

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARLON ANDERSON MARCONDES VIEIRA

**COMBINAÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO COM DIFERENTES SOLUBILIDADES  
NO CAPIM-MARANDU**

UBERLÂNDIA

2021

MARLON ANDERSON MARCONDES VIEIRA

**COMBINAÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO COM DIFERENTES SOLUBILIDADES  
NO CAPIM-MARANDU**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Produção vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

Coorientador

Prof. Dr. Bruno Nicchio

UBERLÂNDIA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

V658c Vieira, Marlon Anderson Marcondes, 1989-  
2021 Combinação de fontes de fósforo com diferentes solubilidades no Capim-Marandu [recurso eletrônico] / Marlon Anderson Marcondes Vieira. - 2021.  
  
Orientador: Hamilton Seron Pereira.  
Coorientador: Bruno Nicchio.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.5601>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.  
  
1. Agronomia. I. Pereira, Hamilton Seron, 1968-, (Orient.). II. Nicchio, Bruno, 1990-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

---

CDU: 631

Glória Aparecida  
Bibliotecária - CRB-6/2047



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.lcag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 006/2021, PPGAGRO				
Data:	Quatorze de julho de dois mil e vinte e um	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	12:40
Matrícula do Discente:	11912AGR015				
Nome do Discente:	Marlon Anderson Marcondes Vieira				
	Combinação de Fontes de Fósforo com diferentes solubilidades no Capim-Marandu				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Uso e Recuperação de Solos e Resíduos na Agricultura				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Wedisson Oliveira Santos - UFU; Bruno Nicchio - UFU; Thiago Assis Rodrigues Nogueira - UNESP; Hamilton Seron Pereira - UFU orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Hamilton Seron Pereira, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

**Aprovado(a).**

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por Hamilton Seron Pereira, Professor(a) do Magistério Superior, em 14/07/2021, às 12:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Wedisson Oliveira Santos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/07/2021, às 12:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Assis Rodrigues Nogueira, Usuário Externo**, em 19/07/2021, às 18:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Nicchio, Usuário Externo**, em 26/07/2021, às 12:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

, informando o código verificador **2778947** e o código CRC **DAB9DA39**.

A Cristo Jesus, que tens me dado o fôlego de vida  
e me guiado nesta caminhada!

A minha querida mãe, Rosalina Maria da Silva Marcondes que me criou com tanto amor e investiu em minha vida. Aos meus avós Rosalina da Silva Marcondes e Demétrio Soares dos Santos pelo amor e cuidado, por estarem sempre me apoiando. À minha amada esposa Alíny Castro de Araújo Marcondes por todo amor e dedicação. Aos meus irmãos, Alexander Marcondes Campos e Bruno Marcondes dos Santos pelo apoio, incentivo e por estarem sempre unidos em família.

Aos meus mentores Apóstolos Paulo e Rosangela Mazzali, por fazerem parte da minha vida desde a minha infância, me aconselhando, orando, direcionando, me incentivando com muito carinho.

## AGRADECIMENTOS

Sou grato a Deus pela oportunidade de poder concluir mais esta etapa de minha vida acadêmica, no qual vi portas se abrirem em que muitas vezes eu não estava preparado para estar lá, mas Ele colocou pessoas especiais que me instruíram e me ensinaram durante este período.

Sou grato pela vida da minha esposa Aliny que em todo tempo esteve comigo me apoiando, minha mãe Rosalina Maria, meus avós Rosalina da Silva e Demétrio, meus irmãos Alexander e Bruno Marcondes, minha tia Rosangela Soares pela dedicação e cuidado com minha mãe e avós, a minha sogra Maria de Lourdes por todo o respeito e carinho.

Aos amigos, Bruno Nicchio pelo companheirismo, incentivos, colaboração durante o mestrado e auxílio durante a realização dos experimentos. Ao Wilson Thaylon que também me incentivou a iniciar o mestrado dando todo o suporte a minha chegada nesta cidade.

Ao meu orientador, Prof. Hamilton, pelo investimento, confiança, orientação, paciência, compreensão, auxílio e aprendizado proporcionado durante esse tempo.

Aos professor Wedisson Oliveira Santos por sempre compartilharem conhecimento.

A todos do Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes “LAFER”, do Laboratório de Análises de Solo “LABAS” e do Grupo de Pesquisa Silício na Agricultura “GPSi” pela ajuda e auxílio, em especial ao Técnico João George e Thiago Prudente, que me auxiliaram nas análises laboratoriais e ao Marcos Vinícius Rodrigues que me auxiliou desde o início do projeto até o final das análises.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Bruno Nicchio, Prof. Dr. Wedisson Oliveira Santos e o Prof. Dr. Thiago Assis Rodrigues Nogueira, pelos conselhos, considerações e contribuições em relação a este trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Instituto de Ciências Agrárias, que foram facilitadores para a realização do mestrado, pelo suporte e conhecimentos concedidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

MUITO OBRIGADO!

*“Sabemos que Deus age em todas as coisas para o bem daqueles que o Amam.”*

**Romanos 8:28**

## RESUMO

VIEIRA, MARLON ANDERSON MARCONDES. **Combinação de fontes de fósforo com diferentes solubilidades no capim-marandu.** 2021. 116f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia<sup>1</sup>.

O fósforo (P) desempenha papel fundamental no desenvolvimento do capim-marandu, desta forma, a aplicação desse nutriente influência diretamente na produtividade da cultura. Diante disto, objetivou-se a avaliação agronômica da interação entre fontes de P no capim-marandu. Seis experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação, utilizando amostras de solos de textura argilosa, média e arenosa. Utilizou-se quatro fontes de P, sendo duas fontes comerciais (superfosfato triplo (TSP) e monoamônio fosfato (MAP), e duas fontes em fase de pesquisa (RLT1 e RLT2). Os tratamentos avaliados foram: controle, TSP, MAP, RLT1, RLT2, TSP + RLT1, TSP + RLT2, MAP + RLT1, MAP + RLT2, (dose equivalente a 150 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Três estudos foram realizados para avaliar a fonte RLT1 e outros três com RLT2 nas concentrações de 33,4; 66,6 e 100% em TSP e MAP.

As variáveis analisadas foram: massa seca, teores de P, Ca e Mg na parte aérea da planta, além do teor de P (extrator mehlich-1 e resina), Ca, Mg, H+Al e pH do solo. Para a fonte RLT1: a aplicação de P aumentou a produção de massa seca do capim-marandu em todos os solos estudados e o teor de P extraído acumulado (somas dos três cultivos) em solo de textura média e arenoso. A aplicação de RLT1 na dose de 33,4% em MAP, aumentou a produção de massa seca no 1º cultivo e acumulado em solo arenoso. O aumento de doses de RLT1 elevou os teores disponíveis de P (Mehlich-1 e Resina) no solo arenoso e argiloso após três cultivos de braquiária marandu. Para a fonte RLT2: a aplicação de P aumentou a produção de massa seca e o acúmulo de P em plantas em solo argiloso e arenoso. A aplicação de RLT2 na dose de 33,4% em MAP aumentou o teor de P em plantas de 1º cultivo no solo argiloso e produção de massa seca no 1º, 3º cultivo e acumulado em solo de textura média. Por outro lado, a aplicação de RLT2 na dose de 66,6% em TSP aumentou produção de massa seca no 2º cultivo em solo arenoso e teor de fósforo (extrator Mehlich-1) após três cultivos em solo argiloso. O aumento de doses de RLT2 elevou os teores de P (extrator Resina) no solo de textura média e arenoso após três cultivos de braquiária capim-marandu.

**Palavras-chave:** *Urochloa brizantha* cv. Marandu, fertilizantes fosfatados, reatividade, efeito residual, MAP e TSP.

---

<sup>1</sup>Comitê Orientador: Hamilton Seron Pereira – UFU (Orientador), Bruno Nicchio (Co-orientador).

## ABSTRACT

VIEIRA, MARLON ANDERSON MARCONDES. **Combination of phosphorus sources with different solubilities in marandu grass.** 2021. 116f. Dissertation (Master's degree in Agronomy/Soils) – Federal University of Uberlândia.<sup>1</sup>

Phosphorus (P) plays a fundamental role in the development of marandu grass, thus, the application of this nutrient directly influences the crop's productivity. Therefore, the objective was the agronomic evaluation of the interaction between P sources in marandu grass. Six experiments were carried out under greenhouse conditions, using clay, medium and sandy textured soil samples. Four sources of P were used, being two commercial sources (triple superphosphate (TSP) and monoammonium phosphate (MAP), and two sources in the research phase (RLT1 and RLT2). The evaluated treatments were: control, TSP, MAP, RLT1, RLT2, TSP + RLT1, TSP + RLT2, MAP + RLT1, MAP + RLT2, (dose equivalent to 150 mg kg<sup>-1</sup> P<sup>2</sup>O<sup>5</sup>). Three studies were carried out to evaluate the source RLT1 and another three with RLT2 at concentrations of 33.4; 66.6 and 100% in TSP and MAP.

The variables analyzed were: Dry mass, P, Ca and Mg contents in the aboveground part of the plant, in addition to the P content (mehlich<sup>-1</sup> and Resin extractor), Ca, Mg, H+Al and soil pH. For the source RLT1: the application of P increased the production of dry mass of marandu grass in all studied soils and the accumulated extracted P content (sums of the three crops) in medium textured and sandy soil. The application of RLT1 at a dose of 33.4% in MAP increased the production of dry mass in the 1st crop and accumulated in sandy soil. Increasing doses of RLT1 increased the available levels of P (Mehlich-1 and Resin) in the sandy and clayey soil after three Brachiaria cultivations. For the source RLT2: the application of P increased the production of dry mass and extraction of P in plants in clayey and sandy soil. The application of RLT2 at a dose of 33.4% in MAP increased the P content in plants of the 1st crop in clayey soil and dry mass production in the 1st, 3rd crop and accumulated in medium-textured soil. On the other hand, the application of RLT2 at a dose of 66.6% in TSP increased dry mass production in the 2nd cultivation in sandy soil and phosphorus content (Mehlich<sup>-1</sup>) after three cultivations in clayey soil. The increase of RLT2 doses increased the P (Resin Extractor) contents in the medium textured and sandy soil after three Brachiaria grass-marandu cultivations.

**Key words:** *Urochloa brizantha* cv. Marandu, phosphate fertilization, reactivity, residual effect, MAP and TSP.

---

<sup>1</sup>Supervising committee: Hamilton Seron Pereira – UFU (Supervisor), Bruno Nicchio – UFU (Co-supervisor).

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Hipóteses	2
1.2 Objetivos	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Fósforo (P) na produção agrícola	3
2.2 Produção de fosfatos e seus desafios	4
2.3 Tipos de Fosfatos	6
2.4 Associação entre fosfatos com diferentes solubilidades	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Instalação dos experimentos	10
3.2 Tratamento e delineamento experimental	11
3.3 Descrição dos fertilizantes	12
3.4 Condução dos experimentos	12
3.5 Avaliações	13
3.6 Análises estatísticas	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 Latossolo Vermelho Distrófico – RLT1	15
4.2 Latossolo Vermelho Distrófico – RLT2	30
4.3 Latossolo Vermelho Distrófico típico – RLT1	47
4.4 Latossolo Vermelho Distrófico típico – RLT2	62
4.5 Neossolo Quartzarênico – RLT1	78
4.6 Neossolo Quartzarênico – RLT2	93
5 CONCLUSÕES	108
REFERÊNCIAS	109

## **1. INTRODUÇÃO**

As pastagens no Brasil desempenham importante papel na produção bovina visto que são a principal fonte de alimentação dentro do manejo da pecuária nacional (REIS, 2020). O país apresenta condições climáticas favoráveis em quase todos os meses do ano além de ampla extensão territorial a ser explorada com a bovinocultura, o que faz com que Brasil esteja em uma posição privilegiada e com enorme potencial na produção bovina (LAPIG, 2018). Para que haja bons índices de produção na pecuária, se faz necessário realizar investimentos com manejo e adubação visando obtenção de pastagens de qualidade que supram as necessidades dos animais (REIS, 2020).

No Brasil, o fósforo (P) é um dos nutrientes que mais limita a produtividade das pastagens. Esse elemento é essencial no desenvolvimento e produção vegetal, atuando em vários processos metabólicos necessários para o crescimento das plantas (RAIJ, 2011). Por outro lado, os solos brasileiros apresentam naturalmente baixos teores de P, característica que impede o desenvolvimento radicular em profundidade, reduzindo a capacidade da planta de absorver água e nutrientes (MELO et. al., 2019). Desta forma a adubação fosfatada é muito importante para fornecer as quantidades ideias de P para bom desenvolvimento das pastagens.

Os fertilizantes fosfatados solúveis são os mais utilizados (superfosfato triplo e monoamônio de fosfato) por serem mais eficientes na liberação do P logo após a sua aplicação. Os fosfatos insolúveis ou poucos reativos (minerais de apatita, predominando a fluorapatita), podem apresentar vantagens no quesito residual, devido à solubilização do fertilizante ser mais lenta, com baixa eficiência agronômica para culturas agrícolas, porém são fontes de menor custo de produção por (NICCHIO, 2018; SANTOS et al., 2012).

Com isso, os gastos com adubação fosfatada na produção das culturas em geral são considerados elevados por grande parte dos produtores em função da necessidade de maior quantidade de P aplicada nas culturas, uma vez que o fenômeno de fixação pode reduzir a absorção de P (RAIJ, 2011). Desta forma, torna-se imprescindível a busca por novas fontes de P e a utilização de fontes que apresentem boa disponibilidade de P durante o ciclo da cultura.

Uma forma de aumentar a eficiência do P oriundo dos fosfatos naturais seria aplicá-lo na mesma partícula (grânulo) junto com uma fonte solúvel como forma de aumentar a solubilização desses fosfatos de baixa ou média solubilidade e reduzir a perda de P em fosfatos solúveis. Uma vez que o P proveniente do fosfato solúvel seria utilizado na etapa inicial do cultivo, enquanto o P do fosfato insolúvel poderia ser solubilizado pela acidez

gerada pela hidrólise do fosfato no grânulo durante o cultivo (NICCHIO et al., 2019; SANDIM, 2016).

Assim, a mistura de fontes de P solúvel com fosfatos naturais poderia aumentar a eficiência agronômica dos fosfatados naturais na disponibilização de nutrientes ao solo.

### **1.1. HIPÓTESE**

Espera-se que o uso de fosfatos de solubilidade parcial e total em conjunto possam ser eficientes na disponibilização de fósforo para a cultura da braquiária apresentando efeito residual ao longo dos cultivos em solos de diferentes texturas.

### **1.2. OBJETIVO**

Avaliar a associação entre fontes de fósforo de alta e baixa solubilidade aplicadas em solos de textura argilosa, média e arenosa.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Importância do Fósforo (P) para produção agrícola brasileira**

No ano de 2021 o Brasil poderá registrar novo recorde na safra de grãos, cereais e leguminosas, atingindo a marca de 264,5 milhões de toneladas. Com essa expectativa, a produção deve superar a safra de 2020 em torno de 4,1%, que somou 254,1 milhões de toneladas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2021). Estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), apontam que a agropecuária brasileira alimenta mais de 1,5 bilhões de pessoas em todo mundo, sendo equivalente ao Brasil e China juntos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2019).

O Brasil está entre os maiores consumidores de fertilizantes no mundo, estando também entre os maiores importadores. Esse alto consumo deve-se à importância da construção da fertilidade do solo. Segundo a Associação Nacional para difusão de adubos, a entrega de fertilizantes no Brasil até o mês de janeiro de 2021 foi de cerca de 3,4 mil toneladas, um crescimento de 11,5% em relação ao mesmo período de 2020, no qual a entrega total para o ano foi de mais de 40 milhões de toneladas de fertilizantes (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – ANDA, 2021). Dentro desses valores referentes a 2020, as importações de fosfato monoamônico (MAP), foram registradas em torno de 4,8 milhões de toneladas, com aumento de 25% acima do total de 2019 (GLOBAFERT, 2021).

A pecuária também é uma das atividades que consomem fertilizantes, onde a bovinocultura no sistema de pastejo é uma das principais formas de produção pecuária no Brasil, sendo utilizado no manejo de pastagens extensivas, sistema esse mais econômico, mas com baixa produtividade animal por área. Portanto, é necessário a aplicação dos nutrientes ao solo através de fertilizantes (DIAS et al., 2015; DIAS FILHO et al., 2017; PANTANO et al., 2016). Dentro desse cenário, o P representa um dos nutrientes de grande relevância no cenário agrícola brasileiro aliado ao fato das espécies vegetais absorverem grande quantidade do elemento, sendo considerado um macronutriente ao lado de elementos como nitrogênio (N) e o potássio (K) (NETO et. al, 2010). O P exerce função fundamental no metabolismo das plantas na formação de ATP (Trifosfato de adenosina) componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas, que gera energia para os principais processos na planta, como divisão celular, transporte de assimilados e fotossíntese faz parte de importantes

processos fisiológicos como enraizamento, perfilhamento e absorção de outros nutrientes, na respiração e fotossíntese bem como os fosfolipídios que compõem as membranas vegetais, apresentando relação direta com a produtividade das culturas (GARCIA et al., 2018; TAIZ et al., 2017). Nas gramíneas o P desempenha papel importante no crescimento do sistema radicular e perfilhamento, sendo isso fundamental para o aumento da produção das forrageiras. É o nutriente comumente responsável por limitar o desenvolvimento e a baixa produtividade das forrageiras em condições de solos ácidos com baixa fertilidade natural (DUARTE et al., 2016). A baixa disponibilidade de P na solução do solo, eleva a ocorrência de plantas indesejáveis em meio as pastagens, por serem mais adaptadas que as forrageiras, isso inicia a ocorrência de áreas de solos descobertos, estando mais propenso ao processo degradação da pastagem (DIAS FILHO, 2017).

Estudos asseguram que teor de P no solo considerado adequado para as forrageiras deve estar acima de  $8 \text{ mg dm}^{-3}$  e para espécies muito exigentes deve estar acima de  $11 \text{ mg dm}^{-3}$  (SANTOS et al. 2002; SOUSA E LOBATO, 2003; REIS, 2020). Em teste com diferentes doses de P no cultivo do capim-Xaraés, Oliveira et al. (2013) observaram que as doses de 70 e 90  $\text{kg ha}^{-1}$  obtiveram maior produção de folhas e colmos, proporcionando maior produção e melhorando as características estruturais da planta. Porto et al. (2012) observaram que a adubação fosfatada com super simples estimulou positivamente a produção de massa seca das folhas e perfilhos em capim-marandu, onde a produção máxima foi obtida utilizando doses de 75,5 e 147  $\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente, apresentando incrementos com maior magnitude até 60  $\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ .

Em trabalho com o capim-marandu submetido a adubação com fósforo e nitrogênio, Teixeira (2018) observou resposta linear crescente de matéria verde com o aumento das doses de fósforo e aplicação de nitrogênio, ocorrendo maior resposta à aplicação de nitrogênio quando se utilizou doses mais elevadas de P. Isso destaca a importância da adubação fosfatada e não somente a nitrogenada, podendo estimular até 80% do perfilhamento de gramíneas em fase de estabelecimento da forrageira (MESQUITA et al., 2010; OLIVEIRA, 2021).

## **2.2. Fósforo no solo e seus desafios**

O fósforo ocorrente no solo é um elemento químico de interesse agronômico, sendo composto por ácido ortofosfórico e ácido pirofosfatos. Minerais primários fosfatados naturalmente encontrados em rochas apatitas, onde são liberados ao solo durante o processo de intemperização, processo este consiste na desintegração do material de origem, formando

minerais secundários mais estáveis temodinamicamente ou agregados a compostos orgânicos biologicamente, tornando-se essencial para o desenvolvimento das culturas (REIS, 2020; SANTOS, et al., 2008).

Os brasileiros de uma forma geral apresentam baixo teor disponível de P, isso ocorre devido às reações no solo de sorção dos minerais, que ocorrem naturalmente com a interação de íons em solução na fase sólida do solo (matéria orgânica, carbonatos, óxidos, hidróxidos e arligominerais). Essas reações apresentam intensidades variáveis devido às diferentes energias que compõem os solos, o que permite classificá-las em adsorção, fixação e precipitação, onde todas compõem o complexo de sorção (MALAVOLTA, 2006; NICCHIO, 2015; PINTO, 2012).

O íon fosfato é adsorvido quando é fixado pelo componente do solo (adsorvente), onde essa ligação pode ocorrer em meio a moléculas de água interpondo o íon fosfato com o componente do solo, fazendo-se pouco estável. E com a desidratação da ligação em função de sal maior força de atração, o íon fosfato se liga ao componente do solo/adsorvente (hidroxilas) tornando-a covalente com uma ou mais ligações (MEURER, 2010; NICCHIO, 2018; PINTO, 2012).

A disponibilidade do P presente no solo varia muito estando dependente do equilíbrio estabelecido o P adsorvido em fase sólida e o P em solução na fase líquida do solo. Esta capacidade de adsorção de P pelo solo está relacionada como tipo e quantidade dos constituintes da fase sólida, com a existência de íons em solução e com o pH da solução do solo. (HORTA; TORRENT, 2010; REIS, 2020).

O fósforo é facilmente adsorvido às partículas do solo, ou seja, constituindo a fase sólida, onde o P adsorvido não está disponível para absorção através do sistema radicular das plantas, uma vez que o P disponível para as plantas é o que está presente na solução do solo. A disponibilidade de P é classificada de acordo com a facilidade de reposição de íons fosfato na solução do solo. Desta forma o conjunto de compostos capazes de repor P na solução, quando este é absorvido por plantas ou microrganismos, representa a fração lábil de fósforo (P-lábil). Na solução do solo o teor de P é normalmente baixo em solos de Cerrado, sendo menor que 0,1 mg dm<sup>-3</sup> (com maior proporção na forma de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e em menor HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), estando em rápido equilíbrio com as formas lábeis da fase sólida. Já compostos com baixa solubilidade fixados ou precipitados está na maior proporção do P inorgânico, sendo pouco ou nada revertido, representam a fração não-lábil (não disponível para as plantas) de fósforo (P-não lábil) (RAIJ et al., 1991; NOVAIS et al., 2007; REIS, 2020).

Nos solos ácidos, logo após a aplicação o P tende a ser adsorvido pela superfície das argilas e dos óxidos de Fe e Al onde formam compostos de menor solubilidade, ou ainda, pode se precipitar com (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn) (EMBRAPA, 2007; NOVAIS et al., 2007). O fósforo é praticamente imóvel no solo, consequentemente, não ocorre perdas por lixiviação (CAIONE, 2011).

Quanto mais intemperizado, ácido e oxidativo o solo, mais severa pode ser a indisponibilidade de fósforo, sendo necessário aplicar mais fósforo do que a cultura necessita. Deste modo, a realização de análise de solo é de extrema importância para quantificar o P disponível no solo uma vez, tendo o conhecimento de como as características do solo podem influenciar na disponibilidade de P é imprescindível a sua importância para determinar a forma, dose e aplicação do fertilizante fosfatado, além da cultura, do clima e do sistema de cultivo adotado. (EMBRAPA, 2007; PERES et al, 2014; SILVA, 2011).

### **2.3. Tipos de Fosfatos**

As fontes de fósforo se dividem basicamente em solúveis, pouco solúveis e insolúveis, sendo que as duas primeiras fontes, quando são adicionadas no solo, aumentam de forma rápida a concentração do fósforo na solução do solo, mas sua eficiência diminui ao longo do tempo devido ao processo de “adsorção” ou “fixação” de P. Já os fosfatos naturais, que são insolúveis em água, o processo de dissolução ocorre de maneira lenta na solução do solo e tende a aumentar a disponibilidade do P para as plantas com tempo (REIS, 2020).

As rochas que tem origem sedimentar apresentam uma alta reatividade quando comparadas com as de origem ígnea e metamórfica de baixa reatividade. Para que o fosfato seja considerado um fosfato natural reativo, ele deve ter 30% do P-total solubilizado em solução de ácido cítrico (2%). As rochas que apresentam alta eficiência são aquelas provenientes da Tunísia (Gafsa), Israel (Arad), Peru (Bayóvar) e Carolina do Norte (USA), já as que apresentam reatividade intermediária são oriundas do centro de Flórida e Tennessee (USA), Pesca e Huila (Colômbia) e as de baixa eficiência são encontradas em Patos de Minas, Abaeté e as muito baixa reatividade são de Catalão e Tapira (BRAITHWAITE, et al., 1990; LÉON, et al., 1986).

No Brasil, as reservas de rocha fosfática correspondem a 4,8 milhões de toneladas, mas essas fontes fosfáticas apresentam baixa eficiência em liberar P no solo (DNPM, 2008). Com isso, as importações dos fertilizantes fosfatados são elevadas, já que o país não consegue suprir a demanda, elevando assim o valor final no custo de produção de praticamente todas a

culturas. As jazidas de fosfatos naturais atualmente conhecidas no mundo, estima-se que deverão durar aproximadamente por mais quatro séculos, principalmente, pela forma que estão sendo consumidas (MENGEL, 1997).

Para que as rochas fosfáticas possam ser utilizadas como um fertilizante é necessário solubilizá-las e este processo pode elevar os custos relacionados ao tratamento, acidulação e purificação da rocha. Fosfatos de elevada solubilidade correspondem a mais de 90% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado na agricultura brasileira, e em geral, sua eficiência é maior em curto prazo e reduzida ao longo do tempo, devido aos processos que envolvem o P solo. Já os fosfatos insolúveis, apresentam uma eficiência mais duradoura, onde a disponibilidade de P aumenta com o passar do tempo, após a sua aplicação no solo. Por outro lado, a utilização de fontes com solubilidade intermediária poderia apresentar fosfatos de liberação mais aprimoradas para a demanda da planta, sendo mais eficiente na disponibilização de P para as culturas (CÉSAR, 2016; MEURER, 2004; NOVAIS, et al., 2007; SANDIM, 2016).

Os Fosfatos com alta solubilidades ou totalmente acidificados (SFT e MAP) disponibilizam elevados níveis de fósforo solúvel em água, dissolvendo logo após o contato com o solo e podendo ser absorvido pelas plantas ou convertido em formas não lábeis. Já os fosfatos de média e baixa solubilidade apresentam a maior parte do P na forma insolúvel, mas que pode sofrer solubilização com o decorrer do tempo, com o efeito residual (NICCHIO et al., 2019).

Os fosfatos naturais para serem eficientes como uma possível fonte de P, depende de algumas condições que vão desde o fosfato utilizado, solo a ser aplicado e a cultura cultivada. Os fosfatos com menor solubilidade em água, necessitam que haja uma acidez (prótons) para que possam dar início à dissolução, podendo ocorrer quando aplicado em solo ácidos (RAJAN, et al., 1996). As plantas e os microrganismos da rizosfera também podem provocar a acidez para que ocorra a dissolução dos fosfatos naturais. Um fator importante para controle da dissolução é o tempo de contato do fosfato natural com o solo. O maior tempo de contato do solo com o fosfato causa maior solubilidade, mas também menor disponibilidade de P para as plantas ou menor concentração de P-lábil (NOVELINO et al., 1985).

#### **2.4. Associação entre fosfatos com diferentes solubilidades**

Com o crescimento de novas áreas agrícolas e com solos naturalmente deficientes em P, tem-se estimulado a utilização de fontes fosfatadas naturais. Todavia, há um problema na utilização dessas fontes, onde a matéria-prima básica são os minerais de apatita,

predominando a fluorapatita, que são de baixa reatividade, sendo de baixa liberação de P para as plantas. Desta forma a utilização dessas fontes tem ocorrido mais como fosfatagem corretiva em área total, com o intuito de elevar o teor de P-disponível do solo (NOVAIS et al., 2007). Contudo, há estudos que utilizaram fosfatos naturais (FN) como adubação de implantação, a mistura de fosfatos de lenta e rápida solubilidade aplicado em área com cultivo de capim Piatã, obtiveram resultados positivos, promovendo maior alongamento de folhas e colmo, bem como maior número de folhas (DUARTE et al., 2019).

A possibilidade do emprego de fosfatos naturais, rejeito de rocha e resíduos de indústria com baixo custo de produção tem sido enfatizada como alternativa viável para o suprimento da necessidade de P, com potencial em promover melhorias da fertilidade dos solos (MELO et al., 2018). O fosfato decantado é uma opção, sendo o subproduto do processo de fabricação de fontes solúveis de P, sendo separado durante a acidulação da rocha fosfática, passando por uma sedimentação por meio da aplicação de cal hidratada, podendo ser utilizado como fonte P de menor solubilidade pois apresenta características ácidas. Outro subproduto pode ser obtido por meio do processo de precipitação, no qual são adicionados sais metálicos carregados positivamente para que reajam com os íons negativo do fosfato, resultando na precipitação e agregação em forma de flocos. Após o processo finalizado pode ser utilizado como fonte de P de baixa reatividade (LISBOA, 2017).

