)
17	Sudeste	Minas Gerais	<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	Viana et al. (2011)
18	Sudeste	Minas Gerais	<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	Vitor et al. (2011)
19	Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	<i>P. maximum</i> cv. Massai	Volpe et al. (2008)

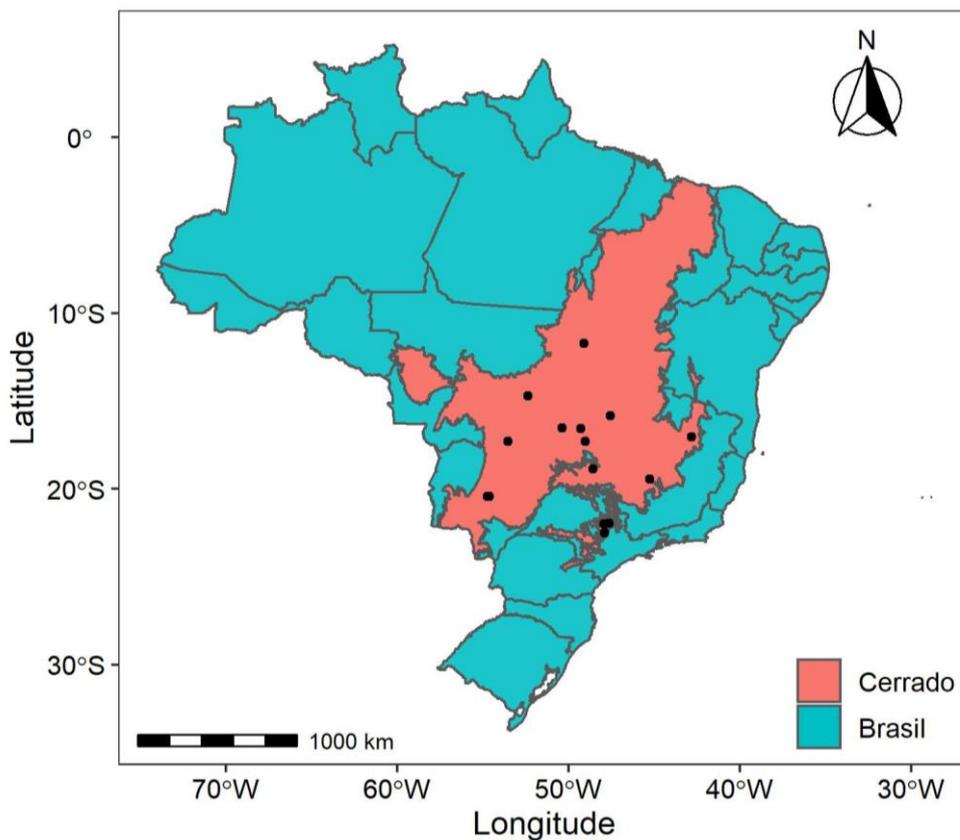
⁽¹⁾*B.*: *Brachiaria*; ⁽²⁾*P.*: *Panicum*.

Fonte: Adaptado do Autor (2021)

A busca na literatura foi realizada utilizando os seguintes descritores em inglês e português: “manejo da adubação de pastagens” ou “adubação nitrogenada em pastagens” ou “adubação fosfatada em pastagens” ou “adubação potássica em pastagens” ou “adubação nitrogenada e fosfatada em pastagens” ou “adubação nitrogenada e potássica em pastagens” ou “adubação fosfatada e potássica em pastagens” ou “adubação NPK em pastagens” e “*Brachiaria*” ou “*Urochloa*” ou “*Panicum*” ou “*Megathyrus*”.

Foram selecionados os artigos baseados nos seguintes critérios: estudos realizados em condições de campo (i) no bioma Cerrado (ii) com forrageiras do gênero *Panicum* e *Brachiaria* (iii) cultivadas de forma solteira (iv) em áreas com correção da acidez do solo (v) e com pelo menos um tratamento com a adubação NPK versus N, P, K, NP, NK, PK ou sem a adubação com NPK (vi). Mais de 100 artigos foram avaliados e um total de 19 artigos foram selecionados de acordo com os critérios estabelecidos anteriormente, sendo todos sob o Bioma Cerrado (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição dos estudos no Bioma Cerrado.



Fonte: Adaptado do Autor (2021)

2.2 Coleta e agrupamento dos dados em subcategorias

Foram coletados os dados de produtividade de forragem (massa seca ou massa verde em kg ha⁻¹ ou t ha⁻¹) para representar a resposta das forrageiras a adubação. Quando os dados foram apresentados no formato de gráficos nos artigos, os dados foram extraídos utilizando o software Web Plot Digitizer (<http://arohatgi.info/WebPlotDigitizer/>). Foram coletados dados referentes as classes dos solos, teores de argila, teores de fósforo disponível, teores de matéria orgânica e forrageiras cultivadas, além de informações relacionadas a área de estudo.

Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) e apresentados até o 2º nível categórico. A textura do solo foi agrupada como (i) arenosa (argila < 15%), (ii) média (15% < argila < 35%) ou (iii) argilosa (argila > 35%). Os teores de fósforo (P) disponível foram classificados de acordo com Alvarez V. et al. (1999) e Rajj et al. (1997) como (i) muito baixo, (ii) baixo, (iii) médio, (iv) alto ou (v) muito alto. Os teores de matéria orgânica foram agrupados em três categorias, (i) teores de 0-1%, (ii) teores de 1-2% ou (iii) teores > 2%.