A estimativa futura para produção agrícola é de crescimento de mais de 77% até 2061, isso por meio do aumento da produtividade nos cultivos, essas informações demonstram como os fertilizantes fosfatados e a utilização de novas fontes de P são de grande importância para que haja elevação de produtividade (FAO, 2013).

Um método que vem sendo estudado e que seria um meio de melhorar a solubilização de fosfatos naturais seria sua associação/mistura com fosfatos acidulados. Com isso, logo após a aplicação da mistura no solo, uma solução ácida se forma em volta do grânulo durante a solubilização do fosfato acidulado, essa solução poderia reagir com a fonte menos reativa e facilitar a solubilização do fosfato natural. Esse procedimento poderia favorecer as plantas, já que a fosfato totalmente acidulado estará liberando P na fase inicial das culturas, desenvolvendo o sistema radicular a qual entrará em contato com o fosfato natural ao longo de tempo (CÉZAR, 2016; NICCHIO, 2018).

Estudo científicos nesse sentido já realizados em culturas como soja, trigo, milho e azevém, mostram de que fosfatos naturais associados com SFT foram equivalentes ou mais eficientes quando comparados a fosfatos totalmente acidulados (CÉSAR, 2016; FRANZINI, et al., 2009; OLIVEIRA JUNIOR, 2007; PROCHNOW, et al., 2004).

Mas o processo de dissolução da fonte acidulada em associação com o fosfato natural pode ocorrer de maneira muito rápida no solo, não sendo possível iniciar a solubilização da fração do fosfato natural. Com isso, mesmo com a interação entre as fontes de elevada solubilidade, o efeito da mistura pode não ser significativo (CÉZAR, 2016). Pensando nisso, várias concentrações de fosfato acidulado são utilizadas em mistura com o fosfato natural para observar quais concentrações podem beneficiar a solubilização do fosfato natural e disponibilizar P ao longo ciclo. Em trabalho comparando fontes de fósforo de diferentes solubilidades, Super simples com 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solubilidade rápida, Fosfato natural reativo com 28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solubilidade lenta e FH pastagem com 31% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solubilidade mista em capim tropical, foi verificado que a utilização de fonte de P (FH pastagem) forneceu P para a cultura a curto, médio e longo prazo, ou seja, em todos os estágios de desenvolvimento da cultura (DUARTE et al., 2019).

Foi o que observaram Souza et al. (2020), no qual aos 150 dias após a aplicação das fontes, o rejeito de rocha fosfática oriundo de Irecê-BA combinado com Yoorin (YR), foi um dos que mais elevou a produção de massa seca do capim Mombaça. A possibilidade do emprego de fosfatos naturais e/ou rejeito de rocha, com baixo custo de produção tem sido enfatizada como alternativa viável para o suprimento da necessidade de P (MELO et al., 2018).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Instalação dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (ICIAG/UFU). Durante o período de 25 de novembro de 2019 a 20 de junho de 2020, foram realizados três cultivos de 60 dias, no qual as avaliações ocorreram aos 60, 120 e 180 dias após aplicação das fontes fosfatadas.

Foram utilizadas amostras de três tipos de solo retiradas da camada de 0 a 20 cm de profundidade, contrastantes do ponto de vista físico e químico de áreas localizadas no município de Uberlândia. Os solos foram classificados como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), textura argilosa, Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt), textura média e Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo), textura arenosa (SANTOS et al., 2018), cujas caracterizações físicas e químicas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 1.** Caracterização física das amostras de solo utilizadas no estudo em condições de casa de vegetação.

Solos	Areia	Areia	Silte	Argila
	Grossa	Fina		
----- g kg <sup>-1</sup> -----				
LVd - Latossolo Vermelho Distrófico	90	43	33	834
LVdt - Latossolo Vermelho Distrófico típico	297	250	54	400
RQo - Neossolo Quartzarênico Órtico	626	228	1	145

Análise textural realizada conforme Método da Pipeta (EMBRAPA, 2009).

**Tabela 2.** Caracterização química das amostras de solo (0-20 cm) utilizadas nos experimentos.

Solo	pH	P	Si	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	t	V	m	M.O.
	CaCl <sub>2</sub>	-- mg dm <sup>-3</sup> --						cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			-- % --		g kg <sup>-1</sup>
LVd	4,4	0,2	4,9	0,7	0,5	0,2	0,0	0,26	3,5	1,0	4	73	40
LVdt	4,5	0,3	4,8	0,6	0,1	0,1	0,1	0,25	3,7	0,8	8	69	20
RQo	4,4	0,5	1,6	1,0	0,5	0,2	0,1	0,39	2,3	1,4	7	71	15

Si = CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>; P, K = (HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N); Al, Ca, Mg = (KCl 1 N); SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; t = CTC efetiva; V = saturação por bases; m = saturação por Al; M.O. = (Walkley-Black - EMBRAPA, 1999). LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; LVdt = Latossolo Vermelho Distrófico típico; RQo = Neossolo Quartzarênico Órtico.

Os solos coletados foram peneirados e depois de secos ao ar natural, foram submetidas ao processo de incubação por 30 dias, em vasos com capacidade para 12 L, contendo 10 kg de solo seco. Foram aplicados 13 g de CaCO<sub>3</sub> por kg de solo e 5 g de MgCO<sub>3</sub> por kg de solo, de

modo que a relação Ca:Mg fosse corrigida para 3:1 visando elevar a saturação por bases para 70%. Foi adicionado água em cada um dos vasos de maneira a complementar a umidade dos mesmos, no qual o solo ficou em repouso para que a reação dos corretivos acontecesse, visando favorecer o desenvolvimento das plantas.

### 3.2. Tratamentos e delineamento experimental

Cada experimento foi instalado adotando-se delineamento experimental de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, totalizando 36 unidades experimentais (Tabela 3). Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 4 x 2 + 1, sendo: quatro combinações de fosfato RLT1 ou RLT2 (0%; 33,4%; 66,6% e 100%) com duas fontes solúveis de P (MAP e TSP), Além de um tratamento adicional que foi o tratamento controle com ausência da aplicação de fertilizante fosfatado (Tabela 3). Foram realizados seis experimentos no total, três com RLT1 e outros três experimentos com a fonte RLT2 em todos os solos.

**Tabela 3.** Tratamentos aplicados e doses dos produtos utilizadas nos três solos para RLT1 e RLT2.

Fonte/material (*)	Dose	Doses
	P	produtos
Controle	0	0
----- mg kg <sup>-1</sup> -----		
Experiments com RLT1		
0,0 % RLT1 (100,0% MAP)	150	288
33,4% RLT1 (66,6% MAP)	150	715+192
66,6% RLT1 (33,4% MAP)	150	1430+96
100,0% RLT1 (0,0% MAP)	150	2143
0,0 % RLT1 (100,0% TSP)	150	333
33,4% RLT1 (66,6% TSP)	150	715+222
66,6% RLT1 (33,4% TSP)	150	1430+111
100,0% RLT1 (0,0% TSP)	150	2143
Experiments com RLT2		
0,0 % RLT2 (100,0% MAP)	150	288
33,4% RLT2 (66,6% MAP)	150	358+192
66,6% RLT2 (33,4% MAP)	150	715+96
100,0% RLT2 (0,0% MAP)	150	1071
0,0 % RLT2 (100,0% TSP)	150	333
33,4% RLT2 (66,6% TSP)	150	358+222
66,6% RLT2 (33,4% TSP)	150	715+111
100,0% RLT2 (0,0% TSP)	150	1071

TSP = Superfosfato triplo. MAP = monoamônio fosfato. RLT1 e RLT2 = fontes de P em fase de pesquisa.

### 3.3. Descrição dos fertilizantes

Neste trabalho foram utilizadas quatro fontes de fósforo, sendo duas fontes comerciais: superfosfato triplo (TSP) e monoamônio fosfato (MAP), e duas fontes em fase de pesquisa (RLT1 e RLT2).

O “RLT1 e RLT2” são fontes de P resultantes do tratamento do ácido fluossilícico (resíduo da produção de fosfatos acidulados) com  $\text{CaCO}_3$  visando sua neutralização. Este processo gera um precipitado com teor total aproximado de 7% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  resultando no fosfato RLT1 (com elevação do pH do produto até uma faixa de 3,5 a 4,0). O sobrenadante deste produto precipitado passar por um segundo estágio de neutralização com CaO resultando em um produto RLT2 com teor total aproximado de 14% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (com elevação do pH do produto até uma faixa de 8,0 a 9,0). Os RLT’s gerados nestas duas etapas são dragados e estocados em área apropriada para serem secos ao tempo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Caracterização dos fertilizantes fosfatados, com relação aos teores de  $\text{P}_2\text{O}_5$  total,  $\text{P}_2\text{O}_5$  em  $\text{H}_2\text{O}$  e Ca.

Fonte	$\text{P}_2\text{O}_5$		Ca
	Total**	Solúvel*	
	%		
TSP	45	43	12
MAP	52	50	20
RLT1	7	1,2	20
RLT2	14	2,5	12

\* solúvel em  $\text{H}_2\text{O}+\text{CNA}$

\*\* Ac. sulfúrico

### 3.4. Condução dos experimentos

Após secas e peneiradas, 10 kg das amostras de solo, foram dispostas em vasos com capacidade para 12 kg. Em outubro de 2019 as amostras receberam aplicação de 13g ( $\text{CaCO}_3$ ) e 5g ( $\text{MgCO}_3$ ), calculadas pelo método de saturação de bases e foram incubadas por um período de 30 dias (Figura 1). Durante o período de incubação o solo foi irrigado em sua capacidade de campo.

Ao término da incubação, realizou-se a aplicação dos tratamentos com P no volume total de solo e aplicação de 200 mg  $\text{kg}^{-1}$  de N, proveniente da fonte sulfato de amônio (21% de N), 400 mg  $\text{kg}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (58% de K), proveniente do KCl e 50 mg  $\text{kg}^{-1}$  de FTE, contendo 9% de Zn; 7,1% de Mn; 5,7% de S; 1,8% de B; 0,8% de Cu; 0,1% de Mo, posteriormente, realizou-se a semeadura de 20 sementes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu por vaso a

aproximadamente 2 cm de profundidade. Após 15 dias da semeadura (DAS), foi feito o desbaste das plantas, deixando apenas as seis plantas mais vigorosas por vaso. Aos 15 e 30 DAS foi realizada adubação nitrogenada de cobertura na dose de  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  de N, utilizando como fonte o sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (21% de N).

No decorrer do experimento, o fornecimento de água se deu por meio de rega manual aplicada com regador diretamente ao solo. Para o segundo e terceiro cultivo foram reaplicadas somente as fontes  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , KCl e o FTE nas mesmas quantidades, com os mesmos procedimentos de condução conforme realizado no primeiro cultivo.

**Figura 1** - Detalhe do processo de peneiramento, correção e incubação do solo e da semeadura nos vasos com capacidade para 12 kg.



**Fonte:** O autor.

### 3.5. Avaliações

Aos 60, 120 e 180 DAS e aplicação das fontes fosfatadas foram realizados os cortes da parte aérea das plantas. Em seguida, as amostras vegetais foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação de ar, a  $65^\circ\text{C}$ , até atingirem peso constante. Após seco, o material foi pesado em balança analítica para obtenção de massa seca (g) e moído em moinho tipo Willey para análise laboratorial (Figura 2).

As amostras foram submetidas à análise de P, Ca e Mg seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (2009). Com base nos resultados dos teores de P, Ca e Mg na planta e da massa da matéria seca da parte aérea, foi calculado o acúmulo (extração) desses nutrientes pelo capim-marandu.

**Figura 2** - Detalhe da colheita; secagem em estufa, pesagem de massa seca da braquiária e moagem.



**Fonte:** O autor.

Sete dias após a data da colheita, último cultivo (3º corte), foram coletadas também amostras de solo em cada vaso. Com o auxílio de um mini trado, foram amostrados quatro pontos em cada um dos vasos, formando uma amostra composta por parcela. As amostras após serem secas foram submetidas às análises de P (extratores Mehlich-1 e Resina),  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , além do pH ( $\text{CaCl}_2$ ) e H+Al (EMBRAPA, 2009; RAIJ et al., 2001).

### 3.6. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos a análise de variância e em caso de significância do teste F, as médias dos resultados qualitativos foram comparadas entre si pelos testes de Tukey a 0,05 de significância com a utilização de programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014) e para comparação com o controle utilizou-se o teste Dunnett a 0,05 de significância com auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2016). Para os resultados quantitativos, as médias foram submetidas a análise de regressão, dispondo-se em gráficos de dispersão linear ou quadrático.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Latossolo Vermelho Distrófico – RLT1

#### *Produção de Massa seca*

Ao avaliar a produção de massa seca das plantas cultivadas no Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) observou-se diferenças significativas entre as fontes, no 1º e 3º cultivo assim como no acumulado. No 1º cultivo, quando aplicado TSP com 66,6% de RLT1 a produção foi maior que o MAP. Por outro lado, no 3º Cultivo observou-se no nível de 33,4% de RLT1 maior produção com tratamento MAP (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias de massa seca de três cultivos do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

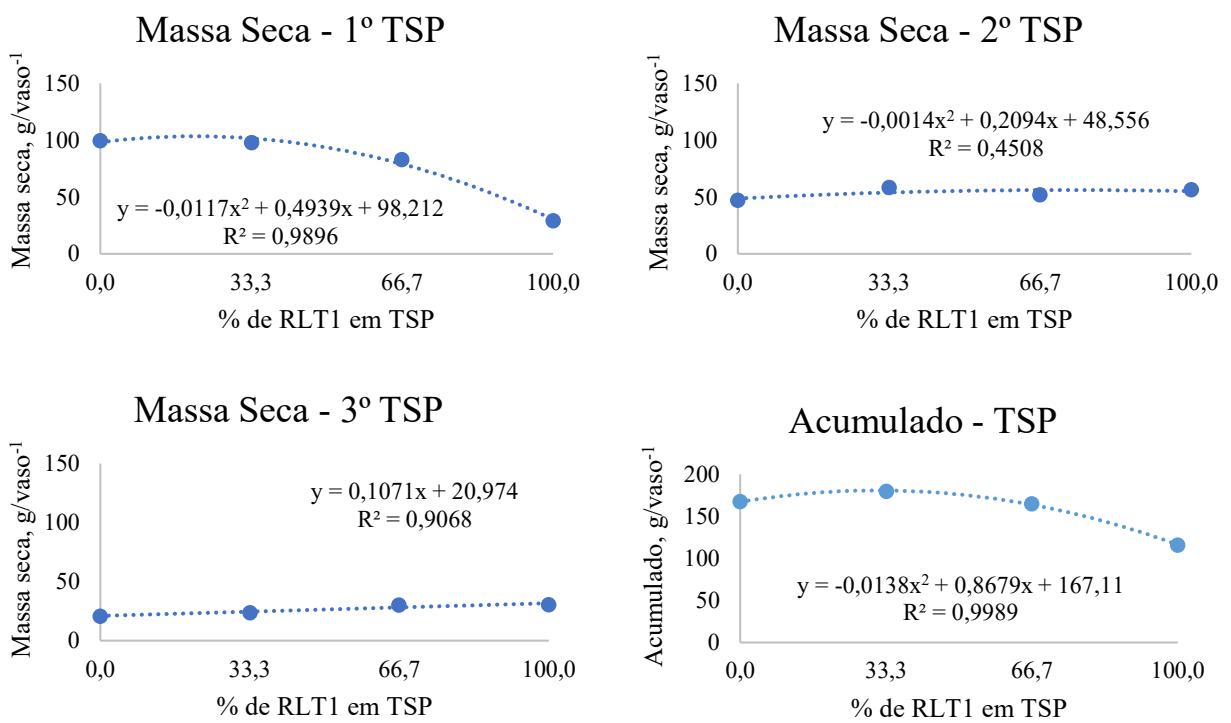
Massa seca							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	g vaso <sup>-1</sup>				g vaso <sup>-1</sup>		
Controle	1,3			Controle	2,5		
0	108,5* A	99,5* A	104,0	0	47,9*	47,1*	47,5
33,4	96,2* A	97,7* A	96,9	33,4	57,3*	58,2*	57,7
66,6	39,5* B	82,9* A	61,2	66,6	43,9*	51,8*	47,8
100	28,9* A	28,9* A	28,9	100	56,4*	56,4*	56,4
Média	68,3	77,3		Média	51,41 A	53,4 A	
	CV: 16,0				CV: 19,7		
	3º Cultivo				Acumulado		
% RLT1	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média
	g vaso <sup>-1</sup>				g vaso <sup>-1</sup>		
Controle	1,6			Controle	5,5		
0	23,5* A	20,8* A	22,1	0	179,9* A	167,5* A	173,7
33,4	34,9* A	23,7* B	29,3	33,4	188,4* A	179,6* A	184,0
66,6	27,0* A	30,2* A	28,6	66,6	110,7* B	165,0* A	137,7
100	30,5* A	30,5* A	30,5	100	116,0* A	116,0* A	116,0
Média	28,9	26,3		Média	149,0	157,0	
	CV: 14,8				CV: 9,3		

CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

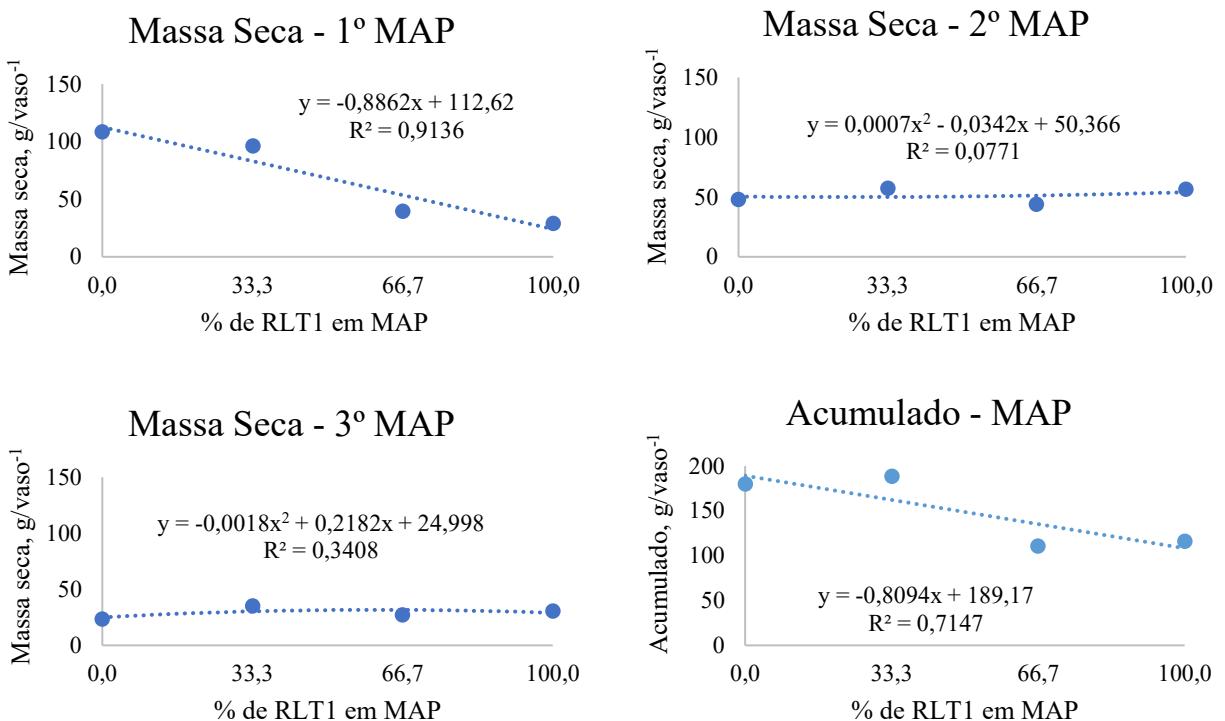
No acumulado, o MAP na dose 33,4% de RLT1 apresentou maior acúmulo de massa seca com 188,43 g vaso<sup>-1</sup>, em relação ao controle, sendo o tratamento que foi mais eficiente em comparação aos demais tratamentos realizados (Tabela 5). Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2020), utilizando a combinações de fontes de P solúvel e natural.

Ao comparar o tratamento controle com os demais tratamentos (em todos os cortes) verificou-se que aplicação de P independente da fonte e dose aumentou a produção de massa seca (Tabela 5). Reis (2020) obteve resultados parecidos, nos quatro cortes realizados, todos os tratamentos com adubação fosfatada se mostraram superiores ao tratamento controle, utilizando doses TSP e fosfato natural reativo em *Urochloa brizantha* cv Xaraés. Isso pode ser explicado pelo fato de que as fontes mais solúveis disponibilizam grande quantidade de P nos primeiros meses após o plantio, obtendo melhor desenvolvimento inicial, o que reflete na produção de biomassa em pastagens (OLIVEIRA et al., 2012).

Na análise de regressão em ambas as fontes, não houve acréscimo na produção de massas seca, com o aumento da concentração RLT1 em MAP e TSP, contudo pode-se observar pequenos incrementos na produção do 2º e 3º corte, o que pode indicar efeito residual da fonte RLT1 na produção de massa seca de capim-marandu (Figura 3 e 4).



**Figura 3.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 associado ao TSP em solo de textura argilosa (LVd).



**Figura 4.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 associado ao MAP em solo de textura argilosa (LVd).

#### *Teores de P, Ca e Mg na planta*

Com relação teor de P na parte aérea do capim-marandu, houve diferença entre as fontes no 1º cultivo, no qual o teor de P foi maior com TSP na dose de 33,4%, e com MAP na dose de 66,6% de RLT1, respectivamente (Tabela 6).

Nicchio (2018) obteve resultado semelhante em seu trabalho utilizando a incorporação de super fosfato triplo com fosfato de baixa reatividade, sendo mais eficientes em aumentar os teores de P. Isso porque o MAP e TSP são fontes com alta solubilidade e disponibilizam P logo após o plantio, mas com a mistura de com fontes menos solúveis, o que possibilita a liberação por um período maior, como visto por Sandim (2016), utilizando fonte alternativa de fosfato precipitado, obteve maiores concentrações de fósforo ao final do 4º corte com capim-marandu.

É importante considerar que em solos extremamente argilosos o P tende-se a fixar com tempo, interferindo na absorção de P pelas plantas, além do teor disponível do elemento no solo. Maule et al. (2001) também observou isso em dois solos (Planossolo e Podzólico), onde apresentaram o nutriente com teores semelhantes, mas com diferença na absorção de P pela cana.

**Tabela 6.** Teor de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

P – Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
			g kg <sup>-1</sup>				g kg <sup>-1</sup>
Controle	0,3			Controle	0,4		
0	1,1* A	1,1* A	1,1	0	0,7 A	0,74 A	0,7
33,4	1,2* B	1,6* A	1,4	33,4	1,0 A	1,36* A	1,2
66,6	1,3* A	0,9* B	1,1	66,6	1,3* A	1,16* A	1,2
100	1,4* A	1,4* A	1,4	100	1,0 A	1,0 A	1,0
Média	1,3	1,3		Média	1	1,1	
	CV: 16,7				CV: 32,6		
3º Cultivo							
% RLT1	MAP	TSP	Média				
			g kg <sup>-1</sup>				
Controle	0,4						
0	1,3	2,3*	1,8				
33,4	2,2*	1,7*	2,0				
66,6	1,7*	1,8*	1,7				
100	1,7*	1,7*	1,7				
Média	1,7 A	1,9 A					
	CV: 32,2						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Para o acúmulo de P na planta, somente foram observadas diferenças significativas entre as fontes no 2º e 3º cultivo (Tabela 7). Os resultados de extração P em amostras de braquiária demonstraram que o tratamento 33,4% de RLT1 em TSP no 3º cultivo apresentou maior teor de P com 160,87 mg kg<sup>-1</sup>. No entanto, o teor de P para este mesmo tratamento no 2º cultivo foi mais baixo (40,47 mg kg<sup>-1</sup> de P), o que pode indicar que liberação de P foi mais lenta.

Os resultados se assemelham aos de Franzini et al. (2009), ao avaliar fosfato natural em mistura com TPS em milho, onde obteve diferença significativa para teor de P utilizando a fonte TSP. Nicchio (2015) com objetivo de avaliar fertilizantes fosfatados (TSP, Fosfato decantado, precipitado e acidulado) na cultura do milho e cana-de-açúcar, observou diferença entre as fontes no 1º, 2º cultivo e acumulado. Já em relação ao controle os maiores acúmulos P foram observados no 1º cultivo com fosfato decantado (Tabela 7).

**Tabela 7.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

P - Acúmulo Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	1,2			Controle	0,6		
0	31,9	33,7	0	0	31,8 A	48,0* A	39,9
33,4	58,5*	81,3*	33,4	33,4	77,2* A	40,5* B	58,8
66,6	59,8*	60,6*	66,6	66,6	48,9* A	53,1* A	51,0
100	54,9*	54,9*	100	100	51,8* A	51,8* A	51,8
Média	51,3 A	57,6 A	Média	Média	52,4	48,3	
	CV: 36,9				CV: 34,1		
3º Cultivo							
% RLT1	Acumulado			% RLT1	Média		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	0,4			Controle	2,2		
0	124,2* A	112,4* A	0	0	187,9*	194,2*	191,1
33,4	116,6* B	160,9* A	33,4	33,4	252,3*	282,7*	267,5
66,6	50,9 A	79,6* A	66,6	66,6	159,5*	193,3*	176,4
100	41,3 A	41,3 A	100	100	147,9*	147,9*	147,9
Média	83,2	98,5	Média	Média	186,9 A	204,5 A	
	CV: 31,8				CV: 18,9		

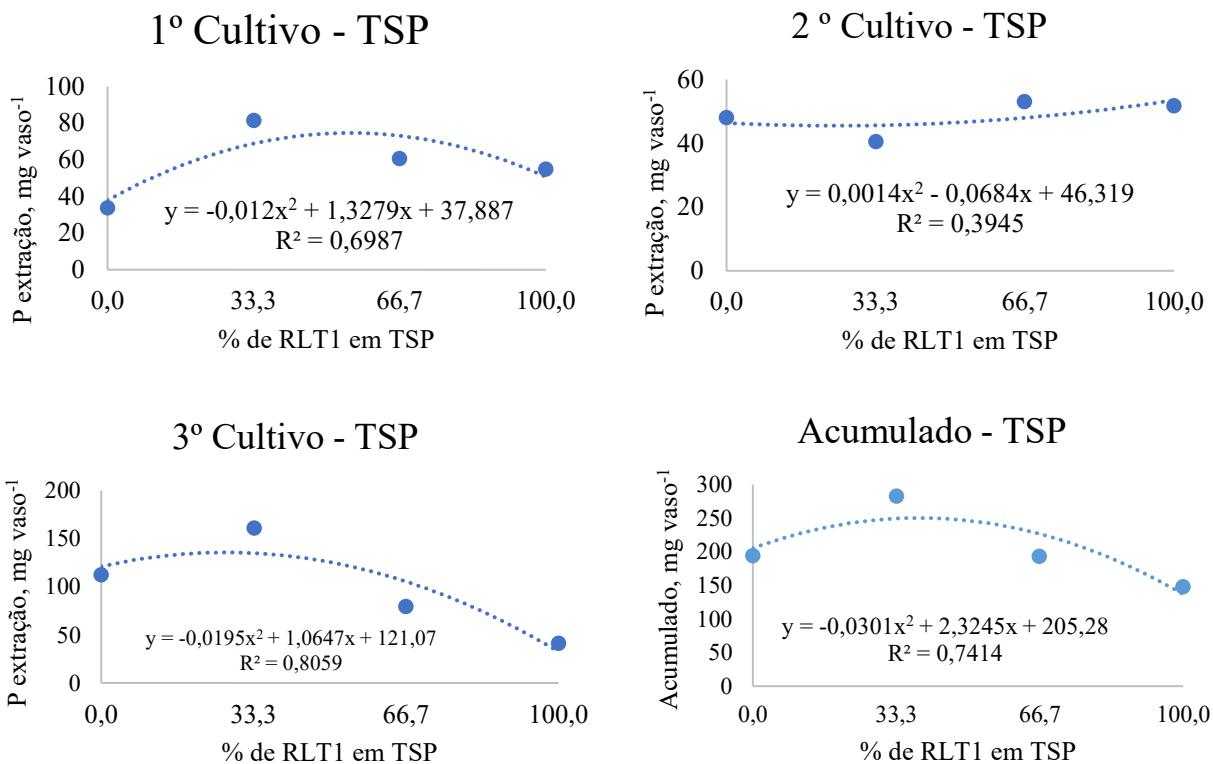
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Houve diferença para o acumulado entre os tratamentos quando comparado ao controle (Tabela 7). O tratamento na dose 33,4% de RLT1 em TSP, apresentou diferença de 280,42 mg kg<sup>-1</sup> em relação ao tratamento controle no acumulado dos três cultivos.