2.3 Análise dos dados

A meta-análise foi conduzida seguindo procedimentos previamente consolidados na literatura (ADAMS; GUREVITCH; ROSENBERG, 1997; HEDGES; GUREVITCH; CURTIS, 1999). Os dados foram analisados calculando o logaritmo natural da razão da resposta ($\ln RR$) para comparar as médias da adubação com NPK e dos controles. A razão de resposta (RR) é comumente usada em meta-análise, por permitir a quantificação da mudança proporcionada que resulta de um tratamento versus um grupo controle (HEDGES; GUREVITCH; CURTIS, 1999).

O $\ln RR$ foi calculado como uma medida do tamanho do efeito, de acordo com a Equação 1:

$$\ln RR = \ln \left(\frac{\text{Adubação NPK}}{\text{Controle}} \right) \quad (1)$$

Onde Adubação NPK é o valor médio do tratamento com adubação NPK e o Controle é o valor médio dos tratamentos com adubação N, P, K, NP, NK, PK ou sem adubação NPK. Como as medidas de variação estavam disponíveis para poucos estudos, as observações individuais foram ponderadas pelo número de observações, com pesos ($n_{\text{fert}} \times n_{\text{control}}$)/($n_{\text{fert}} +$

n_{control}), onde n_{fert} e n_{control} representam o número de repetições para adubação NPK e controle, respectivamente (ADAMS; GUREVITCH; ROSENBERG, 1997; PITTELKOW et al., 2015).

Para facilitar a visualização e interpretação, todos os resultados das variáveis foram reportados como percentagem da variação da adubação NPK relativamente ao Controle. A variação ou mudança proporcional na produtividade das forrageiras ($\ln RR$) foi calculada utilizando a equação 2:

$$\text{Mudança (\%)} = [\exp(\ln RR) - 1] * 100 \quad (2)$$

O intervalo de confiança (IC) para os dados de $\ln RR$ a nível de 95% foram gerados utilizando o método de bootstrap com 5000 interações (PEIXOTO et al., 2020) com o uso do pacote estatístico “*boot*” (CANTY; RIPLEY, 2021). O efeito médio geral e o efeito em cada categoria foram considerados significantes quando o intervalo de confiança de bootstrap não se sobrepõem ao zero (grupo controle). Os grupos em cada sub-categoria foram considerados diferentes quando o intervalo de confiança não se sobrepõe entre eles (CUMMING; FINCH, 2005). Todas as análises foram feitas utilizando o software R, versão 4.0.2 (R CORE TEAM, 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

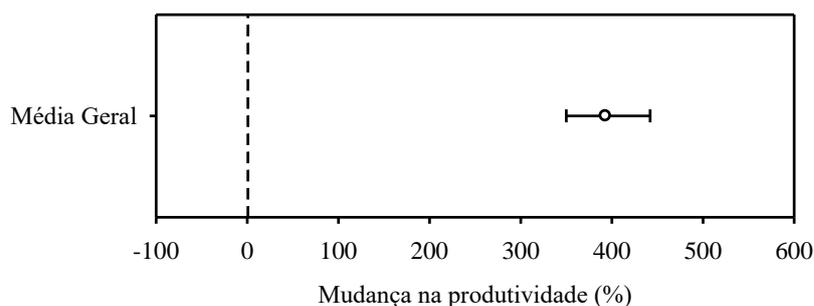
3.1 Visão geral

Um total de 19 artigos foram selecionados nesta meta-análise, com um total de 796 observações. Todos os estudos foram sem irrigação e em cultivo solteiro no Bioma Cerrado (Figura 1). A maioria dos estudos concentrou-se no centro-oeste (42,1%) e sudeste do Brasil (42,1%), e uma pequena quantidade no norte do país (15,8%) (Tabela 1).

Os estudos foram realizados no estado de São Paulo (5), Tocantins (3), Goiás (3), Minas Gerais (3), Mato Grosso (2), Mato Grosso do Sul (2) e no Distrito Federal (1). Nos estudos foram utilizadas cinco espécies de forrageiras diferentes (*Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria hibrida* e *Brachiaria ruziziensis*) e 7 diferentes cultivares.

A adubação das pastagens com NPK aumentou a produtividade das forrageiras de 3,5 a 4,5 vezes (média = 393%, IC = 350 - 442%) quando comparado ao tratamento controle com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK (Figura 2).

Figura 2 – Efeito da adubação NPK na produtividade de forrageiras quando comparado à adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.



Fonte: Adaptado do Autor (2021)

Os resultados mostram que a adubação de pastagens é imprescindível para aumentar sua capacidade produtiva e suporte animal, no entanto é uma prática raramente realizada no Brasil, sendo o principal fator responsável pela degradação destas pastagens (OLIVEIRA et al., 2001; VOLPE et al., 2008). Assim, o fornecimento de nutrientes, em quantidades e proporções adequadas, é fundamental no processo produtivo de pastagens (COSTA; FAQUIN; OLIVEIRA, 2010).