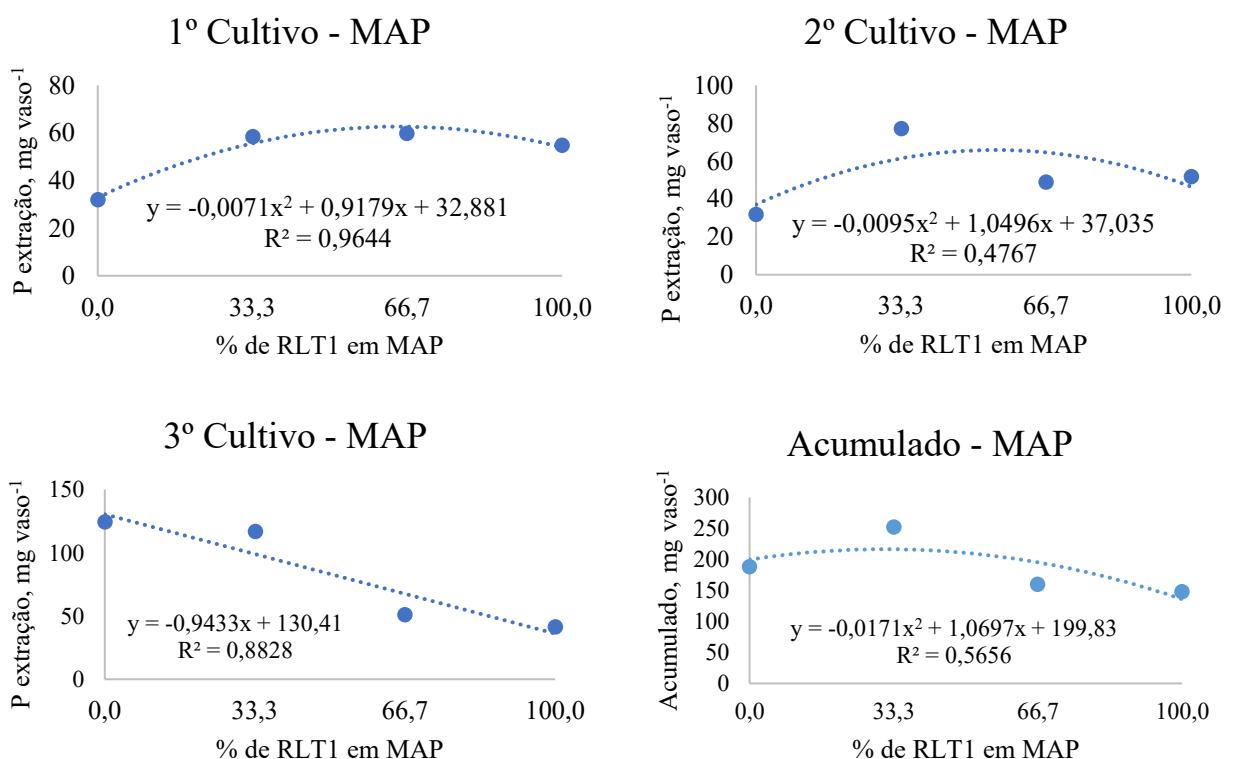
Independentemente da fonte, foi observado incrementos nos teores de P em todos os cultivos, já que o tratamento controle apresentou valores menores em relação a todos os tratamentos. Os resultados observados por Harger et al. (2007), são semelhantes quanto ao aumento dos teores de P independente da fonte utilizada.

Isso demonstra que a interação química entre essas fontes de P no grânulo do fertilizante deve ter promovido a solubilização do P presente no fosfato natural e, consequentemente, o aumento na disponibilidade do P proveniente do FN (FRANZINI et al. 2009).

O aumento na solubilização ocorre, principalmente, em razão da acidez gerada pela hidrólise do fosfato nos fertilizantes mais solveis como o TSP (MOKWUNYE e CHIEN, 1980).



**Figura 5.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao TSP em solo de textura argilosa (LVd).



**Figura 6.** O acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura argilosa (LVd).

Foi observado na análise de regressão para ambas as fontes até a concentração de 33,3% RLT1 houve um acréscimo no acúmulo de P. Mas, com o aumento da concentração RLT1 houve uma queda no acúmulo de P no 1º e 3º cultivo, assim como no acumulado (Figura 5 e 6). Além disso, o aumento da concentração de RLT1 em MAP apresentou redução de P extraído no 3º cultivo de braquiária.

Oliveira Junior (2007) utilizando fosfato de rocha e TSP, individual e em associação, observou aumento P planta à medida que aumentou a participação da fonte de elevada solubilidade, a contribuição do FR diminui exponencialmente, independentemente da dose de FR utilizada em plantas de seja.

De modo geral, os teores foliares de Ca não foram influenciadas pela aplicação dos fertilizantes fosfatados. Como foi realizada calagem, já se era esperado que não houvesse diferença significativa neste parâmetro. O mesmo ocorreu quando foi comparado os tratamentos ao controle (Tabela 8). Soares et al. (2000) também não observaram diferença para os teores de Ca na em folhas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk utilizando o fosfato natural de Gafsa e o superfosfato triplo como fontes de P na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Tabela 8.** Teor de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

Ca – Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	g kg <sup>-1</sup>				g kg <sup>-1</sup>		
Controle	6,1			Controle	6,6		
0	4,8	4,7	4,7	0	5,8	4,6	5,2
33,4	4,3	3,3	3,8	33,4	10,0	7,5	8,8
66,6	3,0*	2,9*	2,9	66,6	4,7	4,8	4,7
100	4,6	4,6	4,6	100	6,3	6,3	6,3
Média	4,2 A	3,8 A		Média	6,7 A	5,8 A	
	CV: 37,5				CV: 32,3		
3º Cultivo							
% RLT1	MAP	TSP	Média				
	g kg <sup>-1</sup>						
Controle	6,0						
0	7,4	8,5	8				
33,4	11,1	8,8	9,9				
66,6	8,4	10,2	9,3				
100	8,5	8,5	8,5				
Média	8,9 A	9,0 A					
	CV: 32,31						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Na comparação com o controle, foram observadas diferenças no 1º cultivo, onde as fontes MAP e TSP na dose de 66,6% de RLT1 demonstraram menores teores de Ca (Tabela 8). Resultados semelhantes visto por Reis (2020), havendo diferença apenas no primeiro corte, com redução dos teores de cálcio nas maiores doses do fosfato natural de Gafsa.

Com relação o acúmulo de Ca, houve diferença entre as fontes para o 2º cultivo assim como para o acumulado. No primeiro cultivo, nas doses de 33,4% e 100% de RLT1 em ambas as fontes, o acúmulo de Ca foi maior que o controle. Por outro lado, todas as doses no 2º cultivo obtiveram diferença significativa ao controle (Tabela 9). Os resultados observados diferem aos observado por Nicchio (2014), no qual esse autor obteve diferença em relação aos teores de Ca logo nos 35 dias após a aplicação, com tratamento de fosfato natural, porém aos 89 dias de plantio não verificou diferença entre os tratamentos em plantas de milho.

**Tabela 9.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

Ca - Acúmulo Planta										
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo					
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média			
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>					
Controle	14,2			Controle	10,1					
0	273,5	215,2	244,3	0	171,7* A	184,9* A	178,3			
33,4	591,5*	437,6*	514,6	33,4	384,9* A	209,3* B	297,1			
66,6	250,6	207,5	229,1	66,6	227,1* A	305,9* A	266,5			
100	353,8*	353,8*	353,8	100	258,1* A	258,0* A	258,0			
Média	356,6 A	314,3 A		Média	260,4	239,5				
	CV: 42,6				CV: 29,1					
	3º Cultivo									
Acumulado										
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo					
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média			
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>					
Controle	8,6			Controle	33,0					
0	528,0*	465,4*	469,7	0	973,2* A	865,5* A	919,3			
33,4	414,1*	319,2*	366,6	33,4	1390,5* A	966,0* B	1178,3			
66,6	116,1	244,5*	180,3	66,6	550,7* A	801,0* A	675,9			
100	115,2	115,2	115,2	100	727,1* A	727,1* A	727,1			
Média	293,3 A	286,1 A		Média	910,4	839,9				
	CV: 39,3				CV: 24,41					

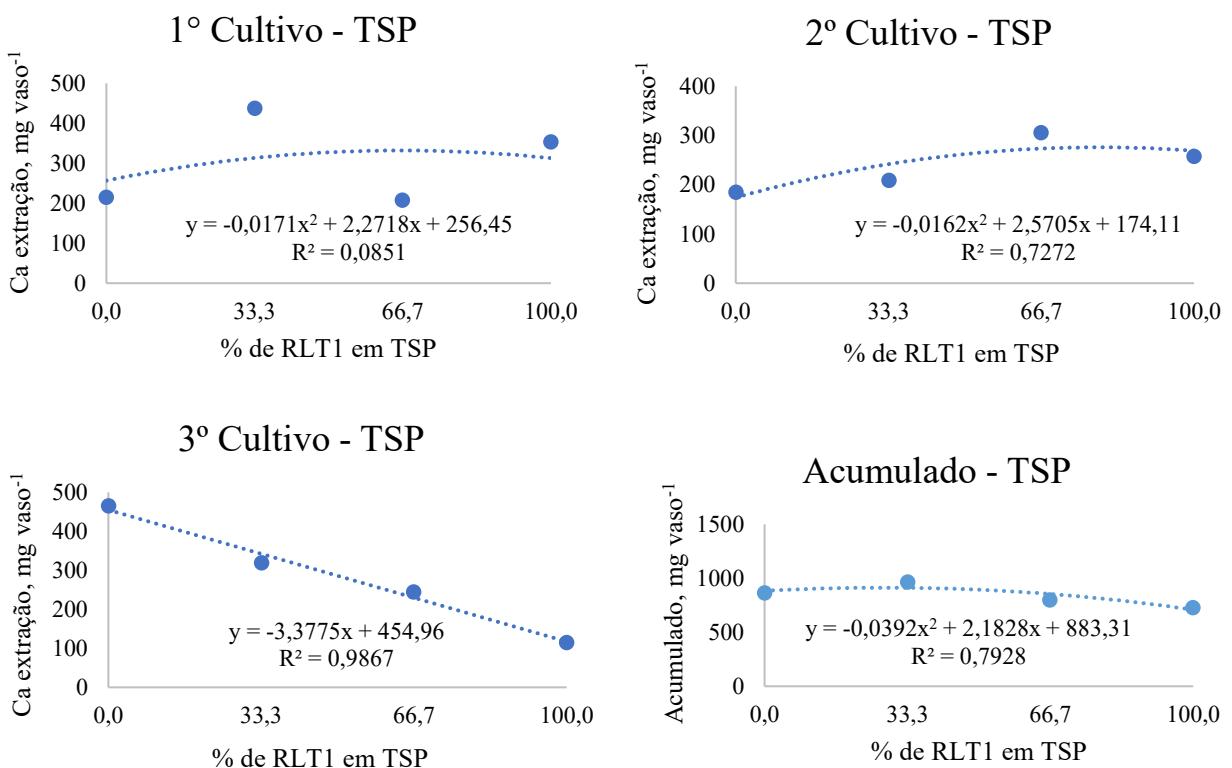
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Foi observado no 2º cultivo o melhor resultado do acúmulo de Ca com a dose 33,4% de RLT1 em MAP, sendo 384,95 mg vaso<sup>-1</sup>, obtendo uma diferença de 175,68 mg vaso<sup>-1</sup> quando comparado com a fonte TSP na mesma dose de RTL1 (Tabela 9). Os resultados observados neste experimento, são semelhantes aos observado por Souza et al. (2020), não

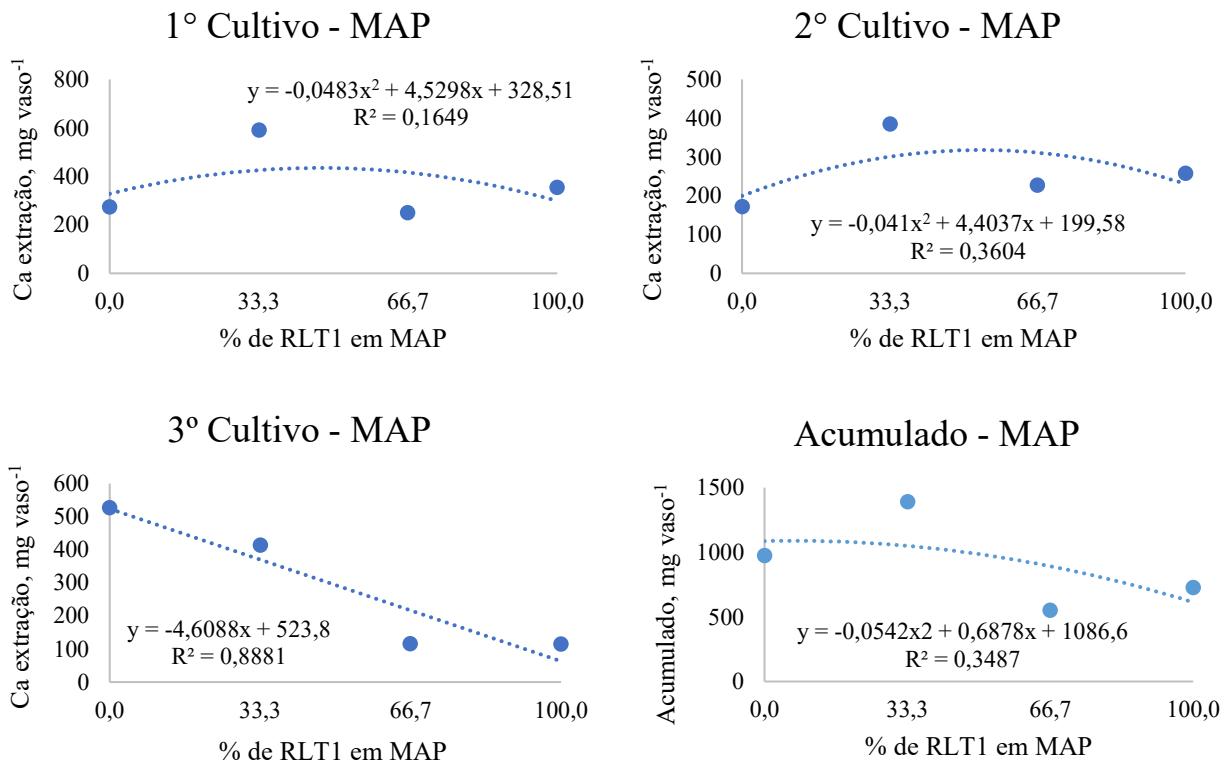
verificando diferença entre tratamentos no 1º corte, mas apresentou diferenças no 2º e 3º corte com a associação de fosfato natural + TSP (70% e 50%) em capim Mombaça.

Com relação ao acumulado, a dose 33,4% de RLT1 em MAP, apresentou maior concentração com 1390,55 mg kg<sup>-1</sup>, obtendo diferença de 424,49 mg kg<sup>-1</sup> de Ca, em comparação com o mesmo tratamento RLT1 em mistura com TSP.

Para a regressão dos níveis de RLT1 para Ca, no 2º cultivo foi observado uma curva que teve acréscimo do acúmulo de Ca até o tratamento com 66,7% de RLT1 em TSP (Figura 7), mas a partir desta dose notou-se um pequeno decréscimo no acúmulo de Ca pela braquiária. Porém, no 3º cultivo o aumento da concentração de RLT1 em MAP apresentou redução de Ca extraído (Figura 8). Reis (2020) observou diferença significativa no 2º corte de Urochloa brizantha, mas houve redução dos teores de Ca para as doses de TSP e regressão linear decrescente para as doses de fosfato natural.



**Figura 7.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao TSP em solo de textura argilosa.



**Figura 8.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura argilosa.

**Tabela 10.** Teor de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

Mg – Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	$\text{g kg}^{-1}$				$\text{g kg}^{-1}$		
Controle	3,5			Controle	1,9		
0	8,0*	8,1*	8,05	0	4,0*	3,1	3,6
33,4	7,5	5,4	6,5	33,4	3,2	3,7*	3,5
66,6	3,2	3,8	3,5	66,6	2,5	3,3	2,9
100	1,9	1,9	1,9	100	2,5*	2,5	2,5
Média	5,1 A	4,8 A		Média	3,1 A	3,1 A	
	CV: 45,3				CV: 27,8		
3º Cultivo							
% RLT1	MAP	TSP	Média				
	$\text{g kg}^{-1}$						
Controle	1,2						
0	2,7	2,6	2,6				
33,4	5,6*	4,2*	4,9				
66,6	3,4	4,2*	3,8				
100	2,9	2,9	2,9				
Média	3,6 A	3,5 A					
	CV: 36,1						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Em relação aos teores de Mg na planta, não houve diferença significativa entre as fontes em nenhum dos cultivos (Tabela 10). O mesmo ocorreu com Souza et al. (2020), não havendo diferença entre os tratamentos com P, que em média foram superiores cerca de 35% em relação ao controle em capim Mombaça. Resultados similares também foram observados por Nicchio (2014) em plantas de milho.

No 1º cultivo o tratamento com 0% de RLT1 em (TSP) obteve diferença de 4,59 g kg<sup>-1</sup> quando comparado ao controle (Tabela 10). Para Souza et al. (2020) foi observada diferença somente no segundo corte, utilizando a fonte TSP em mistura com fosfato natural reativo (50% e 50%). Para extração Mg no 2º cultivo, o tratamento com 33,4% de RLT1 em MAP apresentou diferença de 95,12 mg kg<sup>-1</sup> em comparação com TSP (Tabela 11).

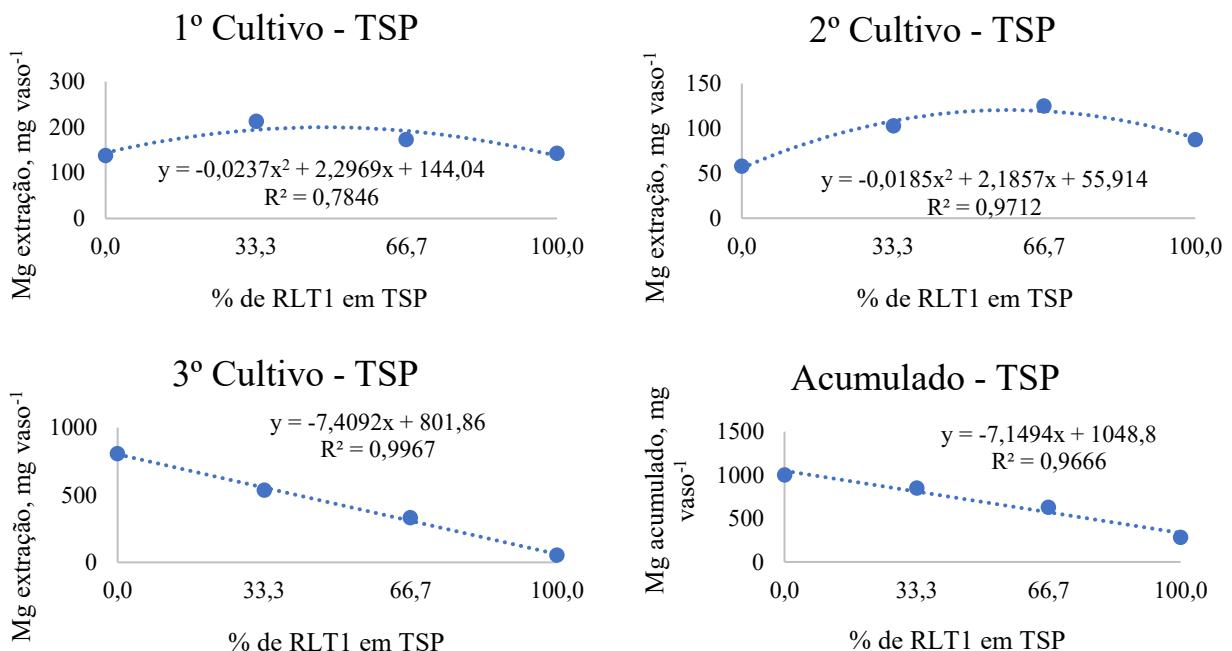
**Tabela 11.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

Mg - Acúmulo Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	5,0			Controle	2,1		
0	183,7*	137,8*	160,8	0	63,0 A	57,8 A	60,4
33,4	188,7*	212,9*	200,8	33,4	197,8* A	102,7* B	150,2
66,6	108,9*	173,2*	140,7	66,6	99,9* A	124,9* A	112,4
100	142,9*	142,9*	142,9	100	87,4 A	87,4 A	87,4
Média	155,9 A	166,7 A		Média	112,0	93,2	
	CV: 30,1				CV: 46,3		
	3º Cultivo						
% RLT1	Acumulado			% RLT1	mg vaso <sup>-1</sup>		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	5,0			Controle	12,1		
0	871,7*	806,7*	839,2	0%	1118,4	1002,3	1060,4
33,4	723,1*	535,4*	629,2	33,4	1109,6	851,0	980,3
66,6	126,2	331,7	229,0	66,6	334,3	629,8	482,0
100	51,7	51,7	51,7	100	282,0	282,0	282,0
Média	443,2 A	431,4 A		Média	711,1 A	691,32 A	
	CV: 51,0				CV: 38,8		

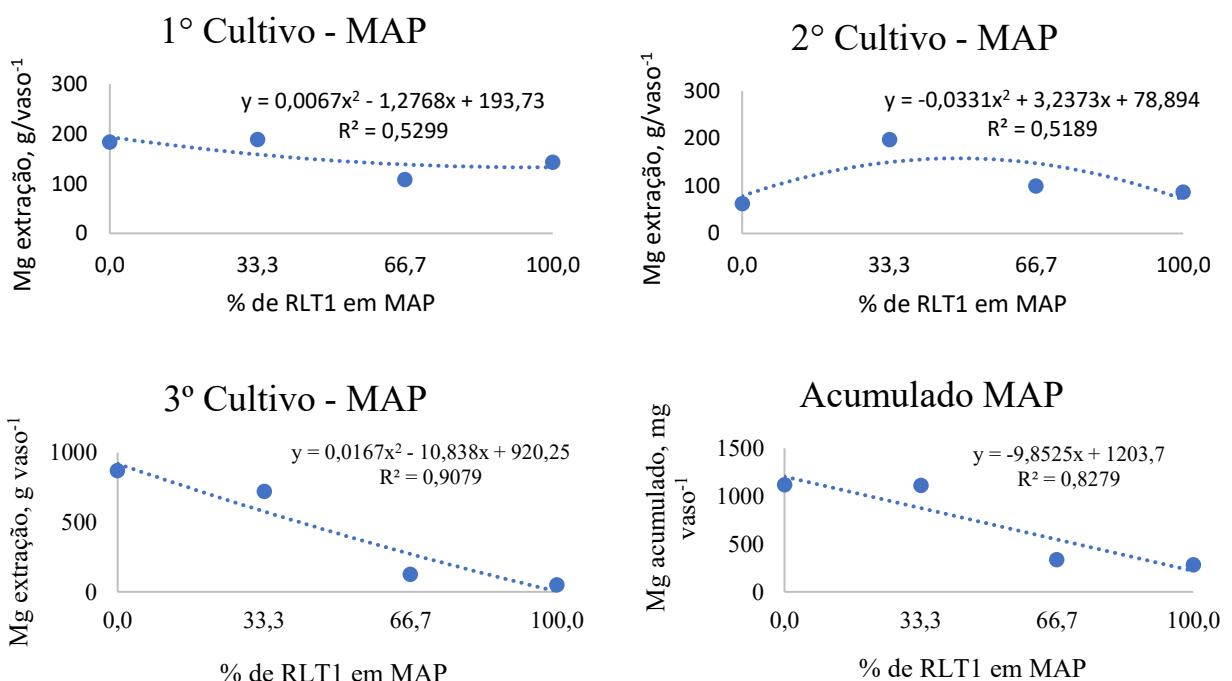
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Os resultados observados nesse experimento diferem dos observados por Nicchio (2018), ao avaliar a mistura de fosfatos acidulados com fosfatos naturais aplicados em amostras de um solo argiloso (Latossolo Vermelho Distrófico) com cultivo de cana-de-açúcar em vasos, no qual os teores de Mg foliar não apresentaram diferença entre os tratamentos. De acordo com Martinez et al. (1999), as concentrações ideais de Mg na folha para cultura de

braquiária seriam em torno de 4,5 g k<sup>-1</sup> de Mg. No 1º e 2º cultivo foi observado uma curva que teve acréscimo no acúmulo de Mg até o tratamento com 33,3% e 66,7% de RLT1 em TSP respectivamente, contudo com o aumento da dose de RLT1, houve o decréscimo na extração Mg (Figura 9). Mas, no 3º cultivo e acumulado, o aumento dos níveis de RLT1 em MAP e TSP reduziu o acúmulo de Mg em braquiária.



**Figura 9.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao TSP em solo de textura argilosa.



**Figura 10.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura argilosa.

## **Elementos no solo**

No LVd aos 180 DAA (dias após aplicação) de diferentes fontes fosfatadas no volume total de solo de cada vaso, não foi observado diferença significativa para as variáveis analisadas (P, Ca, Mg, pH e H+Al) entre as fontes, independente das doses de RLT1. Quando comparado os tratamentos ao controle, somente para P-resina não foi observado diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 12).

**Tabela 12.** Teores de P (extrator mehlich-1 e resina), Ca, Mg, H+Al e pH após três cultivos de braquiária em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP 180 dias em solo de textura argilosa (LVd).

Análise de Solo												
% RLT1	P – Mehlich-1			P - Resina			pH					
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média	CaCl <sup>2</sup>
	mg dm <sup>-1</sup>				mg dm <sup>-1</sup>							
Controle	0,31			Controle	11,01			Controle	4,23			
0%	4,6	3,8	4,2	0%	7,5	5,7	6,6	0%	4,1	4,3	4,2	
33,4	5,3	3,3	4,3	33,4	5,2	8,5	6,9	33,4	4,3	4,2	4,2	
66,6	17,5	28,0*	22,7	66,6	17,1	20,8	19,0	66,6	4,7	4,8*	4,8	
100	34,0*	34,0*	34,0	100	18,6	18,6	18,6	100	5,0*	5,0*	5,0	
Média	15,3 A	17,2 A		Média	12,1 A	13,4 A		Média	4,5 A	4,6 A		
	CV: 84,2				CV: 86,9				CV: 5,8			
	Ca - Solo				Mg - Solo				H+Al			
% RLT1	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média	
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
Controle	33,69			Controle	7,54			Controle	1,42			
0%	24,9	21,8	23,3	0%	2,4*	2,6*	2,5	0%	1,5	1,3	1,4	
33,4	32,3	29,6	31,0	33,4	1,0*	0,8*	0,89	33,4	1,4	1,4	1,4	
66,6	59,0*	52,7*	55,8	66,6	4,8	3,7*	4,24	66,6	1,3	1,0	1,2	
100	63,9*	63,9*	63,9	100	3,4*	3,4*	3,42	100	1,13	1,1	1,1	
Média	45,0 A	42,0 A		Média	2,9 A	2,6 A		Média	1,3 A	1,2 A		
	CV: 15,6				CV: 51,2				CV: 16,3			

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Os resultados de extração P no extrator Mehlich-1, demonstrou que no tratamento com 66,6% de RLT1 em TSP, apresentou uma diferença de 27,69 mg dm<sup>-3</sup> no teor de P em comparação ao controle. Nicchio (2014) observou acréscimos nos teores de P extraídos por Mehlich-1 com uso do fosfato decantado (FD).