O nitrogênio (N) é o principal nutriente para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras e é um componente essencial de proteínas, ácidos nucleicos, hormônios

e clorofila (DIAS-FILHO, 2011) afetando o comprimento foliar, as taxas de brotação e a formação de gemas axilares (SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR; EUCLIDES, 2008). A adubação nitrogenada aumenta a produção de forragem, melhora a relação folha/colmo e ainda pode aumentar o teor de proteína bruta e a digestibilidade, conseqüentemente o consumo de forragem pelo animal em pastejo. Portanto, o nitrogênio, enquanto disponível no solo, é o principal nutriente capaz de maximizar a eficiência do pasto na alimentação animal (VITOR et al., 2011).

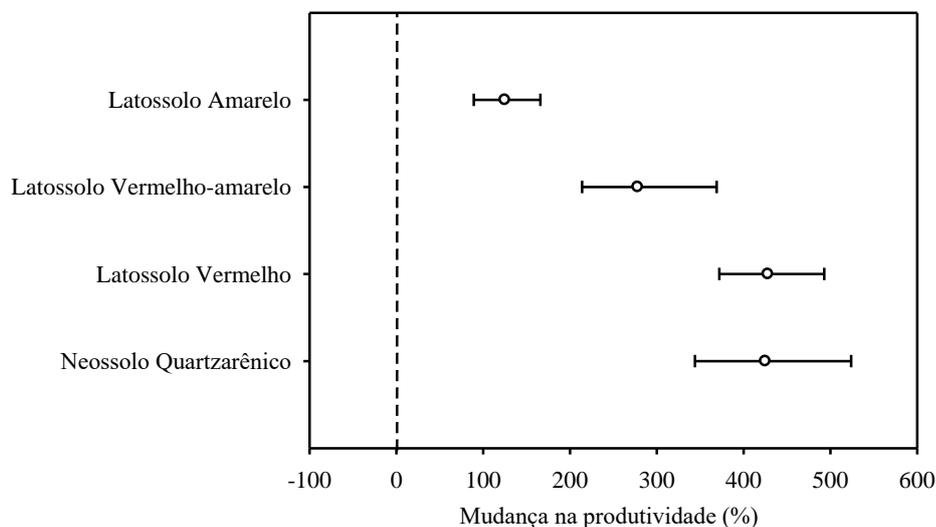
O fósforo (P) atua no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na fotossíntese, na respiração, no metabolismo de açúcares, na divisão celular e no alargamento das células (FARIA et al., 2015). O fósforo também desempenha importante papel no desenvolvimento radicular e no perfilhamento das gramíneas, assim sua deficiência pode limitar a capacidade produtiva das pastagens (IEIRI et al., 2010). Portanto seu suprimento adequado promove o uso mais eficiente da água e, conseqüentemente, dos outros nutrientes como o nitrogênio e o potássio (FARIA et al., 2015).

O potássio (K), por sua vez, também pode limitar a resposta da produção de forrageiras de maior exigência nutricional (FARIA et al., 2015). Esse nutriente participa direta ou indiretamente de inúmeros processos bioquímicos envolvidos com o metabolismo de carboidratos, como a fotossíntese e a respiração, e sua carência reflete-se numa baixa taxa de crescimento (FARIA et al., 2015). Na nutrição mineral de plantas, o potássio é um dos principais nutrientes, apresentando diversas funções, tais como: regulação do potencial osmótico das células, ativação de enzimas responsáveis pela respiração e fotossíntese, translocação de carboidratos e, também, atua para maior resistência das plantas às condições de estresse (LOPES et al., 2018). Portanto a adubação NPK é uma das práticas prioritárias na formação e renovação e/ou recuperação de pastagens (VOLPE et al., 2008).

3.2 Efeito do solo

O efeito da adubação NPK nas forrageiras do gênero *Brachiaria* e *Panicum* variou em função da classe de solo no qual foi implantada (Figura 3). A resposta das forrageiras à adubação seguiram a seguinte ordem: Latossolo Vermelho > Latossolo Vermelho-amarelo > Latossolo Amarelo. O Neossolo Quartzarênico apresentou resultados semelhantes ao Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-amarelo.

Figura 3 – Efeito das classes de solos na resposta das forrageiras à adubação NPK comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.



Fonte: Adaptado do Autor (2021)

As forrageiras quando cultivadas no Latossolo Vermelho tiveram um aumento médio de 428% (IC = 372 – 493%) em relação ao controle. Quando cultivadas no Latossolo Vermelho-amarelo o aumento foi de 278% (IC = 214 – 369%) e no Latossolo Amarelo foi de 125% (IC= 89,3 – 166%). No Neossolo Quartzarênico o aumento foi de 425% (IC = 344 – 524%). A resposta das forrageiras a adubação NPK no Latossolo vermelho foi cerca de 1,5 e 3,03 vezes superior a produtividade obtida quando cultivada no Latossolo Vermelho-amarelo e Latossolo Amarelo, respectivamente. Já a produtividade das forrageiras quando cultivada no Neossolo Quartzarênico foi cerca de 3 vezes superior à obtida no Latossolo Amarelo.

Um dos maiores problemas no estabelecimento e na manutenção de pastagens nos Latossolos brasileiros reside nos níveis extremamente baixos de nutrientes, principalmente de fósforo disponível (IEIRI et al., 2010). Além da grande deficiência natural desse elemento nesses solos, essa deficiência é agravada em função da alta capacidade de adsorção do fósforo em consequência da acidez e altos teores de óxidos de ferro e de alumínio (MACEDO, 2004). Nessa situação, a adubação é fundamental, independente do sistema de exploração, seja extensivo ou intensivo, para que esse elemento não seja limitante na resposta da planta forrageira (IEIRI et al., 2010).

A menor resposta a adubação observada nos Latossolos Amarelos provavelmente deve-se além da baixa fertilidade, a suas características físicas. Estes solos apresentam estrutura em blocos sub-angulares fracamente desenvolvida e de pouca estabilidade em água (KER, 1997). Além disso, uma das características mais conspícuas dos Latossolos Amarelos é a coesão manifestada entre os horizontes A e B (KER, 1997), o que talvez seja um dos fatores

que limitam o desenvolvimento radicular e exploração do solo pelas plantas, favorecendo uma menor resposta das forrageiras quando comparadas ao Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho.

Os Latossolos Vermelhos e Vermelho-amarelo apresentam textura e fertilidade variadas. Os Latossolos Vermelho-amarelo são predominantemente distróficos e álicos de textura média a muito argilosa (KER, 1997) e os Latossolos Vermelhos apresentam textura de franco arenosa até muito argilosa. Os Latossolo Vermelhos encontram-se amplamente distribuídos no Brasil sendo os mais utilizados na agricultura (KER, 1997), geralmente são solos bem estruturados e de boas condições físicas.

Os Neossolos Quartzarênicos apresentam altas relações macro/microporos, dado o elevado grau de arredondamento dos grãos de quartzo que os compõem e que favorece a elevada percolação vertical da água, traduzida pela alta condutividade hidráulica desses solos que, aliada ao seu baixo teor de argila e baixo teor de matéria orgânica, contribui para a baixa coesão de partículas, praticamente ausência de agregação e intenso processo de lixiviação (SOUZA et al., 2015).

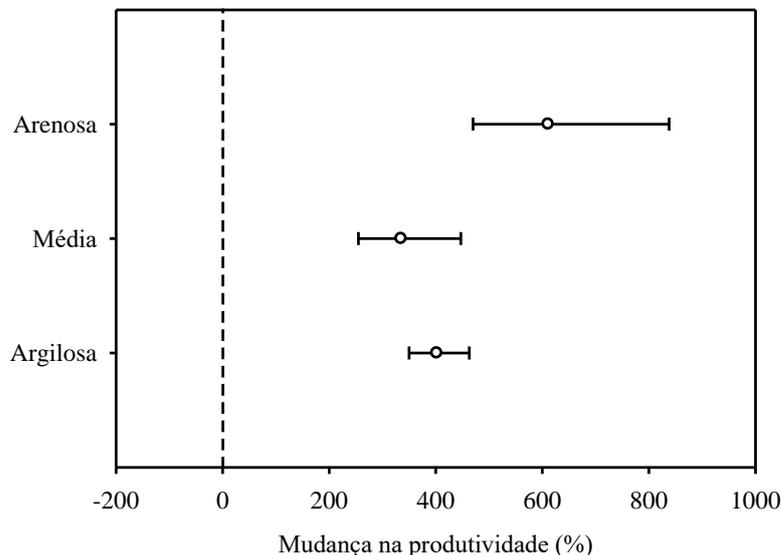
A menor fertilidade natural, associada a menor interação dos nutrientes (ex. fósforo) com os colóides minerais (óxidos de Fe e Al) em função da sua baixa presença nestes solos, provavelmente favorecem a maior resposta da forrageiras a adubação NPK nos Neossolos Quartzarênico quando comparado aos Latossolos Amarelos. As características físico-químicas desfavoráveis dos Latossolos e Neossolos, como baixa disponibilidade de fósforo, restringem o estabelecimento de forrageiras de alta produtividade (OURIVES et al., 2010), sendo, portanto, necessário a realização da adubação para alcançar altas índices de produtividades.

3.3 Efeito da textura

A resposta das forrageiras foi influenciada pela classe textural dos solos no qual foram cultivadas (Figura 4). A resposta das forrageiras quando cultivadas em solos de textura arenosa (argila < 15%) foi maior que em solo de textura média (15% < argila < 35%) e textura argilosa (argila >35%).

O aumento na produtividade das forrageiras foi em média de 611% (IC = 470 – 838%) quando cultivados em solos de textura arenosa. Em solo de textura média o aumento foi de 335% (IC = 255 – 447%) e em solos de textura argilosa foi de 402% (IC = 350 – 463%). A produtividade nos solos de textura arenosa foi cerca de 2,09 e 2,76 vezes superior a produtividade obtida em solos de textura argilosa e média respectivamente.

Figura 4 – Efeito da textura do solo na resposta das forrageiras à adubação NPK comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.



Fonte: Adaptado do Autor (2021)

A maior resposta das plantas forrageiras a adubação NPK nos solos de textura arenosa, provavelmente deve-se a maior eficiência da adubação nestes solos, principalmente da adubação fosfatada já que o fósforo é o principal limitante dos solos do Cerrado. Essa maior eficiência ocorre em função do menor teor de argila, e conseqüentemente da menor presença dos óxidos de ferro e alumínio, que são os principais responsáveis pela adsorção de fósforo no solo, tornando o indisponível as plantas (SOUSA; LOBATO, 2003).