Entretanto, o tratamento com TSP apresentou menores teores de P em relação aos demais tratamentos. Desta forma, podemos observar que o fosfato precipitado RLT1 em 100% apresentou maior liberação de P ao final dos 180 DAA, indicando sua eficiência na liberação

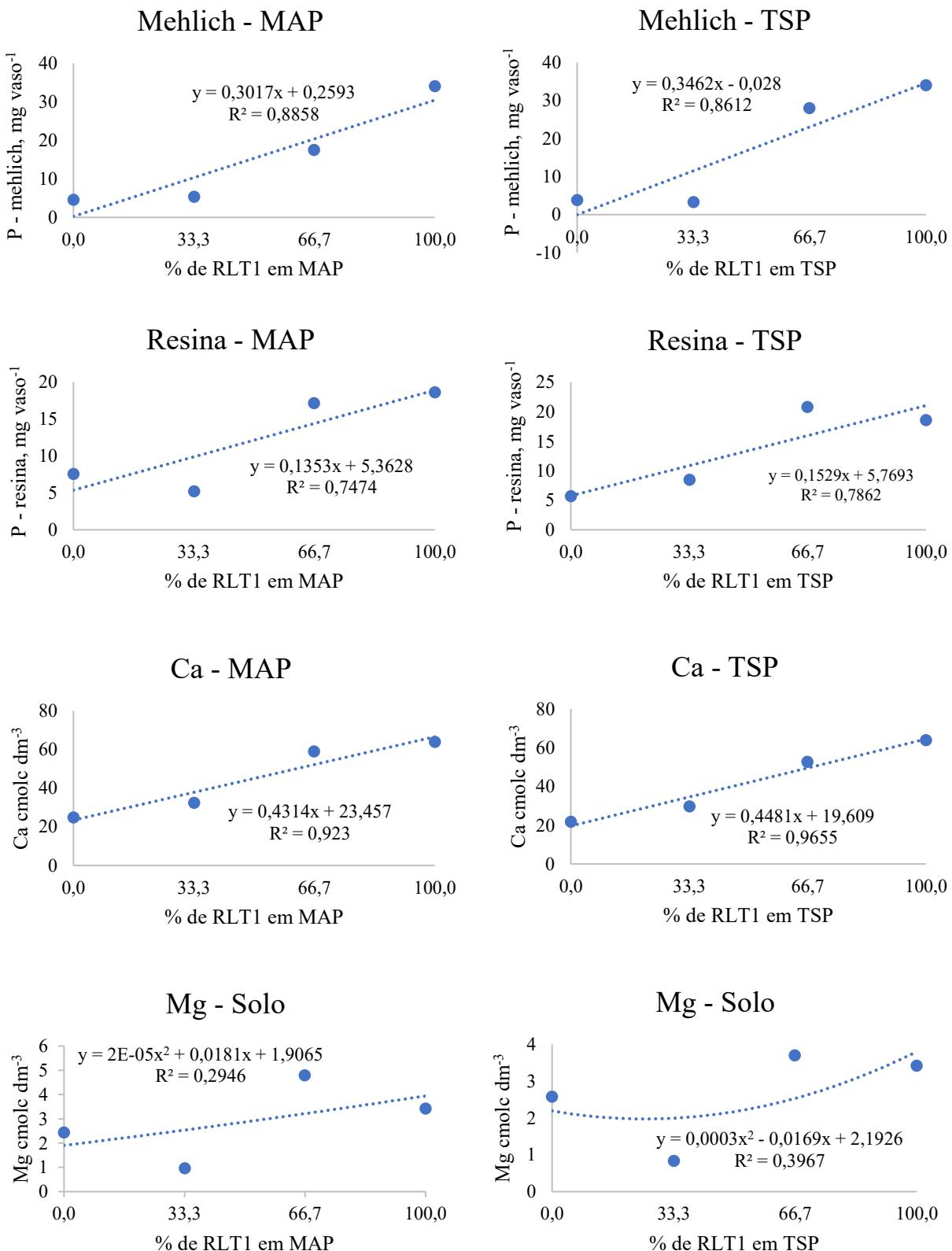
de P ao longo do tempo. Por outro lado, o uso de extrator ácido (Mehlich-1) pode mascarar os resultados, superestimando os teores de P na análise. Segundo Korndörfer et al. (1999), avaliando fosfatos naturais na cultura do milho, observou que o método da resina descreminou melhor o P disponível no solo.

Oliveira et al. (2012) ao avaliarem a eficiência de rejeito de rocha em feijão, observaram o poder residual dos fertilizantes de baixa solubilidade, cuja liberação de P ao solo ocorreu de maneira gradual, a longo do cultivo. A falta de resultados entre os tratamentos também pode ser justificada em função das características já que solos argilosos podem adsorver maiores quantidade de P, principalmente de fontes com maior solubilidade.

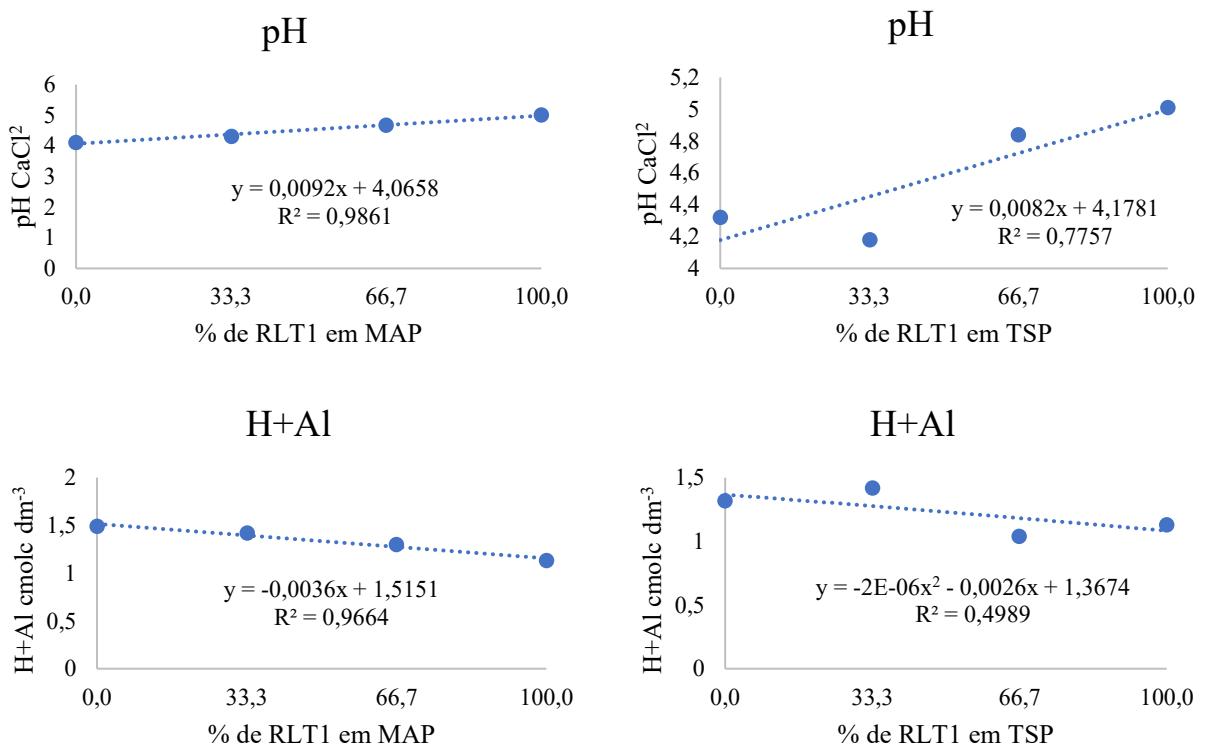
Outro fator que pode justificar as diferenças nos teores de P-Melich1 observados foi o pH do solo, com aumento quando se aplicou 100% de RLT1 em comparação ao controle (Tabela 12). Estudos demonstram que fosfatos naturais podem aumentar o pH do solo com o tempo, em função de sua reatividade. No processo de solubilização do P no solo, o fosfato reage com solo liberando P. Luchini (2008) observou que o uso de fosfato Arad em solos ácidos sem calagem, promoveu um leve aumento do pH dos solos, provavelmente devido a presença do carbonato de cálcio contido no fosfato.

No acúmulo de Ca, foi observada diferença de 25,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> em relação ao controle na dose de 66,6% de RLT1 em mistura com MAP (Tabela 12). Barbosa (2020) ao avaliar fosfatos reativo (Fosfato reativo, MAP, SS e TSP) na cultura da soja, obteve resultado superiores aos teores Ca disponível no solo com a fonte TSP. Isso pode ser explicado pelo fato de a fonte conter Ca em sua composição (7 a 12% de Ca) (MALAVOLTA, 1981).

Na análise de regressão para solo, foi observado que na medida que se aumentou a dose de RLT1, houve um acréscimo nos teores de (P) extraídos por Mehlich, em ambas as fontes (MAP e TSP) (Figura 11). Em relação aos teores de Ca, observou-se acréscimo com o aumento das doses de RLT1 em MAP e TSP (Figuras 11 e 12), assim como pH com o aumento das doses de RLT1 em MAP o que resultou na redução da acidez do solo (H<sup>+</sup>Al).



**Figura 11.** Análise de P (resina e Mehlich), cálcio e magnésio em função da aplicação de RLT1 em mistura com MAP e TSP em solo de textura argilosa (LVd).



**Figura 12.** Análise de pH e H+Al em função da aplicação de RLT1 em mistura com MAP e TSP em solo de textura argilosa.

Os resultados relacionados as doses de RLT1 nas fontes avaliadas reforçam o que foi dito anteriormente sobre o efeito residual deste fosfato na liberação de P no solo. Ou seja, o aumento de RLT1 (e consequentemente a redução da concentração de MAP e TSP na fonte) foi eficiente em elevar os teores de P em solo argiloso, independente do extrator utilizado (Figura 11). Os fosfatos acidulados como SFT e MAP podem apresentar eficiência mais baixa em solos argilosos em função das maiores perdas de P no solo que essas fontes apresentam por causa processos de adsorção ou fixação (HOROWITZ; MEURER, 2004; NOVAIS et al., 2007).

#### 4.2. Latossolo Vermelho Distrófico – RLT2

##### *Produção de Massa seca*

Em relação ao uso de RLT2 no Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), textura média, não foi observada diferença entre as fontes para produção de massa seca de braquiária. Ao comparar o controle com os demais tratamentos (em todos os cortes e acumulado), observou-se que aplicação de P independente da fonte e dose aumentou a produção de massa seca (Tabela 13).

**Tabela 13.** Médias de massa seca de três cultivos do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

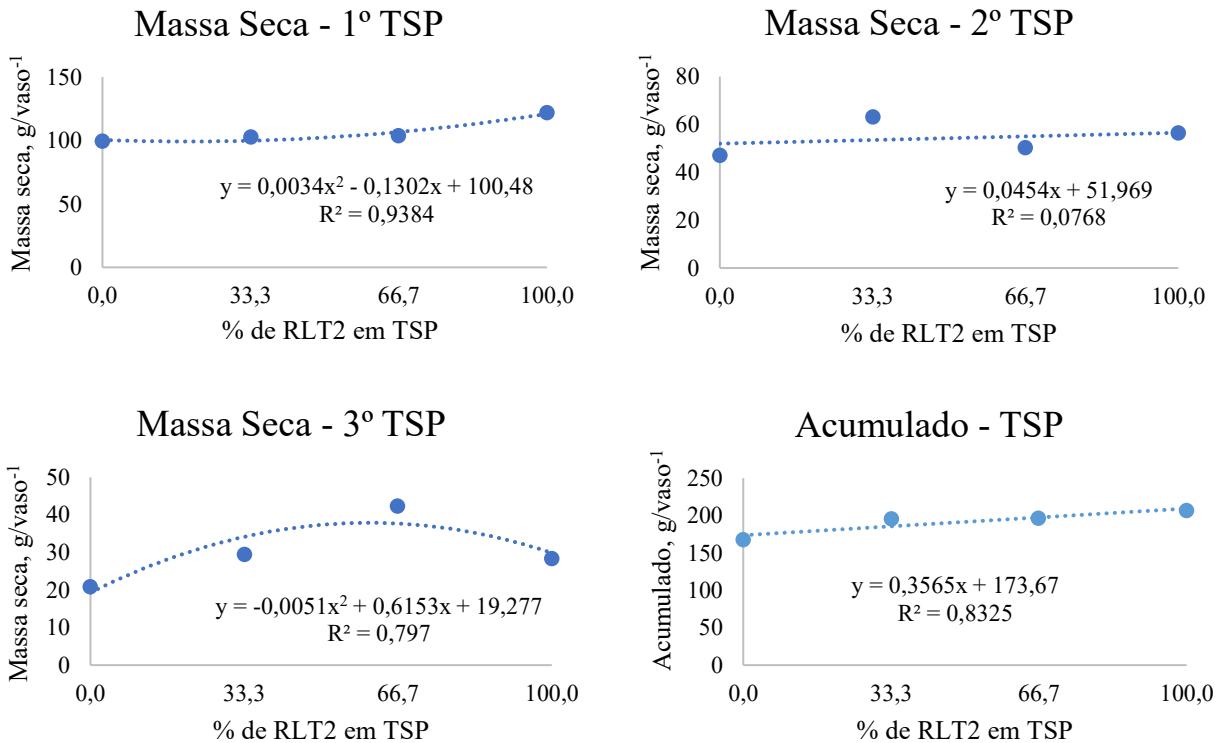
MASSA SECA							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	<i>g vaso<sup>-1</sup></i>				<i>g vaso<sup>-1</sup></i>		
Controle	1,4			Controle	2,5		
0	108,5*	99,5*	104,0	0	47,9*	47,1*	47,5
33,4	100,7*	102,8*	101,8	33,4	58,0*	63,1*	60,5
66,6	109,4*	103,8*	106,6	66,6	52,9*	50,3*	51,5
100	122,0*	122,0*	122,0	100	56,4*	56,4*	56,4
Média	110,2 A	107,0 A		Média	53,8 A	54,2 A	
	CV: 16,7				CV: 14,7		
	3º Cultivo						
% RLT2	Acumulado			% RLT2	<i>g vaso<sup>-1</sup></i>		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
Controle	1,7			Controle	5,55		
0	23,5*	20,8*	22,1	0%	179,9*	167,4*	173,7
33,4	30,4*	29,5*	26,9	33,4	189,0*	195,3*	192,1
66,6	35,7*	42,3*	39,0	66,6	197,9*	196,4*	197,2
100	28,3*	28,3*	28,3	100	206,7*	206,7*	206,7
Média	29,4 A	30,2 A		Média	193,4 A	191,4 A	
	CV:15,8				CV: 10,13		

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Ao avaliar o 1º cultivo, foi observado maior diferença em relação ao controle, nas doses de 100% de RLT2 em ambas as fontes (MAP e TSP). Mas no acumulado, a dose 66,6% de RLT2 em MAP, apresentou diferença de 192,42 g vaso<sup>-1</sup> na produção de massa seca, em relação ao tratamento controle (Tabela 13). Resultados diferentes foram observados por Reis (2020), onde a fonte TSP apresentou resultados superiores nos primeiros cortes para massa seca, porém, no quarto corte, os resultados nas duas fontes de fosfatos foram semelhantes. Já nos resultados de Nicchio (2014), a maioria das fontes alternativas de P aplicadas, apresentaram melhores resultados se comparados ao superfosfato triplo na produção de massa seca. Da mesma forma Sandim (2016) observou que a maior produção de massa seca ocorreu a partir do 2º corte, utilizando a fonte alternativa de fosfato precipitado (FP1), indicando ser uma fonte indicada para espécies de ciclo perene como pastagens.

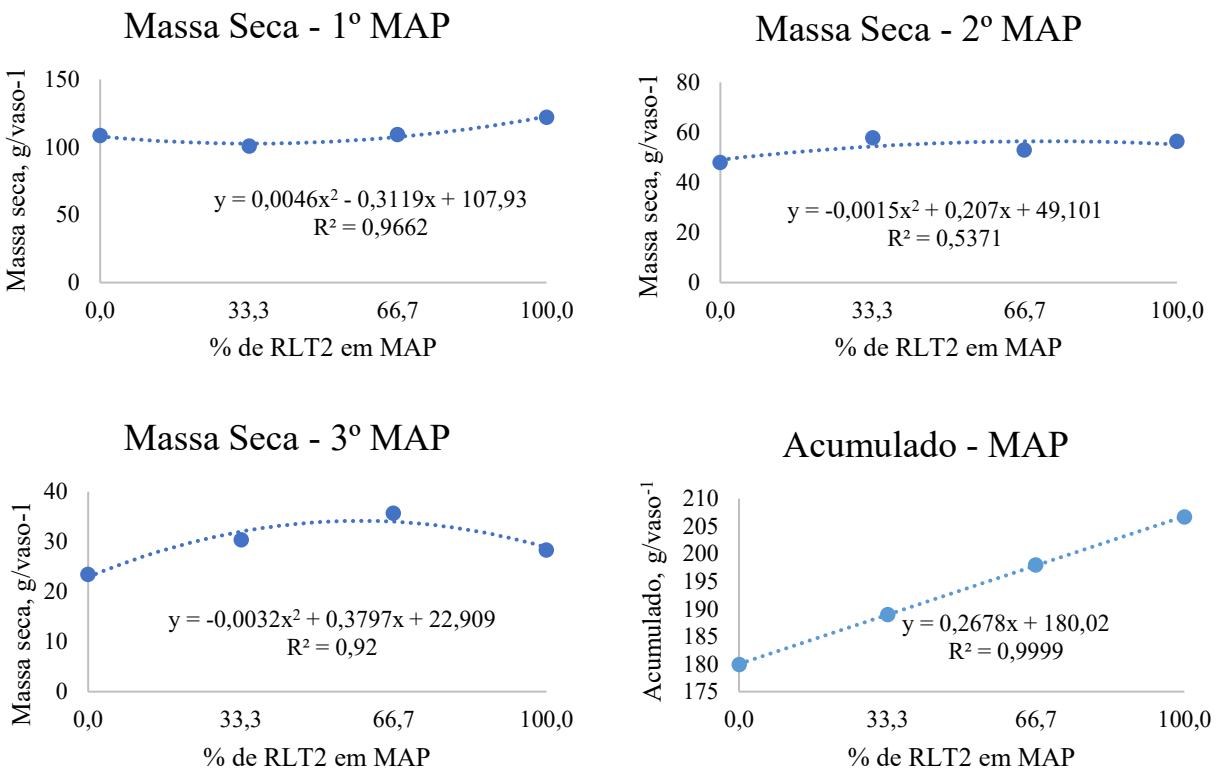
Observou-se acréscimo na produção de massa seca com aumento da concentração de RLT2 em MAP e TSP no primeiro corte e acumulado, na produção de massa seca capim-marandu (Figura 3 e 4).

Na análise de regressão em ambas as fontes, não houve acréscimo na produção de massas seca, com o aumento da concentração RLT1 em MAP e TSP, mas no terceiro corte pode-se observar redução na produção com o aumento da concentração de RLT2 (Figura 13 e 14). Este efeito pode ter ocorrido em função da adsorção do P no solo, diminuindo a disponibilidade do P para as plantas (PINTO, 2012).



**Figura 13.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 associado ao TSP em solo de textura argilosa (LVd).

Nicchio (2015), observou que a aplicação das fontes fosfato decantado, fosfato precipitado e fosfato acidulado parcialmente calcinado, apresentaram maiores concentração de P e em relação ao TSP, o que resultou em maior produção de massa seca após 35 dias da aplicação dessas fontes na cultura de milho. Já César (2016) observou resultados intermediários no acúmulo de P na massa seca de milho quando utilizou o fosfato natural de alta reatividade em associação com MAP.



**Figura 14.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 associado ao MAP em solo de textura argilosa (LVd).

#### **Teores de P, Ca e Mg na planta**

Em relação ao teor de P na planta, foi observada diferença significativa entre as fontes, no 1º e 3º cultivo. No 1º cultivo os teores de P foram maiores com MAP nas doses de 66,6% e 33,4% de RLT2, respectivamente (Tabela 14). Mas no 3º cultivo com a dose 33,4% de RLT2, o TSP foi melhor que o MAP.

Para o acumulado, o teor de P foi maior no tratamento com MAP na dose de 33,3% de RLT2. Quando comparado o controle aos demais tratamentos observou diferença significativa em todos os cultivos (Tabela 14).

Os resultados observados por Souza et al. (2020), foram semelhantes, onde a adubação fosfatada, independente da fonte e mistura propiciou incremento no capim Mombaça.

**Tabela 14.** Teor de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

P - Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP g kg <sup>-1</sup>	Média		MAP	TSP g kg <sup>-1</sup>	Média
Controle	0,3			Controle	0,45		
0	1,1* A	1,1* A	1,1	0	0,7	0,7	0,7
33,4	1,4* A	1,0* B	1,2	33,4	1,0*	0,8*	0,9
66,6	1,6* A	1,1* B	1,4	66,6	0,9*	0,9*	1,0
100	1,5* A	1,5* A	1,5	100	0,7	0,7	0,7
Média	1,4	1,2		Média	0,8 A	0,8 A	
	CV: 15,7				CV: 24,81		
3º Cultivo							
% RLT2	MAP	TSP g kg <sup>-1</sup>	Média				
Controle	0,38						
0	1,3 A	2,3* A	1,8				
33,4	1,1 B	2,2* A	1,6				
66,6	1,4 A	2,0* A	1,7				
100	1,4 A	1,4 A	1,4				
Média	1,3	2,0					
	CV: 42,9						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Francisquini Junior (2019) observou em trabalho com Mombaça, que o fertilizante de fosfato natural bayóvar, acabou produzindo mais do que o TSP, fato este que pode ser explicado pela liberação gradativa da fonte natural.

Realizando estudos com fontes de P (TSP, Fosfato Arad e Araxá) individualmente e em mistura na Brachiaria brizantha, Costa (2008) observou influência nos teores de P foliar, pelas fontes de maior solubilidade. Oliveira et al. (2012b), obteve resultados semelhantes, onde o super fosfato simples apresentou maior teor de P foliar do que o fosfato natural Arad.

Com relação ao acúmulo de P na parte aérea da planta observou-se diferenças significativas entre as fontes no 3º cultivo com tratamento 66,6% de RLT2 em MAP, com diferença de 67,15 mg por vaso da fonte TSP. Além disso, houve diferença quando comparado o controle aos demais tratamentos em ambas as fontes, nos três cultivos e acumulado (Tabela 15).

**Tabela 15.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

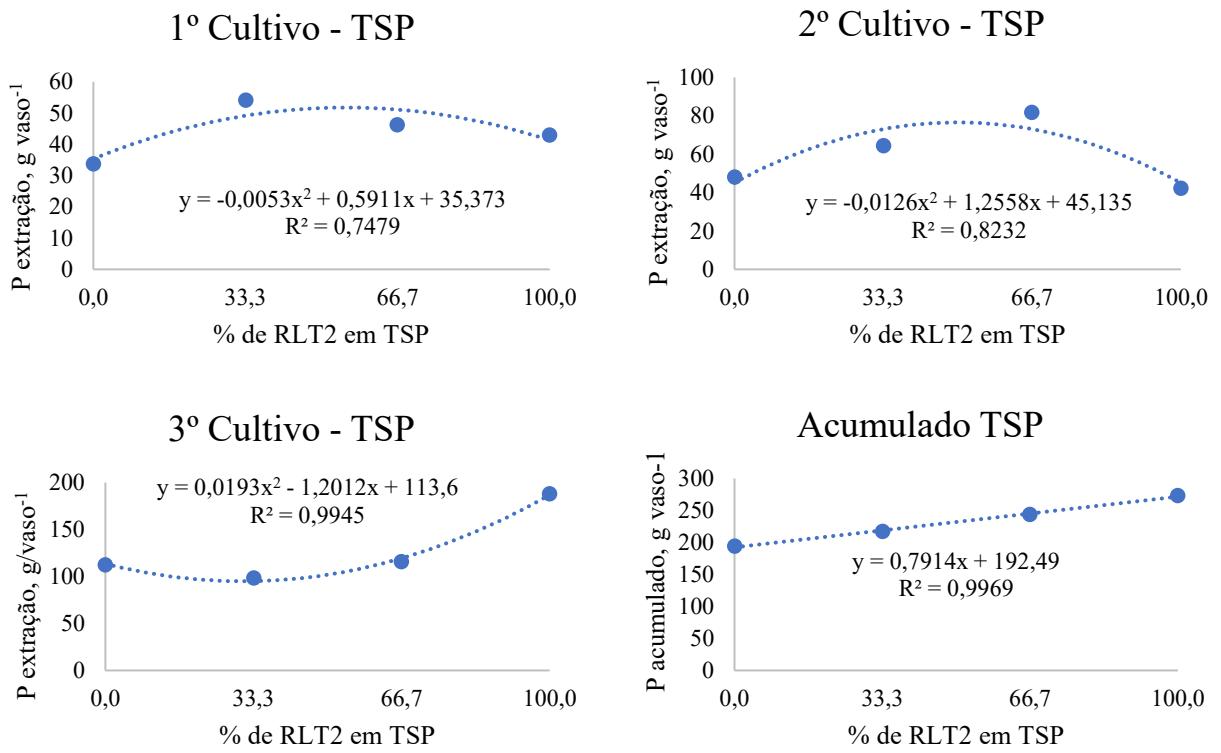
P - Acúmulo Planta							
% RLT2	1º Cultivo			2º Cultivo			Média
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	
	mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>			
Controle	1,18			Controle	0,65		
0	31,9*	33,7*	32,8	0	31,8	48,0*	39,9
33,4	56,2*	54,1*	55,2	33,4	33,2	64,4*	48,8
66,6	46,7*	46,2*	46,4	66,6	51,1*	81,7*	66,4
100	42,9*	42,9*	42,9	100	42,2	42,2	42,2
Média	44,4 A	44,2 A	Média		39,6 A	59,1 A	
	CV: 28,85			CV: 45,2			
3º Cultivo							
% RLT2	Acumulado			Média			Média
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	
	mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>			
Controle	0,4			Controle	2,3		
0	124,2* A	112,4* A	118,3	0	187,9*	194,2*	191,0
33,4	136,6* A	98,5* A	117,5	33,4	226,0*	216,9*	221,5
66,6	181,7* A	115,9* B	148,8	66,6	279,4*	243,8*	261,6
100	188,0* A	188,0* A	188,0	100	273,1*	273,1*	273,1
Média	128,7	157,6	Média		241,6 A	232,0 A	
	CV: 23,1			CV: 22,0			

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

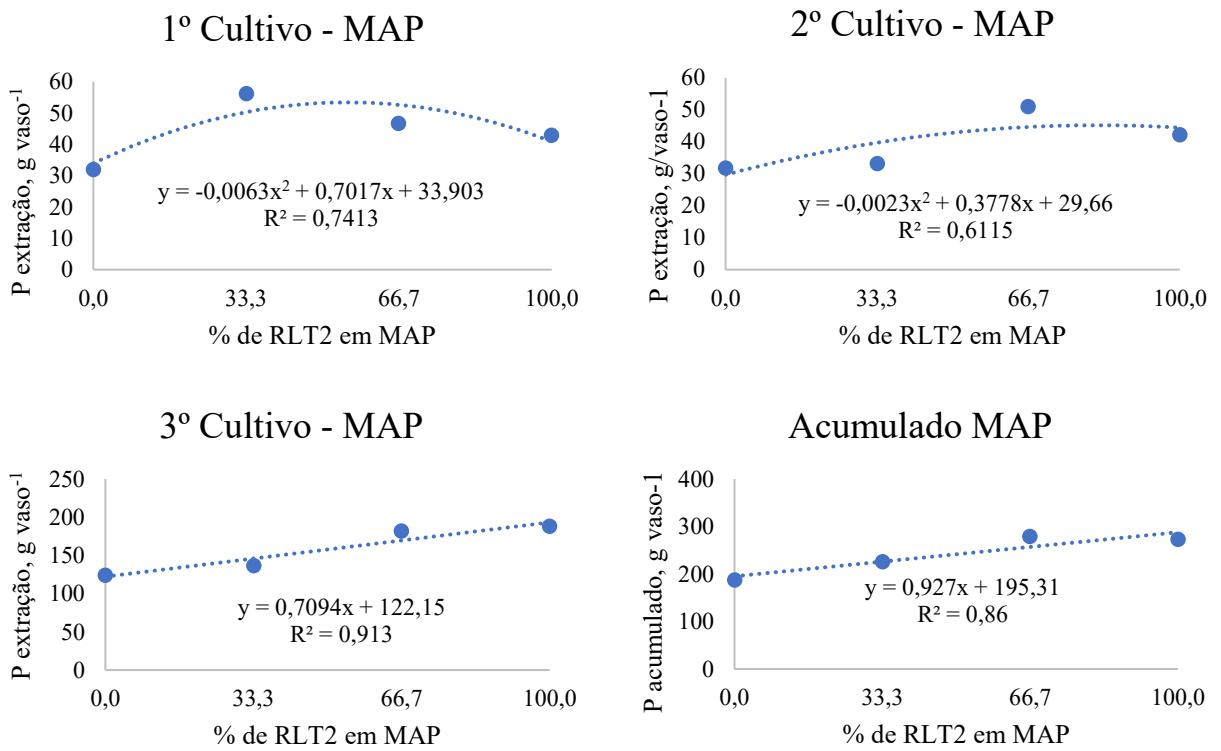
O acumulado dos três cultivos obteve diferença na dose 66,6% de RLT2 em MAP com diferença de 277,16 mg por vaso quando comparado ao controle. Foi observado incrementos nos teores de P em todos os cultivos independente da fonte, onde todos os tratamentos apresentaram valores maiores ao tratamento controle (Tabela 15).

César (2016) observou resultados intermediários para acúmulo de P em milho com o uso de FN de alta reatividade + MAP. Já Nicchio (2018) observou acúmulo de P aos 100 daa, utilizando as fontes TSP e MAP em relação ao controle. Do mesmo modo Franzini et al. (2009) avaliando fontes do fósforo em milho e soja, observou que o TSP proporcionou maior acúmulo P nas plantas.