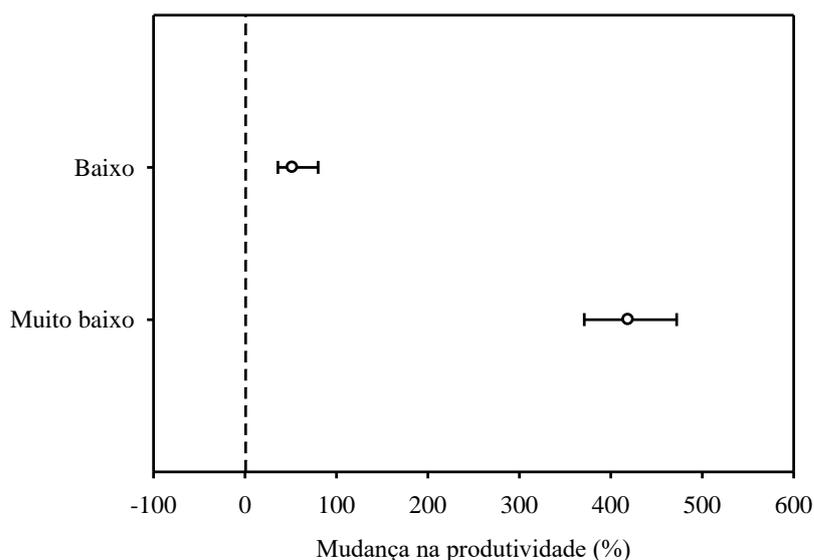
Solos de textura média e argilosa apresentam maiores teores de argila, portanto tendem a adsorver mais fósforo, reduzindo sua eficiência e o aproveitamento pelas plantas. Quanto maior é a quantidade de argila, principalmente nos solos intemperizados como os da região do Cerrado, maior é sua capacidade de adsorção de fósforo, portanto menor será a eficiência da adubação fosfatada (VINHA et al., 2021).

3.4 Efeito do teor de fósforo disponível

O nível de fertilidade do solo para disponibilidade de fósforo influenciou na resposta das forrageiras a adubação NPK (Figura 5). As plantas forrageiras quando cultivadas em solos com teores de fósforo muito baixo tiveram uma maior resposta a adubação do que quando os teores eram baixos.

Quando cultivados em solos com teores muito baixos de fosforo o aumento na produtividade foi de 419% (IC = 371 – 472%), sendo em torno de 367% maior que o aumento proporcionado na produtividade quando os teores de fósforo eram baixo (média = 51,9, IC = 36 – 80%) (Figura 5).

Figura 5 – Efeito do teor de fósforo disponível na resposta das forrageiras à adubação NPK comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.



Fonte: Adaptado do Autor (2021)

Para os teores de fósforo determinados pelo método de resina de troca iônica os teores são muito baixos quando estão de 0 e 5 mg dm⁻³, e baixos de 6 e 12 mg dm⁻³ (RAIJ et al., 1997). Já para o uso do extrator Mehlich-1 a classificação da disponibilidade varia conforme a classe textural do solo. São considerados teores muito baixos quando os teores de fósforo estão < 10 mg dm⁻³ em solos de textura arenosa, < 6,6 mg dm⁻³ em solos de textura média e < 4,0 mg dm⁻³ em solos de textura argilosa. Os teores são baixos quando estão de 10 e 20,1 mg dm⁻³ em solos de textura arenosa, de 6,7 a 12 mg dm⁻³ em solos de textura média e de 4,1 a 8,0 mg dm⁻³ em solos de textura argilosa (ALVAREZ V. et al., 1999).

A maior resposta das forrageiras a adubação NPK quando os teores são muito baixos, pode ser explicada pela menor disponibilidade deste elemento no solo. Em solos muito deficientes em algum elemento que recebem doses (ainda insuficientes) do nutriente tendem a apresentar uma grande resposta a adubação do que quando comparado a maiores teores no solo (FAQUIN; RODAS, 2015).

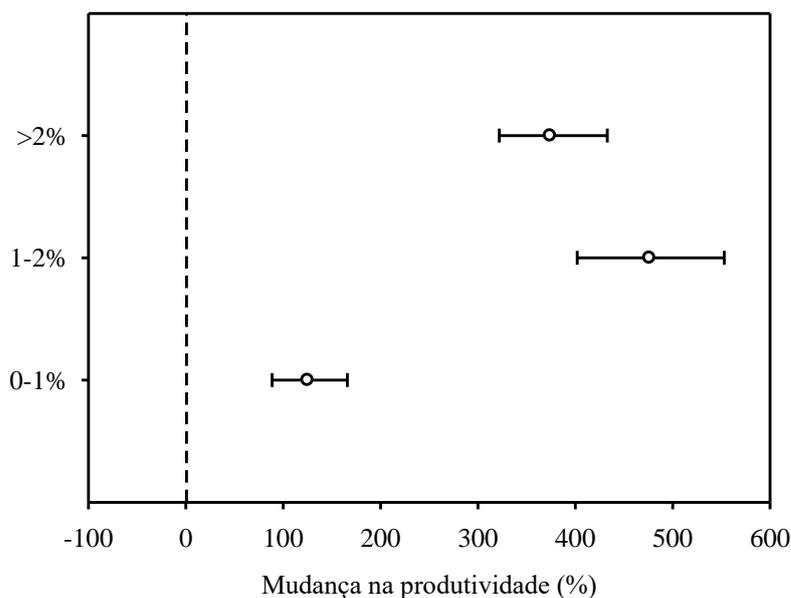
A deficiência de fósforo nos solos do Cerrado destaca-se como uma das mais restritivas para a pecuária, considerando-se que as pastagens são relativamente mais exigentes

em fósforo que as culturas anuais, em razão da maior produção de massa seca, extração e exportação de nutrientes (GOEDERT; LOBATO, 1984). Além da baixa disponibilidade de fósforo, o uso de fertilizantes fosfatados é prejudicado em função da maioria dos solos apresentarem elevada acidez e capacidade de adsorção do fosfato, o que pode promover a transformação do fósforo solúvel em formas não-disponíveis para a planta, como o fosfato de ferro e o fosfato de alumínio (OLIVEIRA; OLIVEIRA; CORSI, 2007a).

3.5 Efeito do teor de matéria orgânica

A matéria orgânica afetou a resposta das plantas forrageiras a adubação com NPK quando comparado ao controle (Figura 6).

Figura 6 – Efeito do teor de matéria orgânica na resposta das forrageiras à adubação NPK comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.



Fonte: Adaptado do Autor (2021)

A mudança na produtividade das plantas forrageiras foi superior quando o teor de matéria orgânica foi maior que 1%. Quando os teores de matéria orgânica foram de 1 a 2% ou > 2% não houve diferença entre eles.

A mudança na produtividade quando os solos apresentaram teor de matéria orgânica de 0 a 1% foi de 125% (IC = 88,7 – 166%). Para os solos com teor de matéria orgânica de 1 a 2% e > 2% a mudança na produtividade foi de 476% (IC = 402 – 553%) e 374% (IC = 322 – 433%) respectivamente, quando comparado ao controle. A resposta em produtividade em

função da adubação com NPK quando o solo apresentava baixos teores de matéria orgânica (0 - 1%) foi cerca 351% e 249% inferior à mudança obtida quando os valores de matéria orgânica foram de 1 a 2% ou > 2% respectivamente.

O nível de matéria orgânica considerado como ideal em solos do cerrado é de 4% (ALVAREZ V. et al., 1999). No entanto, a partir de 1% de matéria orgânica no solo os resultados da adubação NPK sobre a produtividade das forrageiras foram superiores quando comparado ao controle.

A fertilidade do solo é resultado da combinação de fatores físicos, químicos e biológicos e a matéria orgânica interfere em todos estes fatores (OURIVES et al., 2010). As propriedades químicas da matéria orgânica, está relacionada ao fornecimento de nutrientes, interação com as argilas, melhoria da capacidade de troca catiônica, etc. (KIEHL, 1985).

A principal reserva de nitrogênio do solo é a matéria orgânica, com grande importância para o suprimento deste nutriente às culturas (MAIA; CANTARUTTI, 2004). O nitrogênio orgânico é mineralizado à amônia que nas condições de acidez predominante nos solos é convertida em forma inorgânicas (NH_4^+ ou NO_3^-) (MAIA; CANTARUTTI, 2004). Portanto a maior parte do nitrogênio inorgânico do solo é derivado da mineralização da matéria orgânica do solo e da aplicação de fertilizantes nitrogenados (MAIA; CANTARUTTI, 2004). Além disso, a matéria orgânica pode favorecer a maior eficiência da adubação nitrogenada em função do aumento da capacidade de troca de cátions do solo, assim quando aplicado na forma de amônio (NH_4^+) pode ser mais eficientemente adsorvida às cargas negativas do solo, não sendo perdido por lixiviação (MAIA; CANTARUTTI, 2004).

A dinâmica do fósforo no solo está associada a fatores ambientais que controlam a atividade dos microrganismos, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo (SANTOS et al., 2008), os quais governam a eficiência da adubação fosfatada. O efeito da matéria orgânica no aumento da disponibilidade de fósforo ocorre em função da mineralização de formas orgânicas e da redução da adsorção deste elemento às argilas (OURIVES et al., 2010), uma vez que a matéria orgânica promove um bloqueio dos sítios de adsorção.

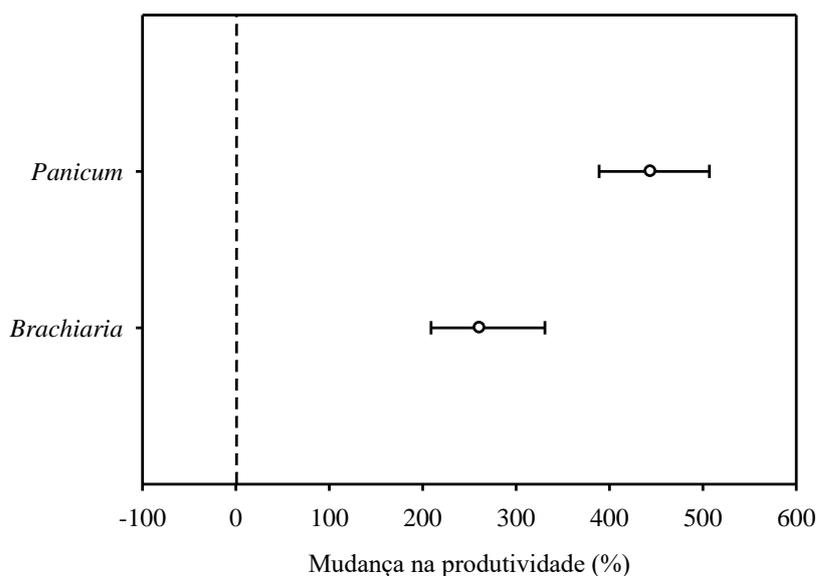
A eficiência da adubação potássica também está relacionada ao manejo da matéria orgânica. O manejo do solo que propicia um aumento da matéria orgânica, tem efeito benéfico sobre a eficiência da adubação potássica, principalmente em função do aumento da capacidade de troca de cátions (PEREIRA, 2009). Com o aumento da matéria orgânica e do carbono orgânico total no solo, ocorre um aumento também da capacidade de troca de cátions e isso proporciona um grande efeito sobre o potássio trocável na solução do solo. Como

consequência da maior capacidade de troca de cátions, há menor quantidade de potássio na solução do solo e, portanto, será menor sua perda por lixiviação (PEREIRA, 2009).