Na análise de regressão observou-se que até a concentração de 33,3% RLT2 houve um acréscimo no acúmulo de P, mas, com o aumento da concentração RLT2, houve uma queda na extração no 1º cultivo em ambas as fontes.



**Figura 15.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao TSP em solo de textura argilosa.



**Figura 16.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP em solo de textura argilosa.

No 2º cultivo houve acréscimo na extração até a dose de 66,7% de RLT2 em TSP, depois com o aumento da dose houve decréscimo na extração P. Já o 3º cultivo o acúmulo de P foi crescente com o aumento das doses de RLT2 em mistura com MAP e TSP (Figuras 15 e 16). Os resultados de Francisquini Junior (2019), apresentaram interação significativa para P no primeiro corte de Mombaça, com as fontes TSP e Bayóvar. Harger et al. (2007) observaram que os teores de P das plantas de milho sempre foram maiores quando se utilizou o TSP, isso pode estar associado à maior velocidade de liberação dos nutrientes pelo fosfato solúvel, diminuindo o efeito da competição solo/planta. Segundo Novais e Smyth (1999), a fixação do P pelos coloides do solo se dá de forma preferencial.

A aplicação das fontes de P com RLT2 não influenciaram as concentrações de Ca na planta nos três cultivos. As diferenças foram observadas somente comparando os tratamentos ao controle no 1º cultivo (Tabela 16).

**Tabela 16.** Teor de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

% RLT2	Ca - Planta				% RLT2	2º Cultivo			
	1º Cultivo			Média		2º Cultivo			
	MAP	TSP	$\text{g kg}^{-1}$	Média		MAP	TSP	$\text{g kg}^{-1}$	Média
Controle	6,1				Controle	6,6			
0	4,8	4,7	4,7	4,7	0	5,8	4,6	5,2	
33,4	3,3*	3,4*	3,4	3,4	33,4	4,2	7,7	6,0	
66,6	3,7*	2,8*	3,2	3,2	66,6	8,8	12,2	10,5	
100	3,4*	3,4*	3,4	3,4	100	5,0	5,0	5,0	
Média	3,8 A	3,6 A			Média	6,0 A	7,4 A		
	CV: 26,6					CV: 46,3			
3º Cultivo									
% RLT2	MAP	TSP	$\text{g kg}^{-1}$	Média					
Controle	6,04								
0	7,4	8,5	8,0						
33,4	6,2	7,5	6,8						
66,6	8,5	5,8	7,2						
100	9,6	9,6	9,6						
Média	7,9 A	7,9 A							
	CV: 26,4								

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Na comparação com o controle, foram observadas diferenças no 1º cultivo, em ambas as fontes (MAP e TSP) que foram misturadas com doses de 33,4, 66,6 e 100% de RLT2 (Tabela 16). De modo contrário, Souza et al. (2020), observaram diferenças somente no 2º

corte com a fonte TPS em mistura com Yoorin Master. Já os resultados observados por Reis (2020), demonstraram que não houve diferença significativa no 2º e 3º corte, para as fontes e doses P utilizadas (TSP, FNR Gafsa).

No acúmulo de Ca, não houve diferença entre as fontes em nenhum dos cultivos e acumulado. Foi observado diferença os três cultivos e acumulado, quando comparado os tratamentos ao controle (Tabela 17).

**Tabela 17.** Acúmulo de Ca na planta da parte aérea de três cultivos e em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

Ca - Acúmulo Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	14,23			Controle	10,12		
0	273,5	215,1	244,3	0	171,7*	184,9*	178,3
33,4	249,9	485,1*	367,5	33,4	182,9*	219,6*	201,2
66,6	463,7*	616,7*	540,2	66,6	311,4*	247,4*	279,4
100	286,4	286,4	286,4	100	269,8*	269,8*	269,8
Média	318,4 A	400,9 A		Média	233,9 A	230,4 A	
	CV: 49,5				CV: 34,6		
	3º Cultivo						
% RLT2	Acumulado			% RLT2	Média		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	8,68			Controle	33,0		
0	528,0*	465,4*	496,7	0%	973,2*	865,5*	919,3
33,4	333,9*	356,4*	345,2	33,4	1390,5*	966,0*	913,9
66,6	402,9*	306,9	354,9	66,6	550,7*	801,0*	1174,5
100	435,4*	435,4*	435,4	100	727,1*	727,1*	991,6
Média	425,0 A	391,0 A		Média	977,3 A	1022,3 A	
	CV: 39,3				CV: 23,2		

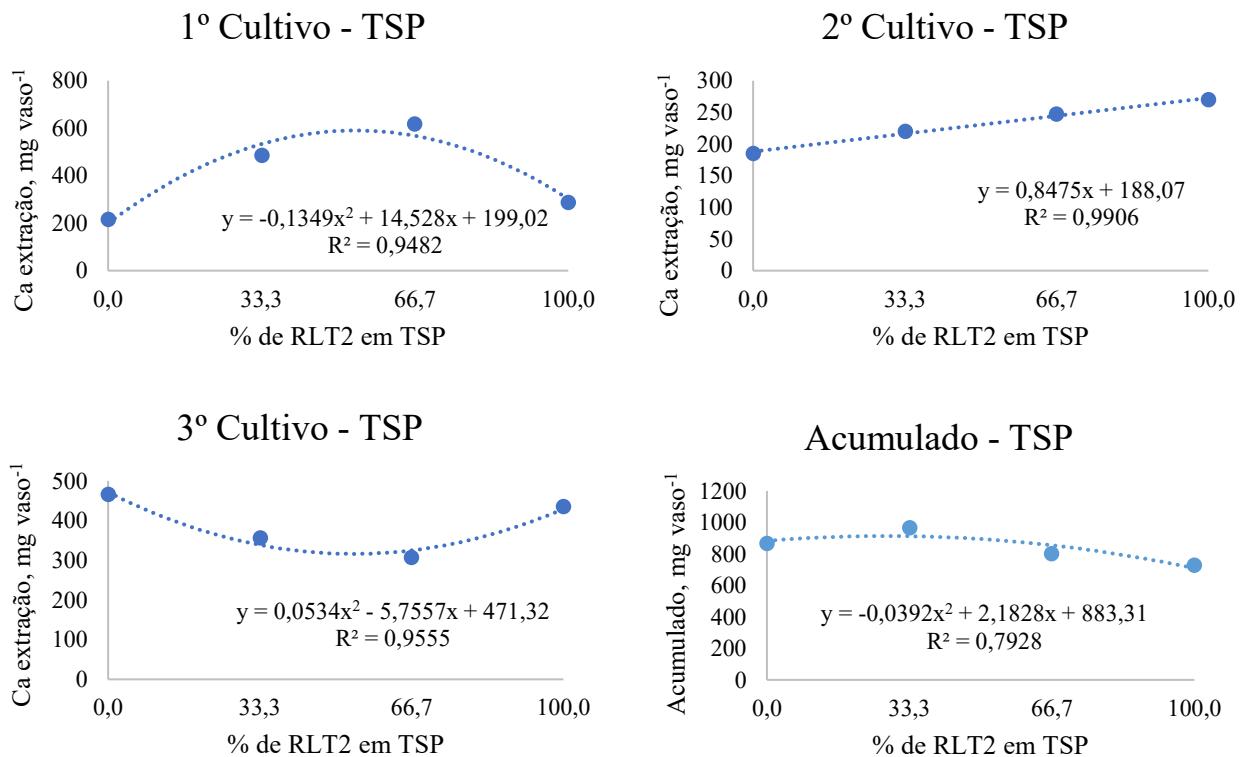
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Quando comparado os tratamentos ao controle, todas as doses no 2º cultivo obtiveram diferença significativa. Contudo, o maior teor de Ca extraído obtido, foi de 616,72 mg kg<sup>-1</sup> no 1º cultivo na dose de 66,6% de RLT2 com TSP, diferença de 602,49 mg kg<sup>-1</sup> em relação ao controle (Tabela 17). Resultados semelhantes foram observados por Nicchio (2018), onde as concentrações foliares de P, Ca e Mg não foram influenciadas pela aplicação dos fertilizantes fosfatados.

Na análise de regressão, no 1º cultivo houve acréscimo do acúmulo de Ca até o tratamento com 66,7% de RLT2 em TSP, no entanto com o aumento da dose de RLT2, notou-

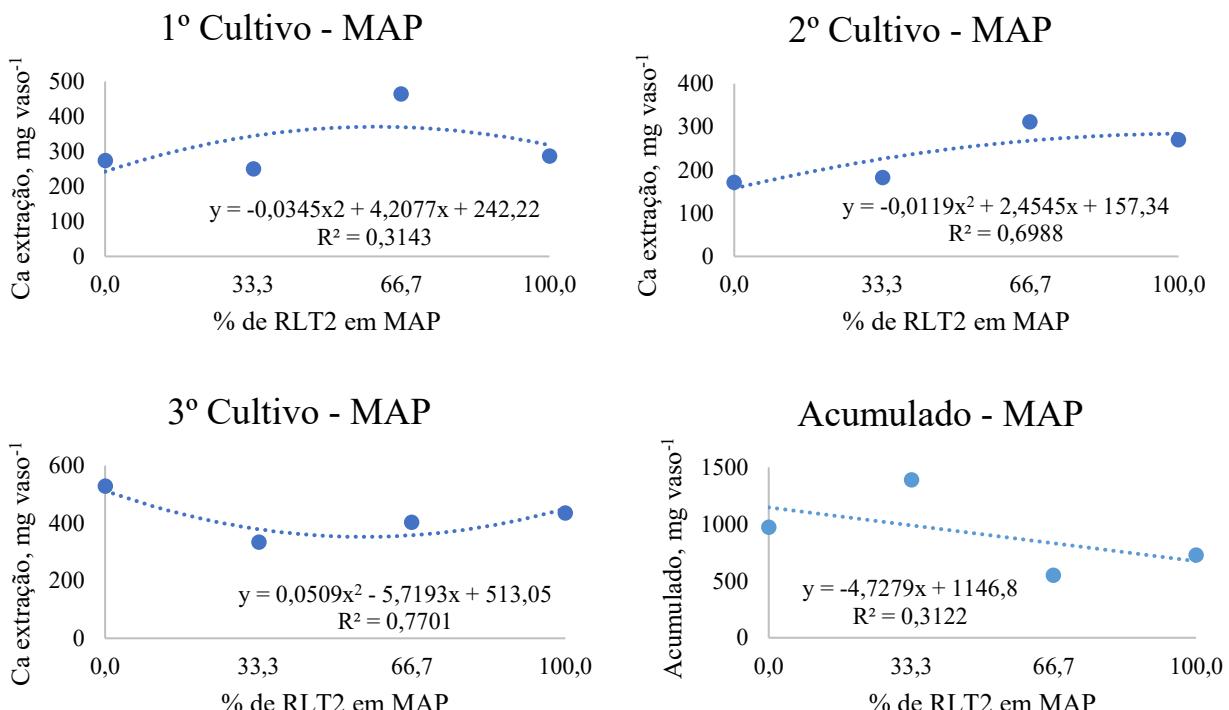
se o decréscimo na extração Ca pela braquiária. Contudo, no 2º cultivo foi observado acréscimo do acúmulo de Ca com o aumento da dose de RLT2 (Figura 17).

Magnanti (2005) avaliando o desempenho do fosfato natural em comparação ao TSP em pastagem, observou que os teores de Ca foram promovidos pela calagem, demonstrando a efetividade da calagem em disponibilizar Ca a pastagem.



**Figura 17.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao TSP em solo de textura argilosa.

Trabalho realizado por Nicchio (2015), avaliando a eficiência de fontes alternativas de fósforo observou que o fosfato decantado e o fosfato acidulado parcialmente calcinado, nas doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, proporcionaram através da sua aplicação maior acúmulo de Ca por plantas milho no primeiro cultivo. O autor explicar que isso pode ter ocorrido devido à maior concentração de Ca e maior produção de massa seca em plantas de milho.



**Figura 18.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP em solo de textura argilosa.

**Tabela 18.** Teor de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

Mg - Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	$\text{g kg}^{-1}$				$\text{g kg}^{-1}$		
Controle	5,1			Controle	1,9		
0	8,0	8,1	8,0	0	4,0	3,1	3,6
33,4	5,5	4,9	5,2	33,4	3,3	2,8	3,1
66,6	5,3	5,5	5,4	66,6	2,9	2,8	2,9
100	4,8	4,8	4,8	100	2,9	2,9	2,9
Média	5,9 A	5,8 A		Média	3,0 A	2,9 A	
	CV: 45,8				CV: 36,		
3º Cultivo							
% RLT2	MAP	TSP	Média				
	$\text{g kg}^{-1}$						
Controle	1,2						
0	2,7	2,6	2,6				
33,4	3,8	4,9*	4,3				
66,6	3,3	3,6	3,5				
100	3,8	3,8	3,8				
Média	3,4 A	3,7 A					
	CV: 41,3						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Ao avaliar os teores de Mg na planta, não houve diferença significativa entre as fontes em nenhum dos cultivos (Tabela 18). Os resultados observados nessa variável são semelhantes aos observado por Nicchio (2014), onde as concentrações foliares de Mg não foram influenciadas pela aplicação dos fertilizantes fosfatados.

No 3º cultivo, o tratamento com 33,4% de RLT2 em TSP, apresentou diferença de 3,69 g kg<sup>-1</sup> quando comparado ao controle. Os resultados observados diferem dos observados por Souza et al. (2020), ao avaliar fosfatos em capim Mombaça, onde o 2º corte apresentou diferença entre os tratamentos e elevação nos teores de Mg nas folhas com as misturas das fontes TSP e fosfato natural (YR).

Não houve diferença entre as fontes, em relação ao acúmulo de Mg, em nenhum dos cultivos. Todavia quando comparado os tratamentos RLT2, MAP e TSF e o tratamento controle, observou-se diferença nos três cultivos (Tabela 19).

**Tabela 19.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura argilosa (LVd).

Mg - Acúmulo Planta										
% RLT2	1º Cultivo			2º Cultivo						
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média			
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>					
Controle	5,0			Controle	2,1					
0%	183,7*	137,8*	160,8	0%	63,0	57,8	60,4			
33,4	192,8*	175,4*	184,1	33,4	109,7*	143,4*	126,6			
66,6	153,6*	141,1*	147,4	66,6	122,4*	154,4*	138,4			
100	167,1*	167,1*	167,1	100	108,6*	108,6*	108,6			
Média	174,3 A	155,4 A		Média	100,9 A	116,0 A				
					CV: 45,1					
3º Cultivo										
% RLT2	Acumulado									
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média			
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>					
Controle	5,0			Controle	12,1					
0%	871,7*	806,7*	839,2	0%	1118,4*	1002,3*	1060,4			
33,4	556,5	520,6	538,5	33,4	858,9*	839,4*	849,2			
66,6	583,2	589,7	586,4	66,6	859,2*	885,1*	872,1			
100	645,7	645,7	645,7	100	912,4*	921,4*	921,4			
Média	664,3 A	640,7 A		Média	939,5 A	912,10 A				
					CV: 58,8					
					CV: 49,45					

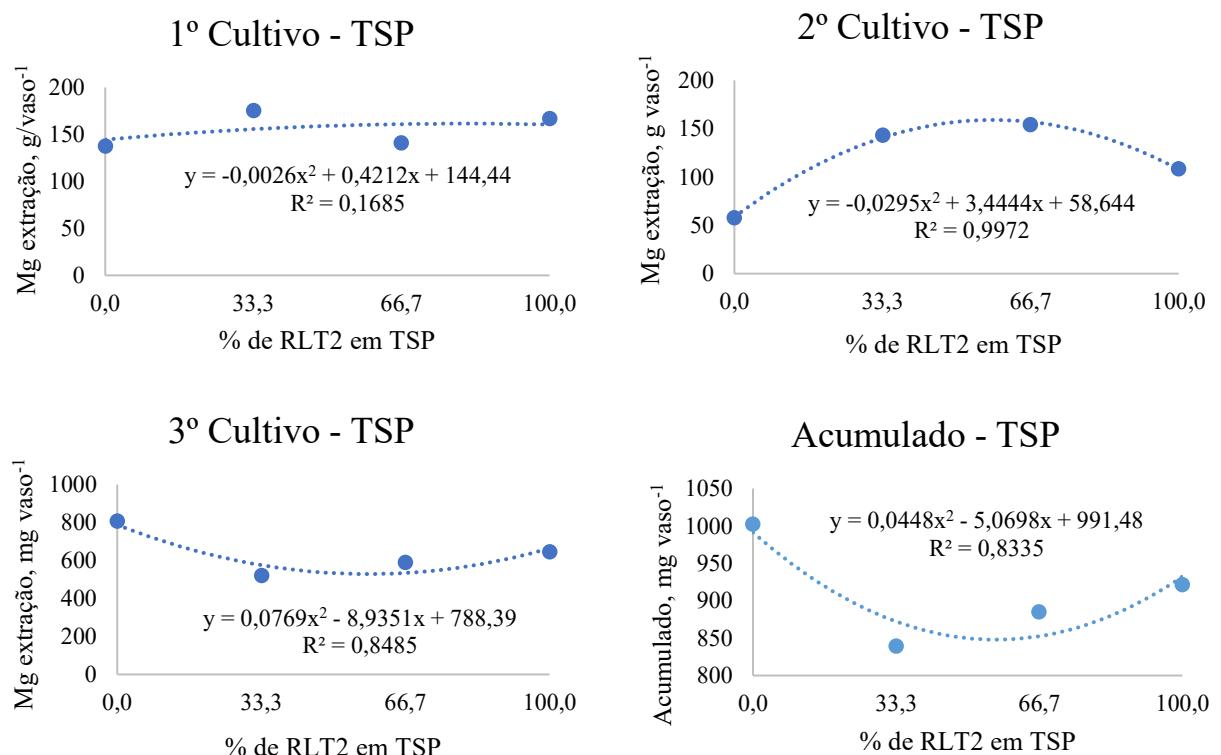
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Todos os tratamentos no 1º cultivo obtiveram diferença em comparação ao controle. Mas, no 3º cultivo na dose 0% de RLT2 em MAP, observou-se diferença de 866,72 mg kg<sup>-1</sup>

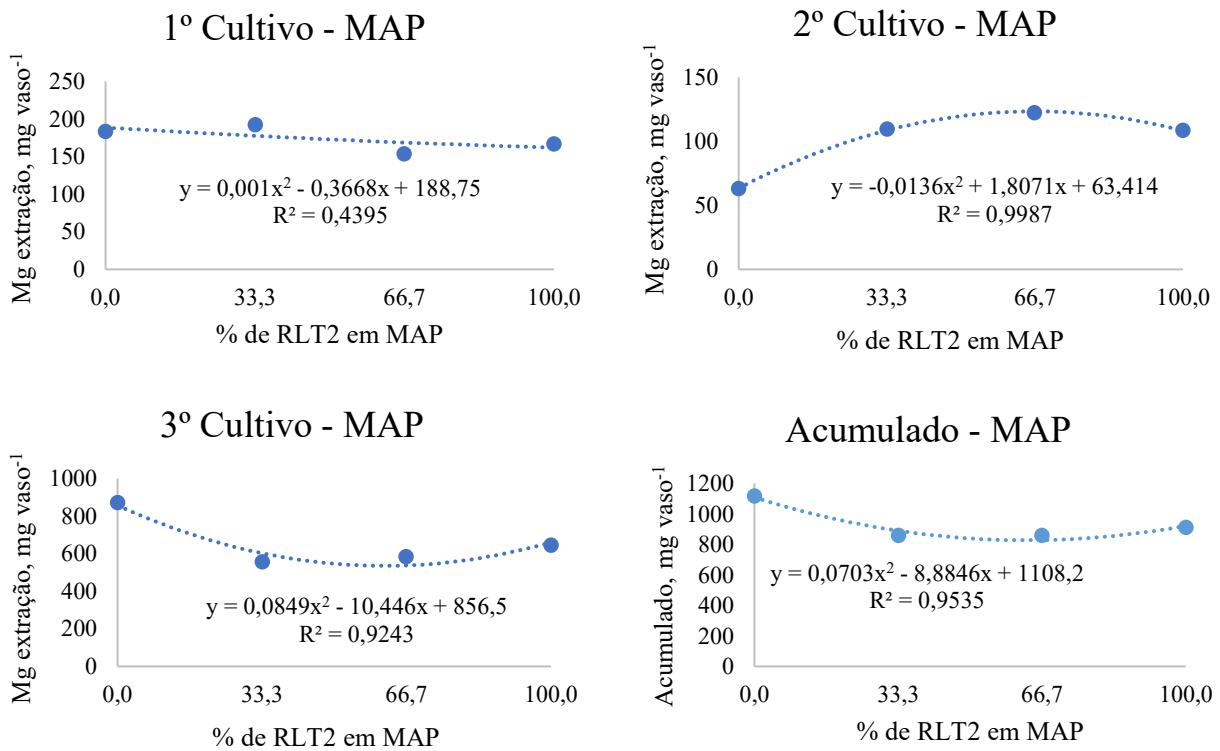
por vaso na extração Mg em braquiária quando comparado com o controle (Tabela 19). Assim como observado no acúmulo de Ca, a calagem promoveu um efeito positivo nos teores que de Mg em estudos avaliados por Magnanti (2005).

Em relação ao 2º cultivo observou-se curva com acréscimo de acúmulo de Mg até o tratamento com 66,7% de RLT2 em MAP e TSP, contudo com o aumento da dose de RLT2, houve o decréscimo na extração Mg (Figura 19 e 20).

Ao avaliar o 3º cultivo, ambas as fontes (MAP e TSP), apresentaram curvas decrescentes, do mesmo modo até 66,7% com aumento até 100% de RLT2.



**Figura 19.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao TSP em solo de textura argilosa.



**Figura 20.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP em solo de textura argilosa.

### **Elementos no solo**

Para a análise de solo, foi observado diferença significativa entre as fontes para pH em CaCl<sup>2</sup> na dose de 66,6% de RLT2. Ao comparar os tratamentos com o controle foi observado diferença nos teores de P-Melich e Mg (Tabela 20).

Com relação ao teor de P no extrator Mehlich-1, o tratamento 66,6% de RLT2 em TSP, apresentou uma diferença de 19,44 mg dm<sup>-3</sup> no teor de P em comparação o controle. O mesmo tratamento apresentou redução do pH do solo, provavelmente causado pela acidez do granulo do TSP (~pH 3,5) (Tabela 20).

Resultados diferentes foram observados por Reis (2020), onde verificou-se diferença significativa pelo Teste Tukey entre as fontes, com teores superiores de P no solo para fonte fosfato natural de Gafsa.

**Tabela 20.** Teores de P (extrator mehlich-1 e resina), Ca, Mg, H+Al e pH após três cultivos de braquiária em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP 180 dias em solo de textura argilosa.

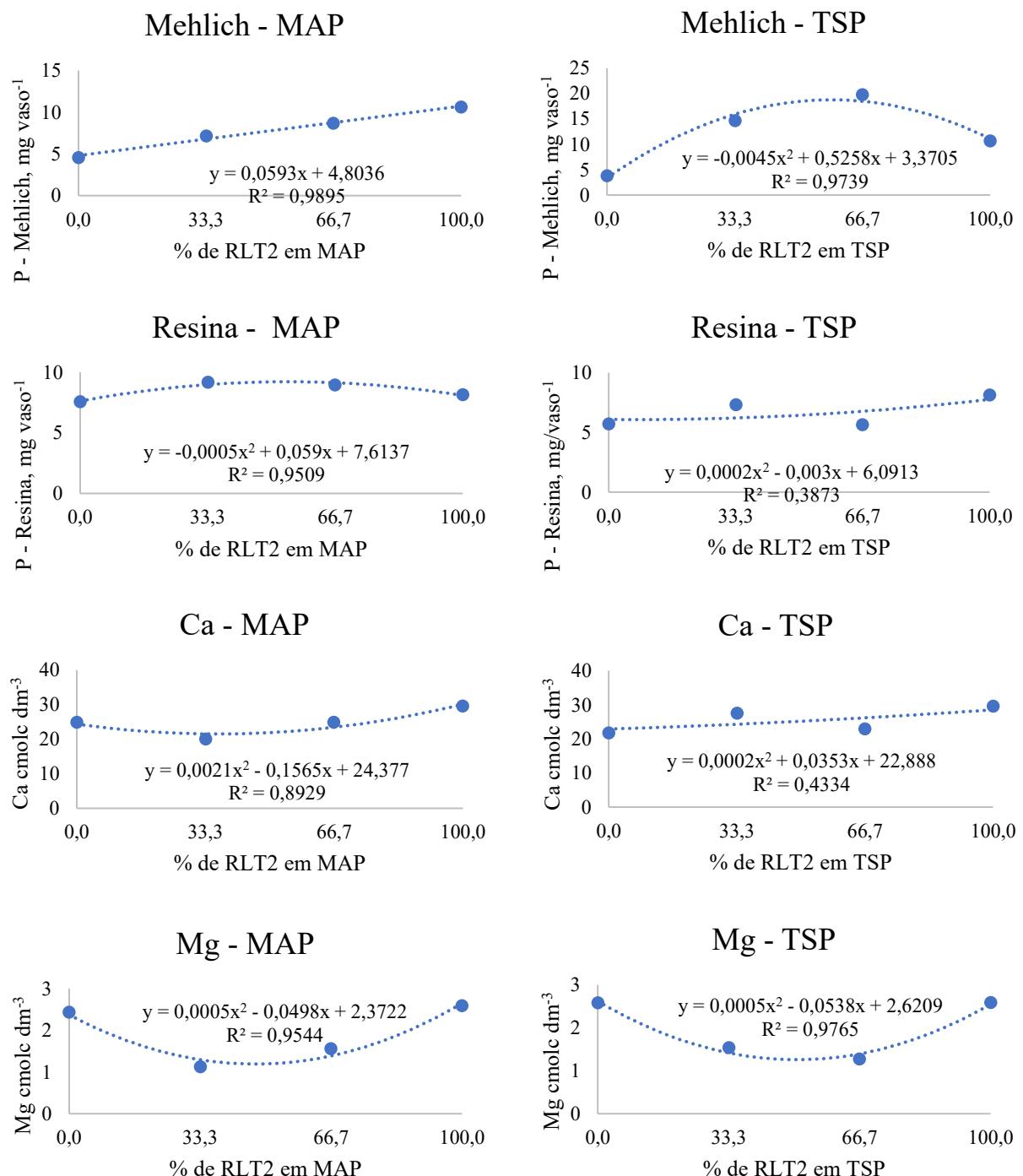
Análise de Solo											
% RLT2	P - Mehlich			P - Resina			pH				
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média
	mg dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>			CaCl <sup>2</sup>				
Controle	0,30			Controle	11,0			Controle	4,23		
0	4,6	3,79	4,2	0	7,5	5,	6,6	0	4,1 A	4,3 A	4,2
33,4	7,2	14,7	10,9	33,4	9,2	7,3	8,2	33,4	3,9 A	4,0 A	4,0
66,6	8,7	19,7*	14,2	66,6	8,9	5,6	7,3	66,6	5,0 A	4,1* B	4,4
100	10,6	10,6	10,6	100	8,1	8,1	8,1	100	4,2 A	4,2 A	4,2
Média	7,8 A	12,2 A		Média	8,4 A	6,7 A		Média	4,2	4,2	
	CV: 114,0			CV: 76,9			CV: 6,67				
Ca - Solo											
% RLT2	Mg - Solo			H+Al							
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média
	cmolc dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>				
Controle	33,7			Controle	7,5			Controle	1,42		
0	24,9	21,8	23,3	0	2,4*	2,6*	2,5	0	1,5	1,3	1,4
33,4	20,0	27,5	23,8	33,4	1,1*	1,5*	1,3	33,4	1,4	1,4	1,4
66,6	24,9	22,9	23,9	66,6	1,6	1,3*	1,4	66,6	1,2	1,3	1,2
100	29,6	29,6	29,6	100	2,6*	2,6*	2,6	100	1,5	1,5	1,5
Média	24,9 A	25,5 A		Média	1,9 A	2,0 A		Média	1,4 A	1,4 A	
	CV: 25,1			CV: 81,1			CV: 17,8				

CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

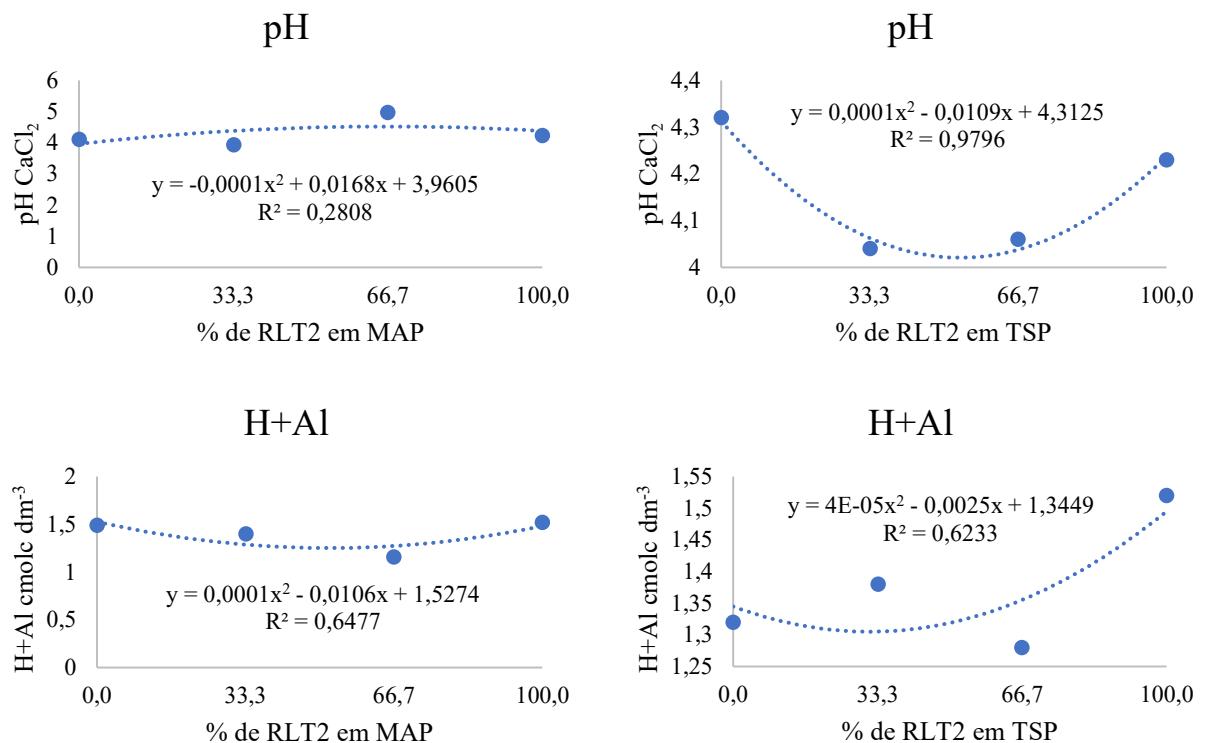
Resultados diferentes foram observados por Reis (2020), onde verificou-se diferença significativa pelo Teste Tukey entre as fontes, com teores superiores de P no solo para fonte fosfato natural de Gafsa. Já Sousa e Lobato (2003) asseguram que o teor de P considerado adequado no solo para plantas forrageiras devem estar acima de 8 mg dm<sup>-3</sup> e para espécies exigentes acima de 11 mg dm<sup>-3</sup> (P-resina). Desta forma podemos observar que os teores P-resina em MAP, estão dentro do esperado e que extrator Mehlich-1 pode estar superestimando os teores de P na análise. Korndörfer et al. (1999) observaram que a avaliação do P disponível no solo foi melhor representada pelo método comparado com o método Mehlich-1. A falta de diferenças significativas entre os tratamentos para variável P no solo, pode ser justificada pelo alto coeficiente de variação observado.

Foi observada diferença no acúmulo de Mg, onde o controle obteve maior teor em relação a todos os tratamentos com RLT2 em mistura com as fontes (MAP e TSP). Para os teores de pH em CaCl<sub>2</sub>, foi observada diferença significativa na dose de 66,6% de RLT2 em MAP (Tabela 20). Em relação ao Ca, houve redução nos teores na dose de 33,3% RLT2 em MAP, contudo a partir da dose de 66,7% de RLT2, ocorreu uma elevação nos teores de Ca com o aumento das doses RLT2. Oliveira Filho et al. (2018) não observou diferença significativa nos teores de cálcio no solo adubado com diferentes doses de TSP. Semelhante

ao observado nos teores de Ca, ocorreu com os teores de Mg, obtendo acréscimos a partir da dose de 66,7% de RLT2 em MAP. Na análise de regressão foi observado que na medida que aumentou a dose de RLT2, houve acréscimo nos teores de (P) extraídos por Mehlich, em MAP, por outro lado, o acúmulo de P com a fonte TSP, obteve acréscimos até a dose de 66,7% de RLT2. Já no extrator Resina, houve acréscimo nos teores de P no solo, somente até a dose de 33,3% de RLT2 em MAP (Figura 21).



**Figura 21.** Análise de P (resina e Mehlich) e cálcio em função da aplicação de RLT2 em mistura com MAP e TSP em solo de textura argilosa (LVd).



**Figura 22.** Análise de pH e H+Al em função da aplicação de RLT2 em mistura com MAP e TSP em solo de textura argilosa.

Os resultados das doses de RLT2 nas fontes avaliadas demostram o efeito residual deste fosfato na liberação de P no solo. O aumento de RLT2 foi eficiente em elevar os teores de P em solo argiloso, no extrator Mehlich-1 (Figura 21). Reis (2020), também observou que em relação às doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizadas houve aumento do teor de fósforo no solo conforme houve aumento da dose aplicada para ambas as fontes, Fosfato natural de Gafsa e superfosfato triplo. Guedes et al. (2009) evidenciaram que fontes de P menos solúveis como os fosfatos naturais, tem menor eficiência em curto prazo do que os fosfatos mais solúveis. Mas que podem apresentar um efeito residual maior a longo prazo.

#### 4.3. Latossolo Vermelho Distrófico típico – RLT1

##### *Produção de Massa seca*

Ao avaliar a produção de massa seca em Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt), foram observadas diferenças significativas entre as fontes, no 1º e 2º cultivo assim como no acumulado (soma dos três cultivos). Comparando o controle aos demais tratamentos (em

todos os cortes e acumulado) verificou-se que aplicação de P independente da fonte e dose houve aumento na produção de massa seca (Tabela 21).

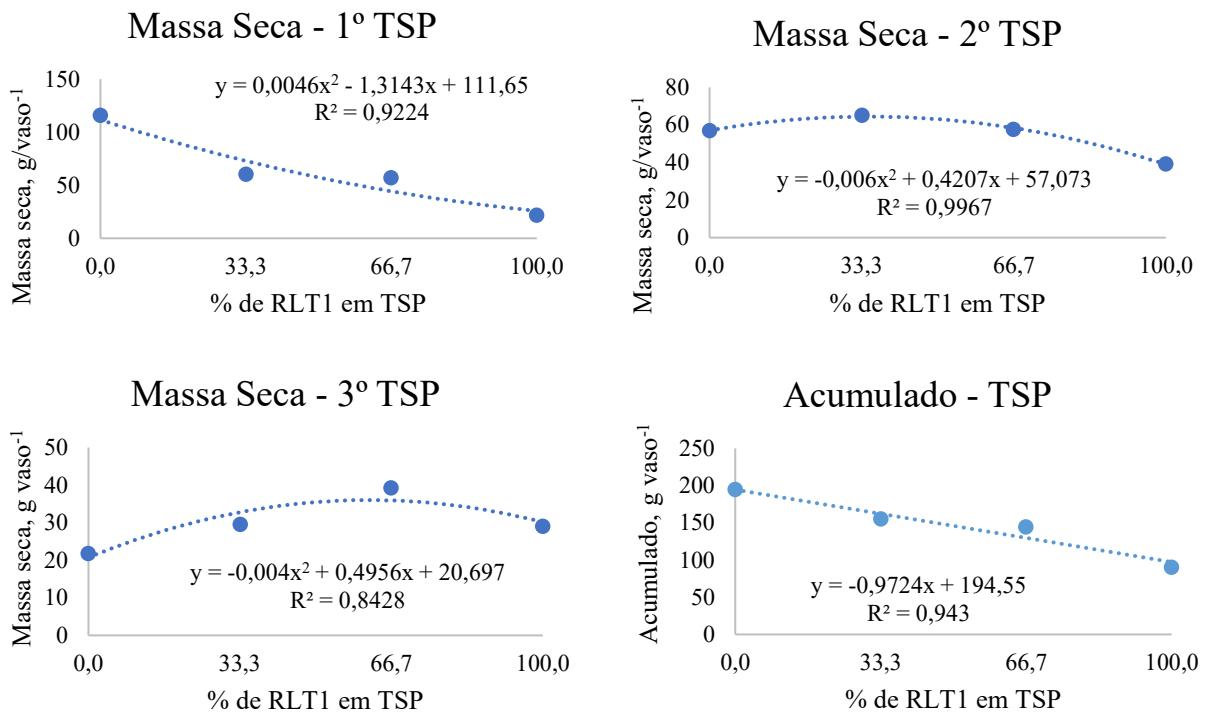
**Tabela 21.** Médias de massa seca de três cultivos do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

Massa seca							
% RLT1	1º Cultivo			2º Cultivo			Média
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	
	g vaso <sup>-1</sup>			g vaso <sup>-1</sup>			
Controle	1,1			Controle	1,0		
0	112,6* A	115,8* A	114,2	0	62,9* A	56,8* A	59,9
33,4	77,6* A	60,3* A	68,9	33,4	60,6* A	65,1* A	62,9
66,6	106,6* A	57,0* B	81,8	66,6	48,2* B	57,7* A	52,9
100	21,8 A	21,8 A	21,8	100	39,2* A	39,2* A	39,2
Média	79,6	63,7	Média		55,1	52,3	CV: 23,2
			CV: 11,0				
3º Cultivo							
% RLT1	Acumulado			Média			g vaso <sup>-1</sup>
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	
	g vaso <sup>-1</sup>			g vaso <sup>-1</sup>			
Controle	1,6			Controle	3,7		
0	23,9*	21,8*	22,8	0	199,4* A	194,4* A	196,9
33,4	36,1*	29,5*	32,8	33,4	174,2* A	154,9* A	164,5
66,6	32,9*	39,2*	36,0	66,6	197,2* A	144,3* B	170,8
100	29,0*	29,0*	29,0	100	90,0* A	90,0* A	90,0
Média	30,5 A	29,9 A	Média		165,2	145,9	CV: 19,9
			CV: 11,71				

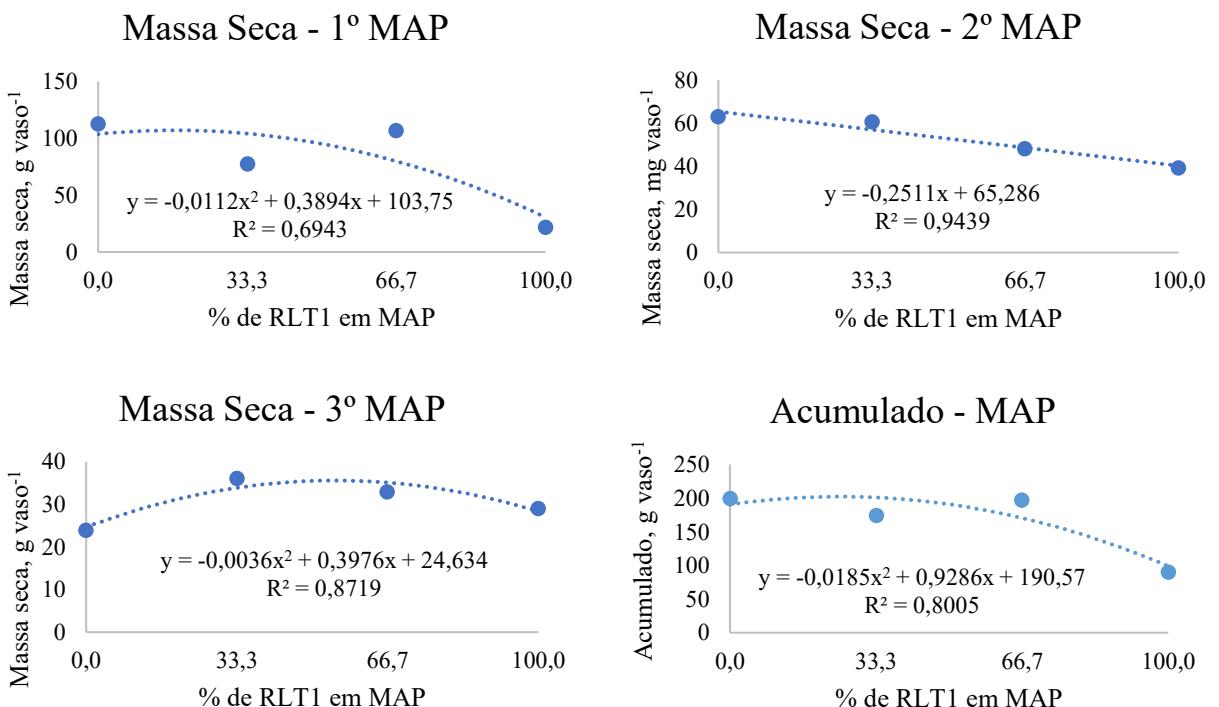
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

No 1º cultivo, quando se aplicou MAP com 66,6% de RLT1 a produção foi maior que o TSP no mesmo nível, diferença de 49,68 g vaso<sup>-1</sup>. No mesmo modo no 2º Cultivo observou-se no nível de 66,6% de RLT1 maior produção com tratamento TSP (Tabela 21). Em relação ao acumulado, o MAP na dose 66,6% de RLT1 apresentou diferença de 52,9 g vaso<sup>-1</sup> em comparação ao TSP na mesma dose de RLT1.

Os resultados observados desse experimento são semelhantes aos observado por Nicchio (2018), que também verificou diferença de incrementos de massa seca em relação ao controle, utilizando fontes TSP e fosfatos natural reativo. Ao avaliar a aplicação de MAP associado com fosfato natural, Cezar (2016) também encontrou resultados satisfatório na produção de massa seca de milho.



**Figura 23.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 associado ao TSP em solo de textura média.



**Figura 24.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 associado ao MAP em solo de textura média.

Não houve acréscimo na produção de massas seca, com o aumento da concentração RLT1 em MAP e TSP, mas, pode-se observar pequenos incrementos na produção do terceiro

corte, com a dose de 66,7% de RLT1, indicando efeito residual da neste nível de RLT1 (Figura 23 e 24). Esse resultado pode ser explicado devido a rápida liberação P das fontes solúveis logo no início do cultivo, mas à medida que essas fontes diminuem, as fontes menos solúveis liberam o P mais gradualmente (OLIVEIRA et al., 2012).

### ***Teores de P, Ca e Mg na planta***

No teor de P na planta, não houve diferença significativa entre as fontes em nenhum dos cultivos. Quando comparado o controle aos demais tratamentos observou-se diferença significativa no 1º, 2º cultivo (Tabela 22).

No 2º cultivo com a dose de 66,6% de RLT1 em TSP, o teor de P foi maior com 1,69 g kg<sup>-1</sup>, diferença de 1,43 g kg<sup>-1</sup> de P em comparação ao controle. No entanto, no 1º cultivo todos os tratamentos em ambas as fontes (MAP e TSP) apresentaram diferença significativa em relação ao controle (Tabela 22).

**Tabela 22.** Teor de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

P - Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	g kg <sup>-1</sup>				g kg <sup>-1</sup>		
Controle	0,3			Controle	0,3		
0	1,3*	1,4*	1,32	0	1,4*	1,6*	1,5
33,4	1,0*	1,2*	1,08	33,4	0,8	0,8	0,8
66,6	1,5*	1,3*	1,41	66,6	1,1	1,7*	1,4
100	1,3*	1,3*	1,33	100	1,5*	1,5*	1,5
Média	1,3 A	1,3 A		Média	1,2 A	1,4 A	
	CV: 16,6				CV: 44,7		
3º Cultivo							
% RLT1	MAP	TSP	Média				
	g kg <sup>-1</sup>						
Controle	1,2						
0	1,0	1,1	1,1				
33,4	1,2	1,0	1,1				
66,6	1,0	1,3	1,1				
100	1,1	1,1	1,1				
Média	1,1 A	1,1 A					
	CV: 27,7						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Nicchio (2018) avaliando fontes de P (TPS, FNR Reativo, FNR Bayóvar, observou que aplicação dos tratamentos aumentou o teor de P na folha, independente da fonte. Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2006), onde em todos os solos analisados, as concentrações de P nas folhas de milheto, obtiveram aumento proporcional ao aumento das doses de P aplicados, independente da fonte.

Korndörfer et al. (1999) utilizando fontes e doses de fosfato natural reativo (Arad e Gafsa) em milho, observou correlação positiva entre a produção de milho e os teores de P nas folhas.

Para o cúmulo de P na planta foram observadas diferenças significativas entre as fontes no 2º, 3º cultivo e acumulado. Quando comparado ao controle houve diferença em todos os tratamentos no 2º cultivo e acumulado (Tabela 23).

**Tabela 23.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em diferentes misturas com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

P - Acúmulo Planta							
% RLT1	1º Cultivo			2º Cultivo			
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>			
Controle	0,3			Controle	1,9		
0	86,8*	89,6*	88,2	0	23,9* A	24,4* A	24,1
33,4	50,8	50,4	50,6	33,4	43,2* A	28,3* B	35,7
66,6	63,6*	79,1*	71,4	66,6	32,6* B	48,9* A	40,8
100	59,0*	59,0*	59,0	100	31,3* A	31,3* A	31,3
Média	65,0 A	69,5 A		Média	32,6	33,2	
	CV: 42,6			CV: 29,07			
3º Cultivo							
% RLT1	Acumulado			Acumulado			
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>			
Controle	1,59			Controle	3,8		
0	144,6* A	35,7 B	89,9	0	255,3* A	149,2* B	202,2
33,4	74,2* A	69,2* A	71,7	33,4	168,1* A	147,8* A	157,9
66,6	161,0* A	75,7* A	118,3	66,6	257,2* A	203,8* A	230,5
100	29,4 A	29,4 A	29,4	100	119,7* A	119,7* A	119,7
Média	102,3	52,4		Média	200,1	155,1	
	CV: 35,0			CV: 24,9			

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

O 2º cultivo a dose de 66,6% de RLT1 com TSP apresentou diferença de 16,31 mg g<sup>-1</sup><sup>1</sup> em relação a fonte MAP no mesmo nível de RLT1.

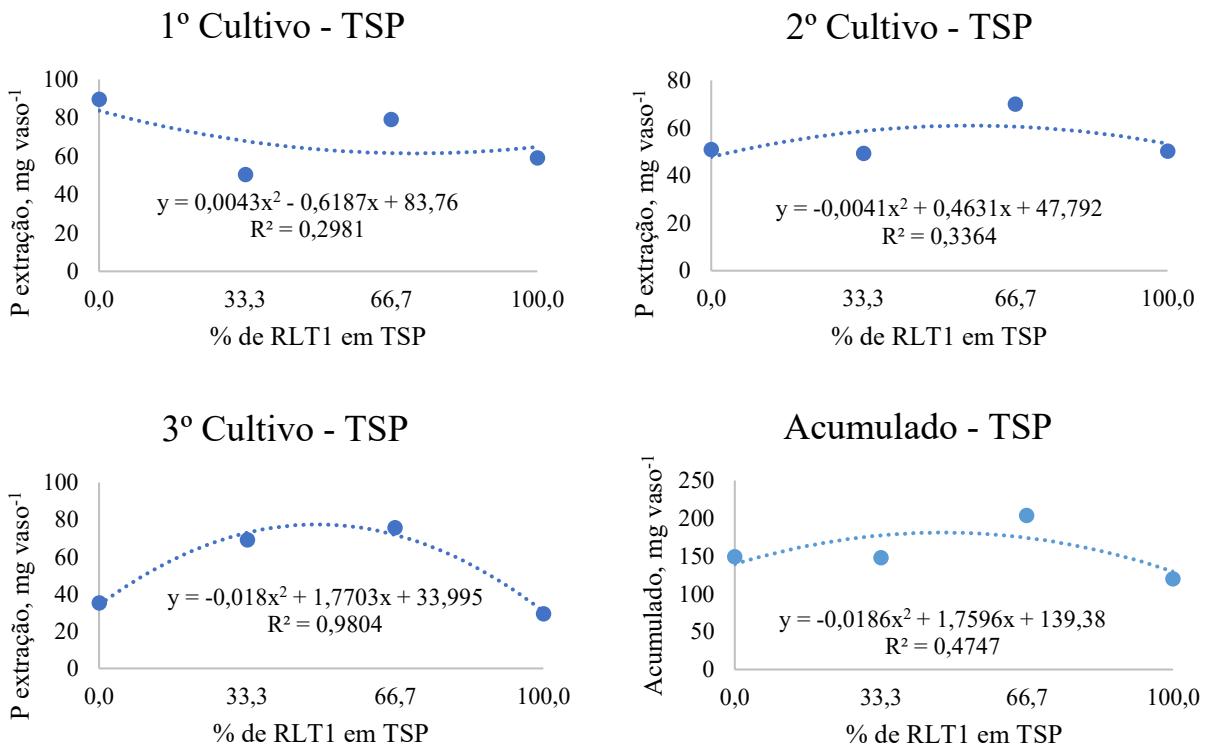
Os resultados de extração P na planta demonstraram que o tratamento 66,6% de RLT1 em MAP no 3º cultivo apresentou o melhor teor de P com 160,98 mg kg<sup>-1</sup> quando comparado ao controle. Por outro lado, o tratamento com 0% de RLT1 em MAP, obteve diferença de 109,36 mg kg<sup>-1</sup> de P extraído em relação ao TSP no mesmo nível de RLT1 no 3º cultivo (Tabela 23).

Nicchio (2018) observou melhor resultado utilizando o MAP em comparação com TSP e a controle, para os teores P extraído, onde no geral o tratamento MAP obteve melhores resultados em quase todas as variáveis.

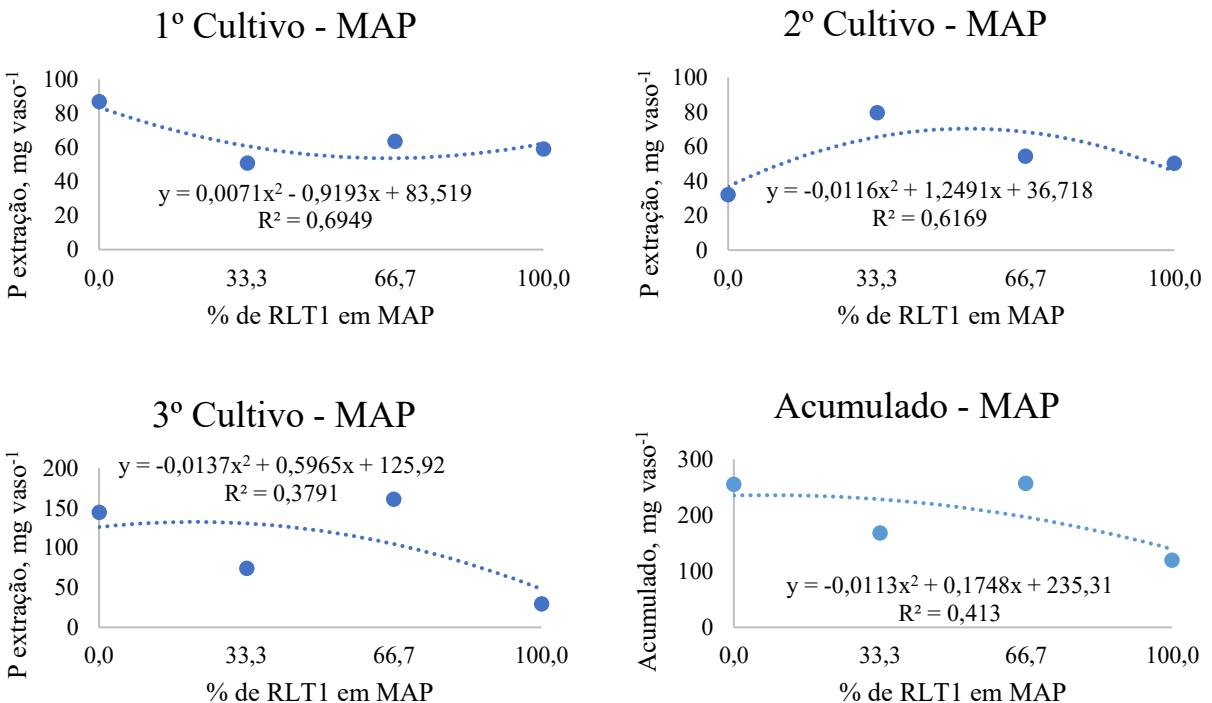
O tratamento na dose 0% de RLT1 em MAP apresentou diferença de 251,59 mg kg<sup>-1</sup>, em relação ao controle no acumulado dos três cultivos, além de diferir do TSP no mesmo nível de RLT1.

Foi observado incrementos nos teores de P em todos os cultivos independente da fonte, já que o tratamento controle apresentou valores menores em relação a todos os tratamentos, possivelmente em função da baixa produção de massa seca observada neste solo (Tabela 23). Já Korndörfer e Alcarde (1992), não observaram diferenças nos teores de P entre os tratamentos com superfosfato triplo e simples, ácido fosfórico e ácido fosfórico + fosfato natural.

Na análise de regressão para P extraído, observou-se significância somente para o 3º cultivo, onde até concentração de 66,6% de RLT1 (TSP) foi demonstrado acréscimo no acúmulo de P (Figura 25). Isso demonstra que a associação de fontes naturais em mistura com fontes solúveis pode melhorar a disponibilidade de P para culturas de ciclo perene como as pastagens.



**Figura 25.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao TSP em solo de textura média.



**Figura 26.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura média.

**Tabela 24.** Teor de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

Ca - Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	$\text{g kg}^{-1}$				$\text{g kg}^{-1}$		
Controle	3,0			Controle	3,3		
0	4,0	5,7 A	4,8	0	5,0	4,2	4,6
33,4	6,0*	5,2 A	5,6	33,4	7,4*	7,1*	7,2
66,6	3,4	4,0 A	3,7	66,6	4,2	3,8	4,0
100	4,0	4,0 A	4,0	100	3,1	3,1	3,1
Média	4,3 A	4,7 A		Média	4,9 A	4,5 A	
	CV: 29,3				CV: 32,2		
3º Cultivo							
% RLT1	MAP	TSP	Média				
	$\text{g kg}^{-1}$						
Controle	4,3						
0	6,9	7,8*	7,4				
33,4	6,9	7,0	6,9				
66,6	5,6	6,3	5,9				
100	6,5	6,5	6,5				
Média	6,5 A	6,9 A					
	CV: 19,1						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Não foi observada diferença entre as fontes na concentração de Ca, mas na comparação dos tratamentos com o controle, no 1º, 2º cultivo, o tratamento 33,4% de RLT1 em mistura com MAP foi mais eficiente (Tabela 24).

Não foi observado influência nos teores de Ca com a aplicação das fontes fosfatadas, muito provavelmente pelo efeito da calagem que foi realizada antes da semeadura. De acordo com Raji e Cantarella (1996), essas concentrações são consideradas dentro do nível adequado entre os valores de  $6,9 \text{ g kg}^{-1}$  e  $7,4 \text{ g kg}^{-1}$ . Estes parâmetros demonstram a efetividade da calagem em disponibilizar Ca para a cultura Magnanti (2005).

Com relação ao acúmulo de Ca, não houve diferença entre as fontes em nenhum dos três cultivos assim como para o acumulado. Quando comparado os tratamentos com o controle foi observada diferença em todos os cultivos e acumulado (Tabela 25).