3.6 Efeito do gênero da forrageira

O gênero da forrageira cultivada nas pastagens influenciou de forma significativa a resposta à adubação com NPK (Figura 7). As forrageiras do gênero *Panicum* apresentaram a maior mudança na produtividade (média = 444%, IC = 389 – 507%) quando comparado as forrageiras do gênero *Brachiaria* (média = 261%, IC = 209 – 331%).

Figura 7 – Efeito do gênero das forrageiras na resposta à adubação NPK comparado a adubação com ausência de N, P, K, NP, NK, PK ou NPK.



Fonte: Adaptado do Autor (2021)

As forrageiras do gênero *Panicum* apresentaram uma mudança na produtividade cerca de 1,83 vezes superior ao aumento observado na produtividade das forrageiras do gênero *Brachiaria* em função da adubação NPK. As forrageiras do gênero *Panicum* são cada vez mais utilizadas em sistemas de produção animal baseados em pastagem devido a seu alto potencial de acumulação de forragem (CARDOSO; VOLPE; MACEDO, 2016). No entanto, as cultivares desse gênero são conhecidas por suas altas necessidades de nutrientes e manejo (MACEDO, 2009, VALLE; JANK; RESENDE, 2009), quando comparadas às espécies e cultivares de *Brachiaria* (CARDOSO; VOLPE; MACEDO, 2016).

As forrageiras do gênero *Panicum* apesar de apresentarem uma maior exigência nutricional, também apresentam uma melhor resposta e eficiência no uso de nutrientes,

principalmente do fósforo, o qual é o maior limitante a produção agrícola e pecuária em solos sob vegetação de Cerrado (CARNEIRO et al., 2017). Sabendo que plantas forrageiras com alta produtividade e boa qualidade nutricional apresentam maiores demandas nutricionais, exigindo alta fertilidade dos solos (ABREU et al., 2006; MARQUES et al., 2017), o fornecimento de nutrientes é essencial dentro do processo produtivo da pastagem (FAGUNDES et al., 2005).

4 CONCLUSÕES

A adubação NPK aumenta a produtividade de forrageiras do gênero *Panicum* e *Brachiaria*. Em solos sob vegetação de Cerrado a adubação é essencial para a produção de pastagens, podendo aumentar a produção de forragem em até 4,5 vezes. O solo e suas propriedades exercem influência significativa na resposta das forrageiras a adubação. O manejo da adubação de pastagens deve ser realizado considerando o gênero da forrageira utilizada, bem como as propriedades químicas do solo.

4.1 Contribuições do artigo

Este trabalho mostra a importância do manejo da fertilidade do solo para a manutenção da capacidade produtiva das pastagens. Além de mostrar o efeito das propriedades do solo na resposta das forrageiras à adubação, e as diferenças entre os gêneros cultivados no Cerrado. O conhecimento da resposta das forrageiras e do efeito dessas propriedades do solo sobre a produção de forragens é importante para garantir um manejo mais sustentável das pastagens e garantir a sustentabilidade e a competitividade da criação bovina a pasto.

4.2 Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, esta pesquisa deve ser realizada considerando o país como um todo, não somente o bioma Cerrado. Ou até mesmo realizar este estudo numa visão global, avaliando o efeito da adubação nas pastagens distribuídas pelo mundo. Além disso, deve-se trabalhar com uma maior variedade de forrageiras, além dos gêneros aqui estudados, de forma a avaliar a resposta da maior quantidade possível de forrageiras a adubação NPK. Nestes trabalhos deve-se ainda buscar relacionar o efeito da adubação em outras variáveis de qualidade das forrageiras e produção animal.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, D.C.; GUREVITCH, J.; ROSENBERG, M.S. Resampling tests for meta-analysis of ecological data. *Ecology*, v. 78, p. 1277–1283, 1997.
- ALVAREZ V., V. H. *et al.* Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais- CFSEMG – Viçosa, MG. p. 25-32, 1999.
- ARAGÃO, A.; CONTINI, E. **O agro no Brasil e no Mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>> Acesso em: 20 nov. 2021.
- BERNARDI, A.; SILVA, A.W.L.; BARETTA, D. Estudo meta-analítico da resposta de gramíneas perenes de verão à adubação nitrogenada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 70, n. 2, p. 545-553, 2018.
- CABRAL, W. B. *et al.* Características estruturais e agronômicas da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetida a doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 4, p. 846-855, 2012.
- CANTY, A.; RIPLEY, B. **Bootstrap Functions, version 1.3-28 (Pacote estatístico ‘boot’)**. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/boot/boot.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2021.
- CARDOSO, S.; VOLPE, E.; MACEDO, M. C. M. Effect of nitrogen and lime on Massai grass subjected to intensive cutting. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 46, n. 1, p. 19-27, 2016.
- CARNEIRO, J. S. S. *et al.* Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v. 4, n. 1, p. 12-25, 2017.
- CORRÊA, L. A.; HAAG, H. P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em latossolo vermelho amarelo álico: ii. Experimento de campo. *Scientia Agricola*, v. 50, n. 1 p. 109-116, 1993.
- COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 62, n. 1, p. 192-199, 2010.
- CUMMING, G.; FINCH, S. Inference by eye confidence intervals and how to read pictures of data. *American Psychologist*, v. 60, p.170–180, 2005.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de Pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Belém: Editora do Autor, 4. ed, 2011. 215 p.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Amazônia Oriental – (Documentos 402 / Embrapa Amazônia Oriental). Belém, PA: 2014. 36 p.