**Tabela 25.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

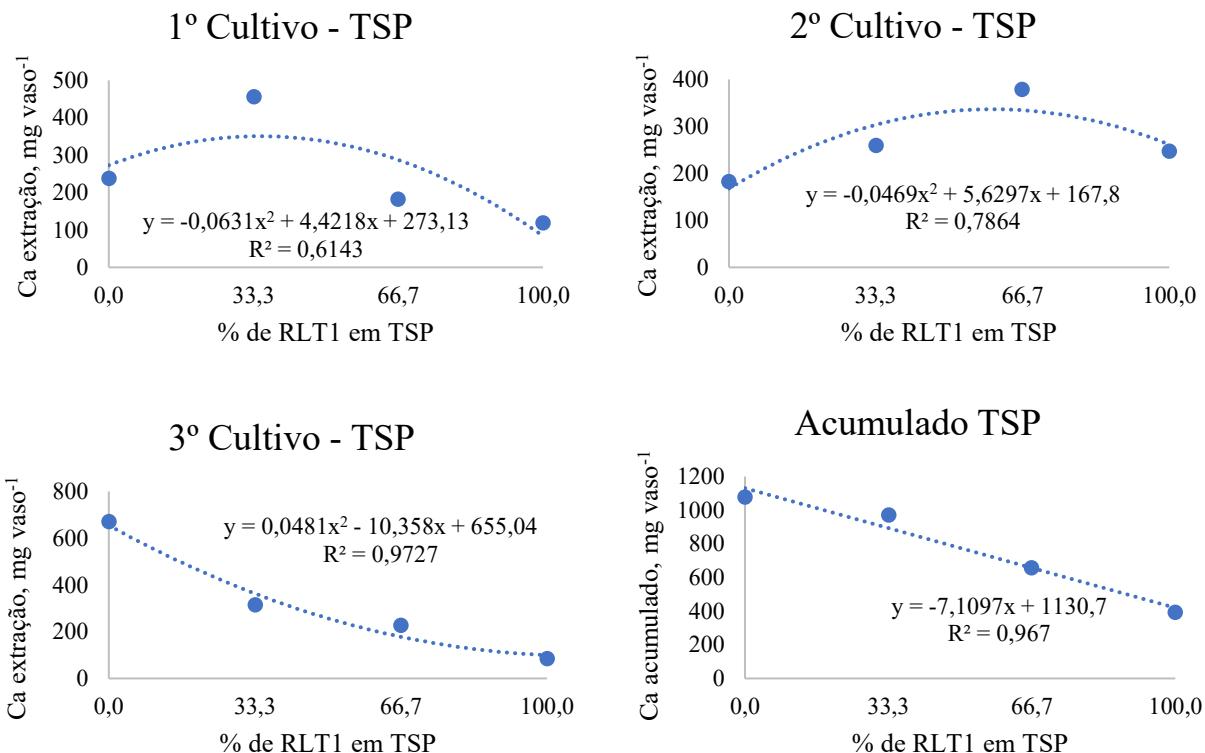
Ca - Acúmulo Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	3,3			Controle	6,7		
0	312,6*	238,0*	275,3	0%	165,64*	169,35*	167,5
33,4	455,5*	456,2*	455,9	33,4	250,56*	200,53*	225,54
66,6	239,1*	181,7*	210,4	66,6	183,7*	249,86*	216,78
100	119,0	119,0	119,0	100	189,86*	189,86*	189,86
Média	281,5 A	248,7 A		Média	197,44 A	202,40 A	
	CV: 34,1				CV: 25,10		
3º Cultivo							
% RLT1	Acumulado			% RLT1	Média		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	4,1			Controle	14,1		
0	453,6*	671,0*	562,3	0%	931,8*	1078,3*	1005,0
33,4	460,2*	314,7	387,4	33,4	1116,2*	971,4*	1068,8
66,6	371,9*	226,5	299,2	66,6	794,6*	658,0	726,3
100	84,1	84,1	84,1	100	393,0*	393,0	393,0
Média	342,4 A	324,1 A		Média	821,4 A	775,2 A	
	CV: 53,6				CV: 31,23		

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

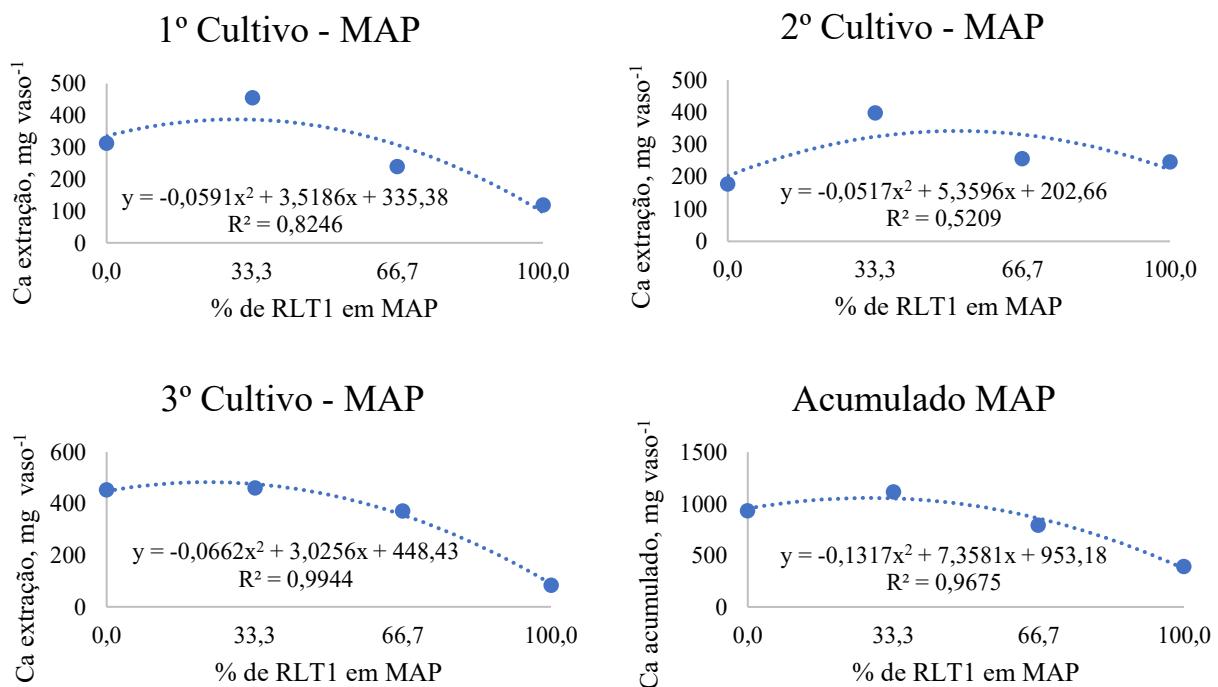
Quando comparado com o controle, todos os tratamentos no 2º cultivo obtiveram diferença significativa. Contudo, o maior teor de Ca extraído, ocorreu com  $670,99 \text{ mg kg}^{-1}$  no 3º cultivo na dose de 0% de RLT1 com TSP, diferença de  $666,88 \text{ mg kg}^{-1}$  em relação ao control. No acumulado, a dose 33,4% de RLT1 em MAP, apresentou maior concentração com  $1116,28 \text{ mg kg}^{-1}$ , obtendo diferença de  $1102,15 \text{ mg kg}^{-1}$  de Ca, em comparação com o tratamento controle (Tabela 25). Resultado parecidos foram observados por Francisquini Junior (2019), onde houve as maiores extrações de Ca em pastagem de Mombaça utilizando as fontes TSP.

Na análise de regressão, no 1º, 3º cultivo e acumulado, os resultados de acúmulo de Ca apresentaram acréscimos até o tratamento com 33,4% de RLT1 em MAP. Contudo, no 2º cultivo o acréscimo observado foi até a dose de 66,6% de RLT1 em TSP (Figura 27 e 28).

Para o 3º cultivo e acumulado houve decréscimo no acúmulo de Ca pelas plantas, à medida que se elevou a dose RLT1.



**Figura 27.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura média.



**Figura 28.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura média.

**Tabela 26.** Teor de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

Mg - Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
Controle	1,5			Controle	1,6		
0	5,8*	6,1*	6,0	0	3,8* A	3,0* B	3,4
33,4	4,7*	2,6	3,7	33,4	2,4 B	3,2* A	2,8
66,6	4,4*	3,5	3,9	66,6	2,5 A	2,3 A	2,4
100	2,0	2,0	2,0	100	2,0 A	2,0 A	2,0
Média	4,2 A	3,6 A		Média	2,7	2,6	
	CV: 27,1				CV: 18,39		
3º Cultivo							
% RLT1	MAP	TSP	Média				
Controle	1,0						
0	4,8*	5,1*	5,0				
33,4	4,6*	4,4*	4,5				
66,6	3,1	3,4	3,2				
100	2,9	2,9	2,9				
Média	3,9 A	3,9 A					
	CV: 30,6						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

No 1º cultivo na dose de 0% RTL1 com TSP a diferença com o controle foi de 4,67 g kg<sup>-1</sup>. No 2º cultivo o tratamento com 0% de RLT1 em MAP, obteve-se diferença de 0,74 g kg<sup>-1</sup> quando comparado a TSP no mesmo nível de RLT1. Por outro lado, o TSP foi melhor que MAP na dose de 33,4% de RLT1 (Tabela 24).

Magnanti (2005) observou que o efeito positivo nos teores foliares de Mg foram devido ao procedimento de calagem, disponibilizando magnésio para planta, de acordo com o autor os valores de magnésio aumentaram 2,8 vezes em relação ao controle.

Na extração Mg, houve diferença significativa entre as fontes no 1º, 3º cultivo. Observou-se no 1º e 2º cultivo e acumulado, que todos os tratamentos com RLT1 em (MAP e TSP) apresentaram diferença em relação ao controle (Tabela 27).

**Tabela 27.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

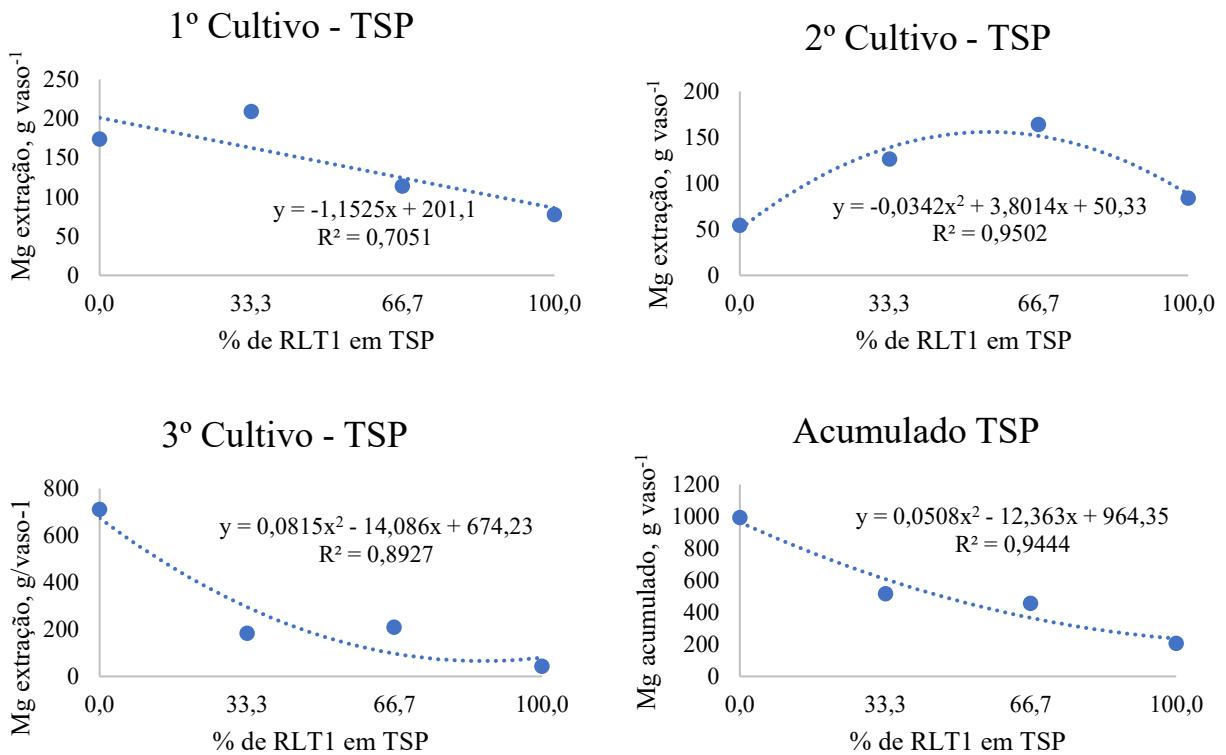
Mg - Acúmulo Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	1,6			Controle	1,5		
0	238,9* A	173,7* B	206,2	0	116,1*	109,4*	112,8
33,4	147,0* B	209,0* A	178,0	33,4	169,1*	125,5*	147,3
66,6	145,4* A	113,8* A	129,6	66,6	100,5*	134,1*	117,3
100	77,4* A	77,4* A	77,4	100	85,5*	85,5*	85,5
Média	152,2	143,5		Média	117,8 A	113,6 A	
	CV: 22,5				CV: 35,9		
3º Cultivo							
% RLT1	Acumulado			% RLT1	mg vaso <sup>-1</sup>		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	1,9			Controle	5,1		
0	656,5* A	711,1* A	683,8	0	1011,5* A	994,2* A	1002,9
33,4	368,8* A	183,4 A	276,1	33,4	684,9* A	517,9* A	601,4
66,6	474,5* A	208,8 B	341,6	66,6	720,4* A	456,7 B	588,5
100	43,7 A	43,7 A	43,7	100	206,5* A	206,5 A	206,5
Média	385,9	286,8		Média	655,8	543,8	
	CV: 39,8				CV: 27,59		

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

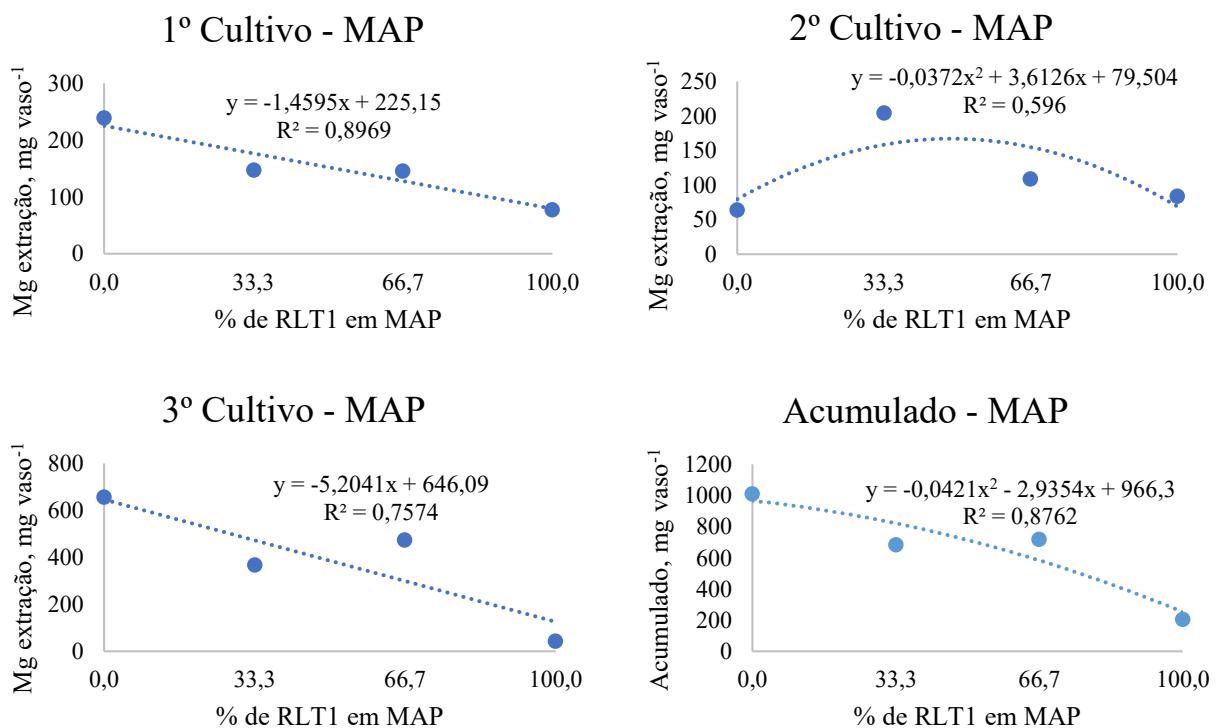
Nos resultados de acúmulo de Mg, o tratamento com 33,4% de RLT1 em TSP no 1º cultivo, apresentou diferença de 61,97 mg kg<sup>-1</sup> quando comparado com a fonte MAP no mesmo nível de RLT1. No entanto, o tratamento com 0% de RLT1 em MAP, obteve diferença de 65,16 mg kg<sup>-1</sup> de Mg extraído em relação TSP (Tabela 27).

Com relação ao 3º cultivo, a dose de 66,6% de RLT1 com MAP, apresentou diferença de 265,7 e 263,7 mg gk<sup>-1</sup> em relação a fonte TSP no mesmo nível de RLT1 (Tabela 27).

Na análise de regressão foi observado no 1º cultivo, decréscimo de acúmulo de Mg no tratamento com RLT1 em MAP e TSP. Porém no 2º cultivo em TSP, obteve acréscimos até a dose e 66,6% de RLT1 (Figura 29 e 30). Ao avaliar o 3º cultivo, em ambas as fontes (MAP e TSP), observou-se decréscimo nos teores de Mg, com o aumento das doses de RLT1.



**Figura 29.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao TSP em solo de textura média.



**Figura 30.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura média.

## **Elementos no solo**

No Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt) de textura média aos 180 DAA (dias após aplicação), não foram observadas diferenças significativas entre as fontes independente dos níveis ou doses de RLT1. Comparando os tratamentos ao controle, somente para P-resina não foi observada diferença significativa, em nenhum dos tratamentos (Tabela 28).

Os resultados de extração P no extrator Mehlich-1 demonstraram que houve uma diferença de 89,44 mg dm<sup>-3</sup> no teor de P em comparação ao controle no tratamento 66,6% de RLT1 em MAP.

Isso demonstra que aos 180 DAA o fosfato precipitado RLT1 na dose de 66,6% apresentou maior liberação de P, evidenciando ser eficiente na liberação de P ao decorrer do tempo. Já Korndörfer et al. (1999), observaram que o acúmulo de P pelo método da resina (16 mg dm<sup>-3</sup>) foi em média 17% superior ao extraído pelo método de Mehlich-1.

**Tabela 28.** Teores de P (extrator mehlich-1 e resina), Ca, Mg, H+Al e pH após três cultivos de braquiária em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP 180 dias em solo de textura média (LVdt).

Análise de Solo											
% RLT1	P - Mehlich			P - Resina			pH				
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média
	mg dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>			CaCl <sup>2</sup>				
Controle	0,9			Controle	0,4		Controle	4,3			
0	22,4	26,3	24,4	0	2,7	13,9	8,3	0	4,0	4,2	4,1
33,4	45,2	31,4	38,3	33,4	7,1	11,1	9,9	33,4	5,0*	5,0*	5,0
66,6	90,3*	42,5	66,4	66,6	12,6	16,5	14,6	66,6	5,5*	5,2*	5,4
100	45,1	45,1	45,1	100	10,1	10,1	10,1	100	6,0*	6,0*	6,0
Média	50,8 A	36,3 A		Média	8,1 A	12,9 A		Média	5,12 A	5,12 A	
	CV: 75,4				CV: 107,5				CV: 6,4		
	Ca - Solo				Mg - Solo				H+Al		
% RLT1	MAP			% RLT1			MAP				
	cmolc dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>				
	43,63			Controle	7,46		Controle	0,91			
0	24,8*	29,1*	27,0	0	1,4*	1,5*	1,4	0	0,9	0,9	0,9
33,4	40,9	36,5	38,7	33,4	2,5*	2,1*	2,3	33,4	0,8	0,8	0,8
66,6	51,9	54,4	53,1	66,6	3,8*	3,8*	3,8	66,6	0,8	0,7*	0,8
100	68,7*	68,7*	68,7	100	7,0	7,0	7,0	100	0,7*	0,7*	0,7
Média	46,9 A	47,2 A		Média	3,7 A	3,6 A		Média	0,83 A	0,8 A	
	CV: 12,6				CV: 28,8				CV: 9,3		

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

De acordo com Smyth e Sanchez (1982), em estudos com latossolo vermelho-amarelo o nível crítico de P no solo para a cultura da soja extraído pela resina foi de 8 a 12 mg dm<sup>-3</sup>. Indicando que o resultado do extrator Mehlich-1 pode estar superestimando os teores de P na análise.

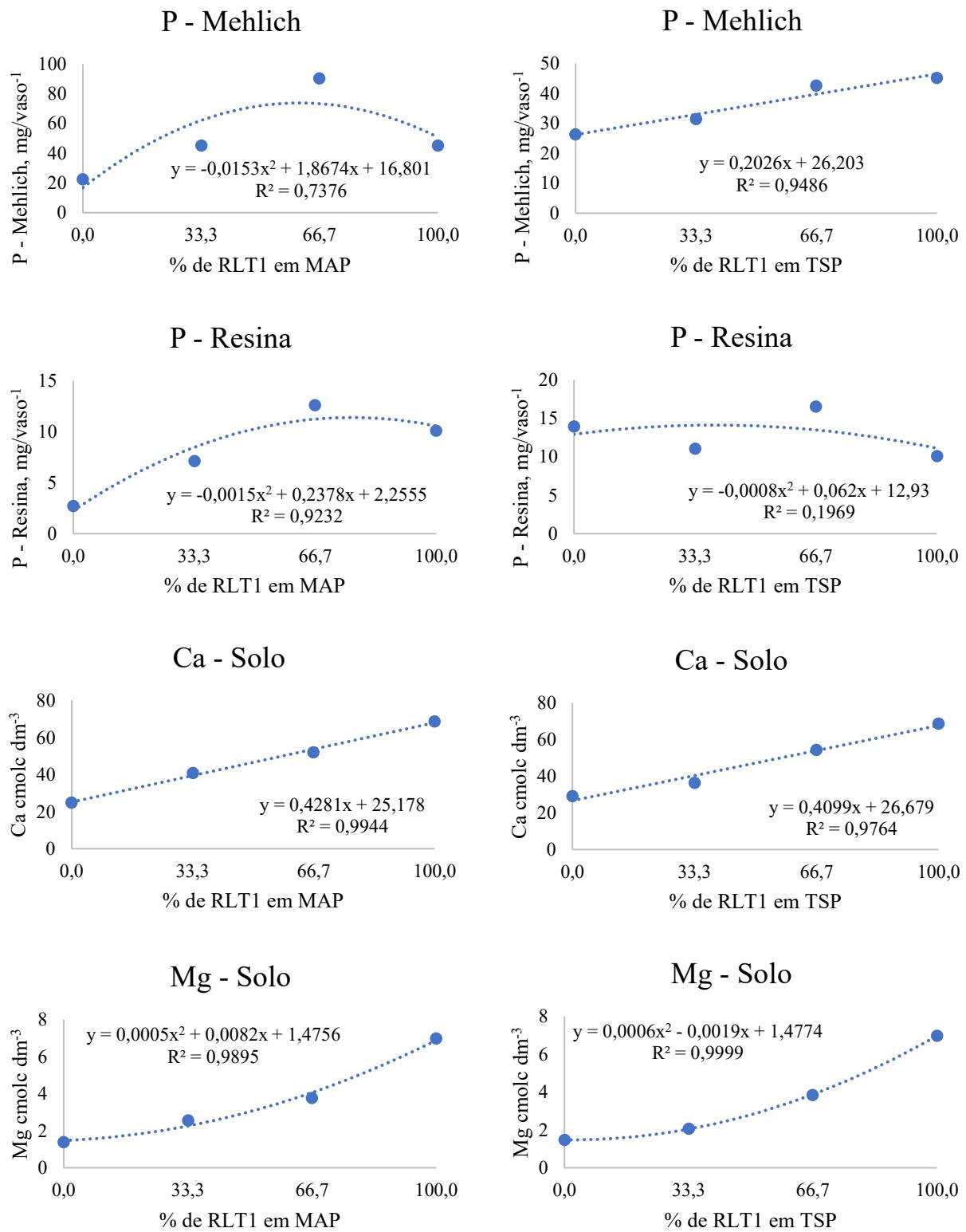
Magnanti (2005) também observou teores P altos em função da utilização do método Mehlich-1, explicando que o extrator possui na sua constituição (ácido sulfúrico e clorídrico) que superestimam os teores de P do solo.

Em relação aos teores de Ca e Mg no solo, foram observadas diferenças de 25,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> em relação ao controle na dose de 100% de RLT1 (MAP e TSP) em Ca, para os teores de Mg observou-se diferença de 0% a 66,6% de RLT1, mas os teores ficaram abaixo dos valores do controle.

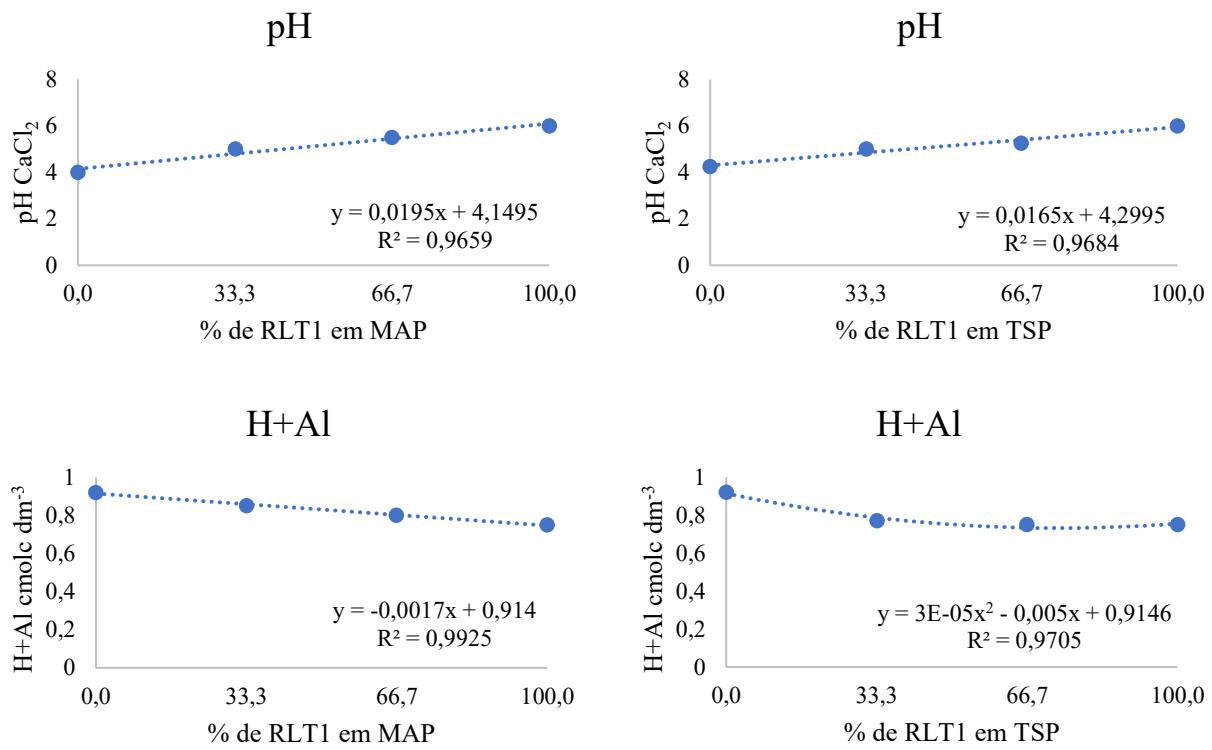
Para pH em CaCl<sub>2</sub> e H+Al foi observada diferença significativa na comparação com do controle com demais tratamentos, destacando-se o RLT1 em 100% (Tabela 28). A falta de diferenças significativas entre os tratamentos para variável P no solo, pode ser justificada pelo alto coeficiente de variação observado.

Nicchio (2018) não observou diferenças significativa para pH e Mg do solo, com os teores médios de 4,8 de pH (CaCl<sub>2</sub>) e 0,2 cmolcdm<sup>-3</sup> de Mg, mas os teores de Ca apresentaram altos teores em relação ao controle. De acordo com Khasawneh; Doll (1978), a dissolução do fosfato natural no solo poder ser afetada se houver elevados teores de Ca no solo.

Na análise de regressão para análise de solo foi observado que aumento nas doses de RLT1em TSP promoveu um acréscimo nos teores de (P) extraídos por Mehlich (Figura 31). Ao observar o extrator Resina, houve acréscimo nos teores de P no solo, até a dose de 66,6% de RLT1 em MAP, logo depois houve redução dos teores de P. Em relação aos teores de Ca e Mg, observou-se acréscimo com o aumento das doses de RLT1 (Figura 31).



**Figura 31.** Análise de solo em função da aplicação de RLT1 em misturado com MAP e TSP em solo de textura média.



**Figura 32.** Análise de pH e H+Al em função da aplicação de RLT1 em mistura com MAP e TSP em solo de textura média.

Como observado nos resultados das doses de RLT1 com as fontes avaliadas demonstrou-se o efeito residual do fosfato na liberação de P no solo. Dessa forma com o aumento da dose de RLT1 em MAP, houve elevação dos teores de P no solo de textura média, com o extrator Mehlich (Figura 31). Os teores de P no solo de acordo com Alvarez et al. (1999), são considerados satisfatórios quando apresentam os níveis “MUITO BOM” ( $> 18 \text{ mg dm}^{-3}$ ), “BOM” (12,1 - 18 mg dm<sup>-3</sup>) e “MÉDIO” (8,1 - 12 mg dm<sup>-3</sup>).

#### 4.4. Latossolo Vermelho Distrófico típico – RLT2

##### *Produção de Massa seca*

Quanto a produção de massa seca em Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt) com aplicação de níveis de RLT2 em MAP e TSP foram observadas diferenças significativas no 1º, 3º cultivo e acumulado. No entanto, ao comparar o controle aos demais tratamentos, observou-se que todos os tratamentos em todos os cultivos obtiveram diferença, ou seja, aplicação de P aumentou a produção de massa seca (Tabela 29).