DIM, V.P. et al. Fertilidade do solo e produtividade de capim Mombaça adubado com resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 2, p. 303-316, 2010.

DUTRA, J. E. Recuperação de Pastagem Degradada com Tratamentos Físicos-Mecânicos Associados aos Tratamentos Químicos. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**. Vol. XII, Nº 14 p. 371-383 - Ano 2009.

FAGUNDES, L. J. *et al.* Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.

FAQUIN, V.; RODAS, C. L. **Funções dos nutrientes nas plantas: guia de estudos**. Universidade Federal de Lavras – UFLA, Centro de Educação a Distância – CEAD, Lavras, MG, 2015. 135 p.

FARIA, A. J. G. *et al.* Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim mombaça cultivados sobre adubação fosfatada. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 2, n. 3, p. 98-106, 2015.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfatos em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 97-102, 1984.

HEDGES, L. V.; GUREVITCH, J.; CURTIS, P. S. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. **Ecology**, v. 80, p. 1150–1156, 1999.

IEIRI, A. Y. *et al.* Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com *Brachiaria*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1154-1160, 2010.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **GEONOMOS**, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres, Piracicaba, SP, 1985. 492 p.

LEITE, R. C. *et al.* Farinha de carne e ossos e adubação de cobertura na produtividade de capim Mombaça. **Nativa**, v. 7, n. 1, p. 59-63, 2019.

LOPES, G. H. L. *et al.* Produção de *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetida à adubação potássica de estabelecimento. **Revista Campo Digit@l**, v. 13, n. 1, p. 01-08, 2018.

MACEDO, M. C. M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na Região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALA, S.R.S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 359-400.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, supl. esp., p. 133-146, 2009.

MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 39-44, 2004.

MAPBIOMAS. **A evolução da pastagem nos últimos 36 anos: destaques do mapeamento anual e qualidade de pastagens no Brasil entre 1985 a 2020**. MapBiomias Coleção 6. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_PASTAGEM_13.10.2021_ok_ALTA.pdf> Acesso em: 20 nov. 2021.

MARQUES, D. L. *et al.* Production and chemical composition of *Hybrid brachiaria* cv. Mulato II under a system of cuts and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 3, p. 685-696, 2017.

OLIVEIRA, O. C. *et al.* Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pasturas Tropicales**, v. 23, n. 1, p. 14 -18, 2001.

OLIVEIRA, P. P. A. *et al.* Fertilização com N e S na Recuperação de Pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, 2005.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1715-1728, 2007a.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. Balanço do nitrogênio (15N) da uréia nos componentes de uma pastagem de capim-marandu sob recuperação em diferentes épocas de calagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1982-1989, 2007b.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (15N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 613-620, 2003.

OURIVES, O. E. A. *et al.* Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 126-132, 2010.

PEIXOTO, D. S. *et al.* Occasional tillage in no-tillage systems: A global meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 745, 140887, 2020.

PEREIRA, H. S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. In: FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; ALMEIDA, R. E. M. Plantio Direto. **Revista visão agrícola**, n. 9, p. 43-46, 2009.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.

PITTELKOW, C. M. *et al.* Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. **Nature**, v. 517, p. 365–368, 2015.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAIJ, B. V *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Boletim técnico nº 100, 2ª edição, revisada e atualizada. Instituto Agronômico de Campinas, IAC, Campinas, SP. 285 p. 1997.

SANTOS, G. H. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018. 356 p.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. B. P. **Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo**. Viçosa: Suprema, 2008. 115 p.

SOARES, W. V. *et al.* Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em Latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 819-825, 2000.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. **ENCARTE DO INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS**, Nº 102, JUNHO/2003. 16 p.

SOUZA, M. A. P. *et al.* Comportamento químico de neossolos quartzarênicos em mineiros, sudoeste goiano. **Geociências**, v. 34, n. 3, p. 335-347, 2015.

ST-PIERRE, N. R. Meta-analyses of experimental data in the animal sciences. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 343-358, 2007.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

VIANA, M. C. M. *et al.* Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim braquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1497-1503, 2011.

VINHA, A. P. C. *et al.* Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 30-35, 2021.

VITOR, C. M. T. *et al.* Efeito da adubação nitrogenada na disponibilidade de forragem e composição bromatológica de um pasto de *Brachiaria decumbens* stapf cv. Basilisk. **Boletim de Indústria Animal**, v. 68, n. 1, p. 62-69, 2011.

VOLPE, E. *et al.* Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 228-237, 2008.