**Tabela 29.** Médias de massa seca de três cultivos do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

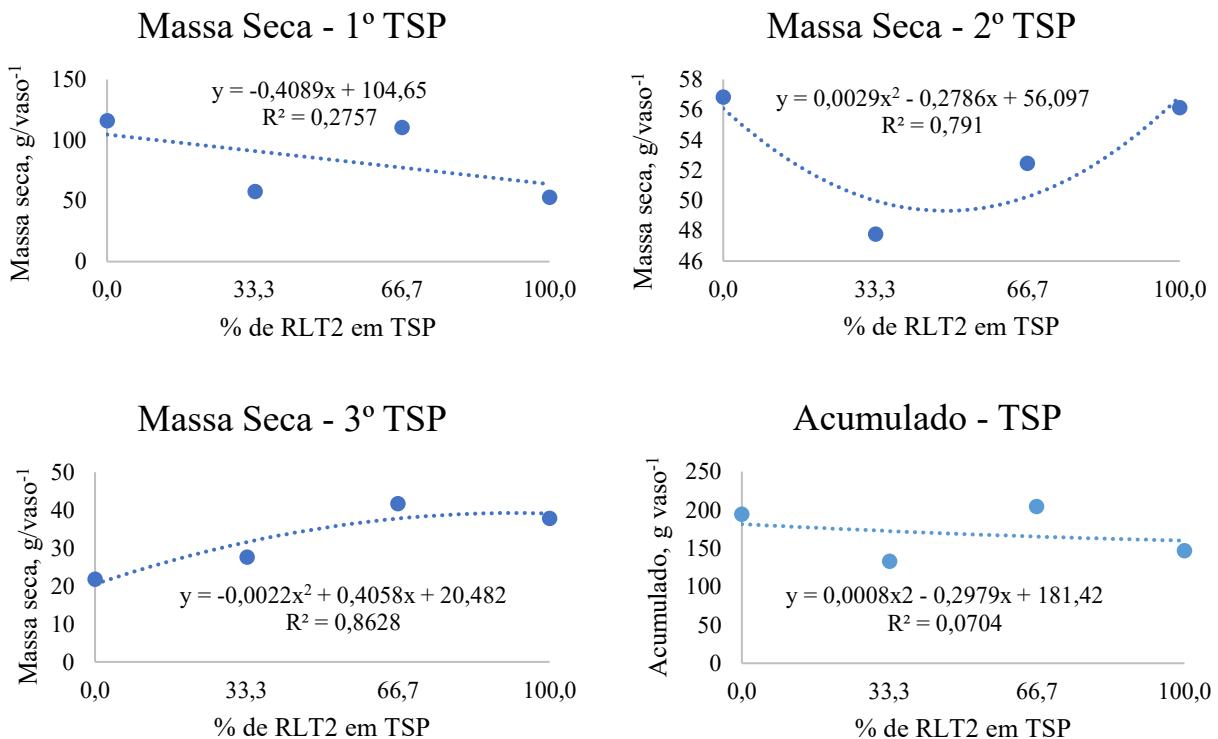
Massa seca								
% RLT2	1º Cultivo			2º Cultivo				
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média	
	g vaso <sup>-1</sup>			g vaso <sup>-1</sup>				
Controle	1,1			Controle	1,0			
0	112,6* A	115,8* A	114,2	0	62,9*	56,8*	59,9	
33,4	115,7* A	57,7* B	86,7	33,4	51,5*	47,8*	49,6	
66,6	102,1* A	110,4* A	106,3	66,6	52,3*	52,4*	52,4	
100	52,9* A	52,9* A	52,9	100	56,1*	56,1*	56,1	
Média	95,8	84,2	Média		55,7 A	53,3 A		
	CV: 14,1			CV: 16,5				
3º Cultivo								
% RLT2	Acumulado			g vaso <sup>-1</sup>				
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média	
	g vaso <sup>-1</sup>			g vaso <sup>-1</sup>				
Controle	1,6			Controle	3,7			
0	23,9* A	21,8* A	22,8	0%	199,4* A	194,4* A	196,9	
33,4	35,7* A	27,6* B	31,7	33,4	202,9* A	133,1* B	168,0	
66,6	31,8* B	41,7* A	36,8	66,6	186,2* A	204,5* A	195,4	
100	37,8* A	37,8* A	37,8	100	146,9* A	146,9* A	146,9	
Média	32,3	32,2	Média		183,9	169,75		
	CV: 16,1			CV: 10,36				

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

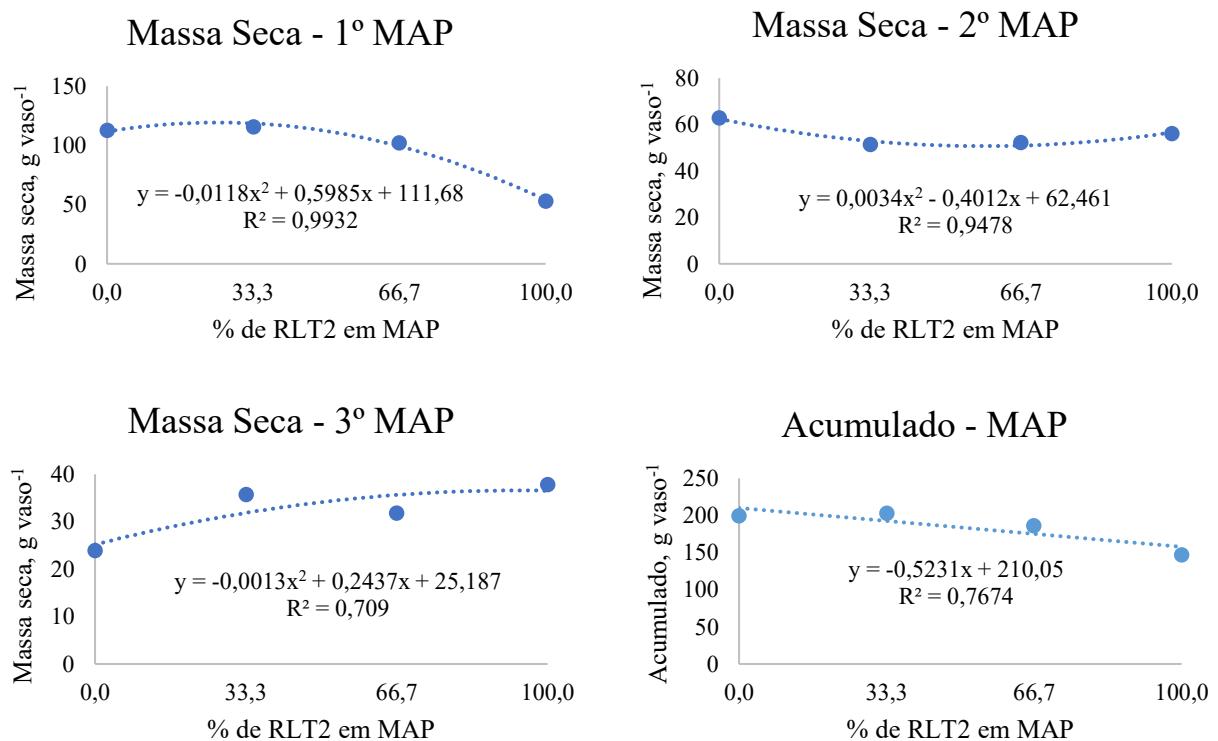
Foi observado no 2º cultivo, diferença de 58,07 g vaso<sup>-1</sup> na dose de 33,4% de RLT2 em MAP, na comparação com TSP. Com relação ao 3º cultivo, o tratamento com 33,4% de RLT2 em MAP apresentou diferença de 8,07 g vaso<sup>-1</sup> em relação ao TSP. Porém no mesmo cultivo o tratamento 66,6% de RLT2 em TSP obteve diferença de 9,92 g vaso<sup>-1</sup> quando comparado ao MAP (Tabela 29).

Estudos realizados por Nicchio et al. (2019) demonstraram que a mistura dos fertilizantes fosfatados (TSP, MAP e FNR) foi eficiente em aumentar a produção de colmos de cana-de-açúcar cultivada em vasos. Já Santos et al. (2006), estudando a eficiência de fosfatos naturais em milheto, observaram que as produções de massa seca relativas ao TSP, apresentaram decréscimos semelhantes entre fosfatos naturais (Arad, Phospal e Araxá).

No acumulado, a dose 33,4% de RLT2 em MAP apresentou diferença na produção de massa seca com 165,00 g vaso<sup>-1</sup>, em relação ao mesmo tratamento de RLT2 em mistura com MAP (110,46 g vaso<sup>-1</sup>), uma diferença 69,85 g vaso<sup>-1</sup>. Porém, Pereira et al. (1995) não observaram resposta com aplicação de adubo fosfatada nas características em cana-de-açúcar.



**Figura 33.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 associado ao TSP em solo de textura média (LVdt).



**Figura 34.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 associado ao MAP em solo de textura média (LVdt).

### **Teores de P, Ca e Mg na planta**

Em relação ao teor de P na planta, não houve diferença significativa entre as fontes em nenhum dos três cultivos. Entretanto, quando comparado o controle aos demais tratamentos observou-se diferença significativa para todos os níveis de RLT2 em MAP e TSP no 1º cultivo. No 2º cultivo a dose 0% de RLT2 com MAP apresentou maior concentração com 1,59 g kg<sup>-1</sup>, diferença de 1,33 g kg<sup>-1</sup> de P em comparação com ao controle (Tabela 30).

Santos et al. (2006) observaram que as doses de P aplicadas com a fonte TSP, obtiveram maiores concentrações de P na folha ao serem comparadas com os fosfatos naturais, onde o teor de P seguiu ao critério decrescente de solubilidade destes fosfatos. Já Soares (2019), não observou influência nos teores P foliar em cana-de-açúcar com a aplicação de fertilizantes fosfatados (TSP, Fosfato decantado e precipitado).

**Tabela 30.** Teor de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

<b>P - Planta</b>							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	<i>g kg<sup>-1</sup></i>				<i>g kg<sup>-1</sup></i>		
Controle	0,3			Controle	0,3		
0	1,3*	1,4*	1,3	0	1,4*	1,6*	1,5
33,4	1,3*	1,0*	1,1	33,4	0,6	0,5	0,5
66,6	1,4*	1,2*	1,3	66,6	1,1	0,6	0,8
100	1,2*	1,2*	1,2	100	1,5*	1,5*	1,5
Média	1,3 A	1,2 A		Média	1,2 A	1,0 A	
	CV: 30,3				CV: 53,3		
3º Cultivo							
% RLT2	MAP	TSP	Média				
	<i>g kg<sup>-1</sup></i>						
Controle	1,2						
0	1,0	1,1	1,1				
33,4	1,1	1,1	1,1				
66,6	1,2	1,1	1,1				
100	1,4	1,4	1,4				
Média	1,2 A	1,2 A					
	CV: 24,2						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Mas Korndörfer et al. (1999) observaram que a capacidade dos fosfatos naturais Arad, Marrocos e Gafsa em fornecer fósforo para o milho foi de 60, 80 e 97%, respectivamente, quando comparados com o superfosfato triplo. Para o acúmulo de P na planta, somente foram observadas diferenças significativas entre as fontes no 3º cultivo e acumulado (Tabela 31).

Duarte et al. (2019) observaram que os tratamentos com fontes de solubilidade mista, mostrou que o tempo de duração de vida da folha foi maior, do que os tratamentos que se utilizou fosfato natural reativo, onde o fosforo promoveu o desenvolvimento das raízes o que melhorou as condições de sobrevivência das folhas.

Os resultados de extração P na planta demonstraram que o tratamento 33,4% de RLT2 em MAP no 3º cultivo apresentou o melhor teor de P com 146,90 mg kg<sup>-1</sup> em plantas de braquiária, diferença de 86,63 mg kg<sup>-1</sup> em relação ao TSP. No entanto, o tratamento 0% de RLT2 em TSP obteve diferença de 109,36 mg kg<sup>-1</sup> de P extraído em comparação com MAP na mesma dose (Tabela 31).

**Tabela 31.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

P - Acúmulo Planta										
% RLT2	1º Cultivo			2º Cultivo						
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média			
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>					
Controle	0,2			Controle	1,9					
0	86,8*	89,6*	88,2	0	23,9	24,4*	24,1			
33,4	30,3	23,8	27,0	33,4	40,7*	31,4*	36,1			
66,6	59,0	30,6	44,8	66,6	37,5*	45,4*	41,5			
100	86,4*	86,4*	86,4	100	53,5*	53,5*	53,5			
Média	65,6 A	57,6 A		Média	38,9 A	38,7 A				
	CV: 52,9				CV: 29,7					
3º Cultivo										
% RLT2	Acumulado									
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média			
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>					
Controle	1,6			Controle	3,7					
0	144,6* A	35,3 B	89,9	0%	255,3*A	149,2* B	202,2			
33,4	146,9* A	60,3 B	103,6	33,4	217,9* A	115,4 A	166,6			
66,6	140,1* A	127,7* A	133,9	66,6	236,6* A	203,8* A	220,2			
100	64,2 A	64,2 A	64,2	100	204,1* A	204,1* A	204,1			
Média	124,0	71,9		Média	228,5	168,1				
	CV: 41,1				CV: 32,80					

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

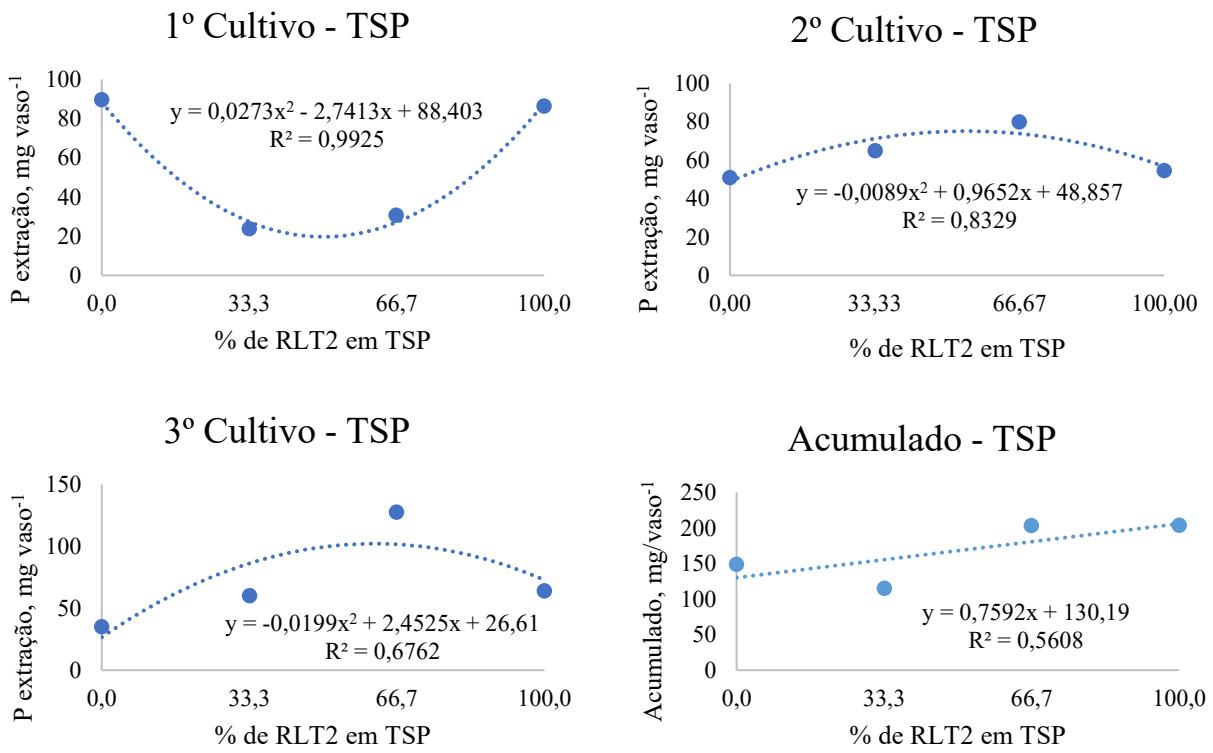
Os dados demonstram que liberação de P ocorreu mais lentamente em mistura com RLT2. Já Magnanti (2005) observou que os teores de P foram maiores utilizando fosfato natural e calcário, provavelmente porque a quantidade de fosfato utilizada foi maior que os demais tratamentos.

Resultados semelhantes foram observados por Harger et al. (2007), onde todas as doses das fontes TSP e Arad, diferiram estatisticamente do controle para os teores de P em milho, mas não houve diferença na comparação entre as doses testadas.

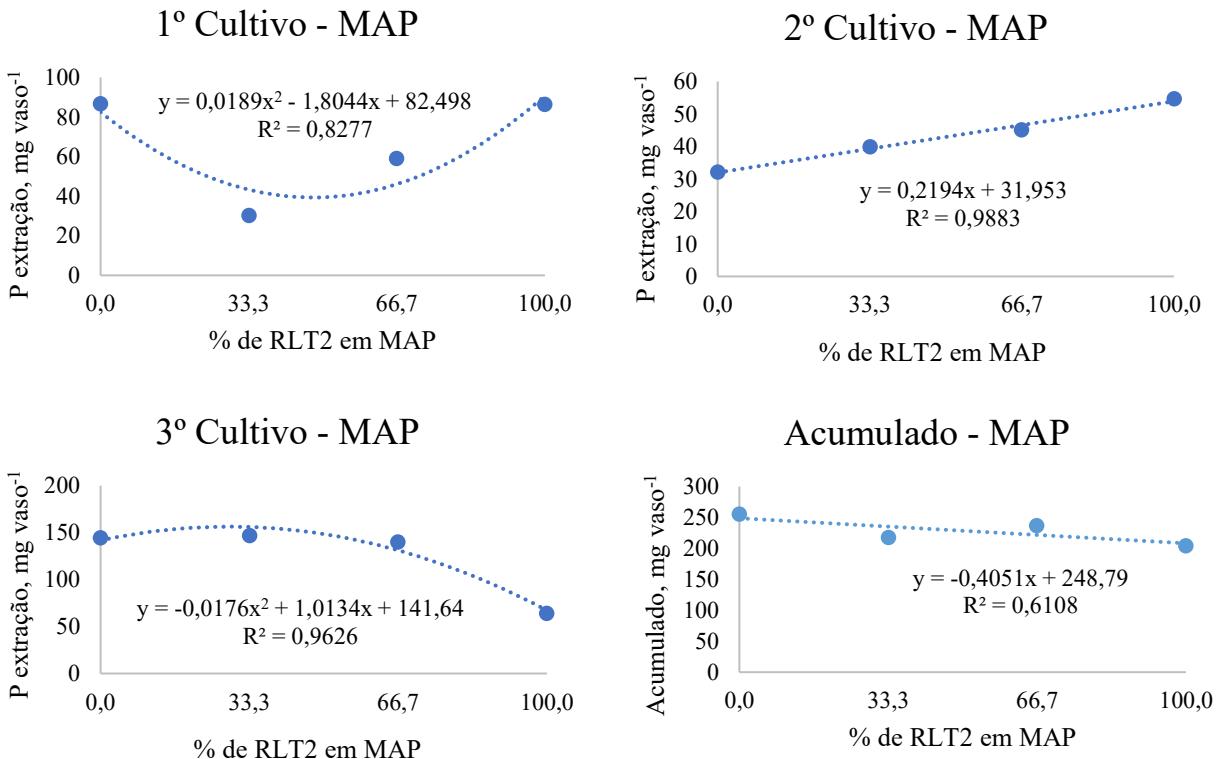
Na análise de regressão para P extraído, no 1º cultivo em ambas as fontes MAP e TSP, observou-se decréscimo até a concentração de 66,6% de RLT2, porém na dose de 100% de RLT2 o acúmulo de P, se igualou ao nível de 0% de RLT2 em ambas as fontes. Isso provavelmente ocorreu devido ao fator de diluição, por causa da menor produção de massa seca quando utilizado somente o RLT2 (Tabela 31).

Em relação ao 2º cultivo, houve um acúmulo de P crescente, com o aumento das doses de RLT2 em mistura com MAP. Porém, na fonte TSP houve acréscimo na extração até a dose de 66,7% de RLT2. O 3º cultivo apresentou redução no acúmulo de P, com o aumento das doses de RLT2 em mistura com MAP (Figura 36 e 37).

Oliveira Junior (2007) avaliando fosfatos naturais em associação com TSP em diferentes formas de aplicação, não observou diferenças estatísticas entre os parâmetros da regressão para formas de aplicação em TSP, contudo, a aplicação a lanço com fosfato natural apresentou diferença superior à aplicação localizada. Resultados semelhantes foram observados por Motomiya et al. (2004) no cultivo da soja em solo de textura média.



**Figura 35.** Acúmulo de P na planta da parte aérea de braquiária do primeiro em função da aplicação de RLT2 associado ao TSP em solo de textura média.



**Figura 36.** Acúmulo de P na planta da parte aérea de braquiária do primeiro cultivo em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP em solo de textura média.

No teor de Ca, não houve diferença entre as fontes em nenhum dos três cultivos (Tabela 32). Na comparação com o tratamento controle, a maior diferença ocorreu na dose de 33,34% de RLT2 em TSP no 2º, 3º cultivo (Tabela 32).

Em estudos avaliando desempenho de fosfato natural e TPS em pastagem perene, Magnanti (2005) não observou influência das fontes fosfatadas em promover aumento nos teores de Ca na planta, mas observou que os teores apresentados foram devido à realização da calagem. Resultados semelhantes foram observados por Soares (2019) onde os teores de Ca não receberam influencia pela aplicação dos fertilizantes fosfatados.

Com relação ao acúmulo de Ca houve diferença entre as fontes no 1º e 3º cultivo, ambos no nível de 33,4% de RLT2. Quando comparado os tratamentos ao controle, todos os tratamentos no 2º cultivo obtiveram diferença significativa.

Souza, (2020) observou que não houve diferença entre as fontes rejeito de rocha, superfosfato triplo e Yoorin para o primeiro corte. Todavia no segundo corte, a associação de Yoorin + super triplo da dose de (50% e 50%) e Yoorin + super triplo da dose de (70% e 50%), obtiveram melhores resultados que os outros tratamentos.

**Tabela 32.** Teor de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

Ca - Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	g kg <sup>-1</sup>				g kg <sup>-1</sup>		
Controle	3,3			Controle	4,5		
0	4,0	5,7	4,9	0	5,0 A	4,2 A	4,6
33,4	5,8	5,6	5,4	33,4	4,0 A	10,6* A	7,3
66,6	4,8	5,0	5,1	66,6	6,4 A	9,8* A	8,1
100	4,0	4,0	4,0	100	3,7 A	3,7 A	3,7
Média	4,6 A	5,1 A		Média	4,8	7,1	
	CV: 32,0				CV: 38,9		
3º Cultivo							
% RLT2	MAP	TSP	Média				
	g kg <sup>-1</sup>						
Controle	4,3						
	6,9	7,8	7,4				
33,4	6,3	8,6*	7,4				
66,6	5,5	6,6	6,6				
100	5,9	5,9	5,9				
Média	6,4 A	7,2 A					
	CV: 27,8						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Foi observado no 1º cultivo, na dose 33,4% de RLT2 em TSP, diferença de 287,24 mg kg<sup>-1</sup> de Ca, em comparação com MAP. Já no 3º cultivo, a dose 33,4% de RLT2 em MAP, apresentou concentração de 670,89 mg kg<sup>-1</sup>, obtendo diferença de 351,5 mg kg<sup>-1</sup> de Ca, comparando com TSP (Tabela 33).

Reis, (2020) observou que os maiores teores de cálcio com a utilização do fosfato natural de Gafsa, isso pode ser relacionado à presença do nutriente em maior quantidade nesta fonte, uma vez que ele apresenta 35% de Ca e o superfosfato triplo apresenta 14% de Ca na sua composição. Isso pode explicar porque os teores de cálcio podem estar elevados nos tratamentos. Da mesma forma Caione et al. (2013) analisando diferentes fontes de P, também observaram maiores teores de cálcio no solo com a utilização de fosfato natural quando comparado ao superfosfato triplo.

Isso foi identificado por Dias (2012) com a aplicação de termofosfato magnesiano como fonte de fósforo de menor solubilidade, isso proporcionou um aumento no teor de cálcio no solo.

**Tabela 33.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

Ca - Acúmulo Planta							
% RLT2	1º Cultivo			2º Cultivo			Média
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	
	mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>			
Controle	3,31			Controle	6,7		
0	312,6* A	238,0 A	275,3	0	165,6*	169,3*	167,5
33,4	210,2 B	497,4* A	353,8	33,4	227,9*	259,3*	243,6
66,6	363,7* A	521,2* A	442,5	66,6	208,1*	273,4*	240,7
100	203,4 A	203,4 A	203,4	100	222,7*	222,7*	222,7
Média	272,5	365,0	Média	206,1 A	231,2 A		
	CV: 42,8			CV: 33,6			
3º Cultivo							
% RLT2	Acumulado			Média			Média
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	
	mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>			
Controle	4,1			Controle	14,1		
0	453,6* A	671,0* A	562,3	0%	931,8*	1078,3*	1005,0
33,4	670,9* A	319,4 B	495,1	33,4	1108,9*	1076,1*	1092,5
66,6	477,6* A	542,1* A	509,8	66,6	1049,4*	1336,7*	1193,0
100	214,3 A	214,3 A	214,3	100	640,4*	640,4*	640,4
Média	454,1	436,7	Média	932,6 A	1032,4 A		
	CV: 37,4			CV: 24,7			

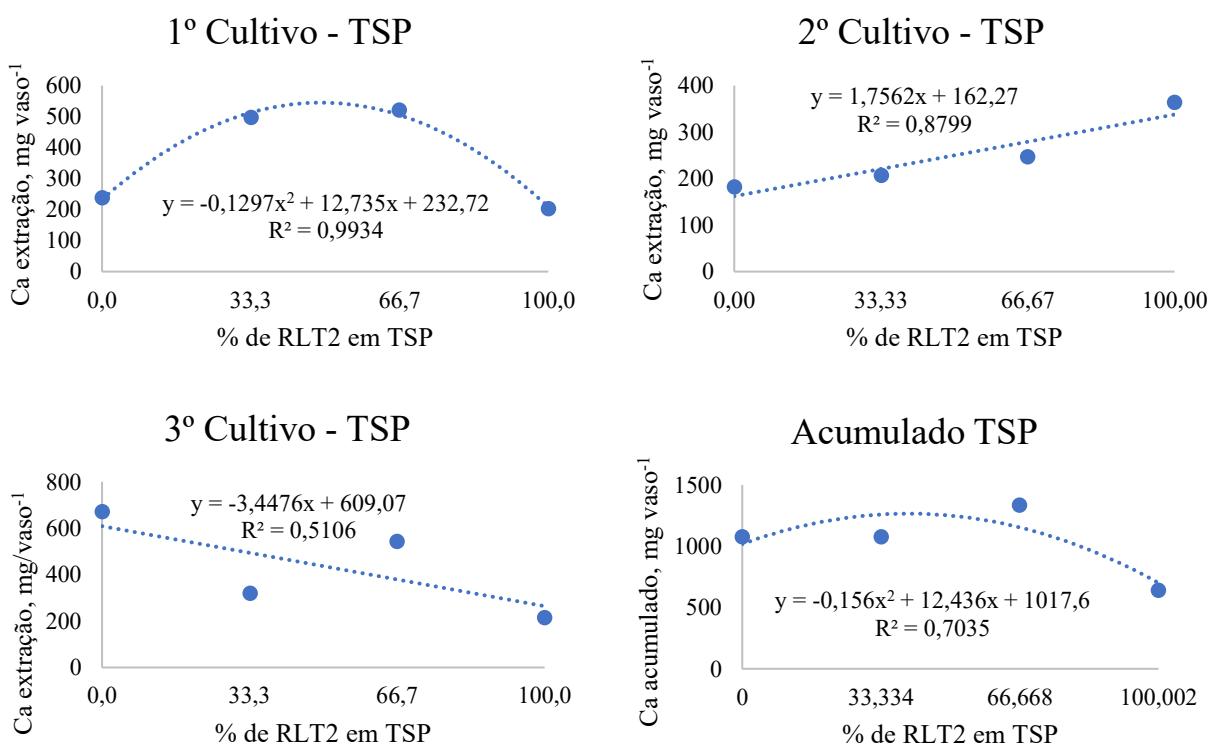
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Quando comparado ao tratamento, os maiores teores de Ca extraídos, foram 670,99 e 670,89 mg kg<sup>-1</sup> no 3º cultivo, nas doses de 0% e 33,4% de RLT2 com TSP e MAP, respectivamente. No acumulado o tratamento com 33,4% de RLT2 em MAP, obteve diferença de 1152,15 mg kg<sup>-1</sup> em relação ao controle (Tabela 33).

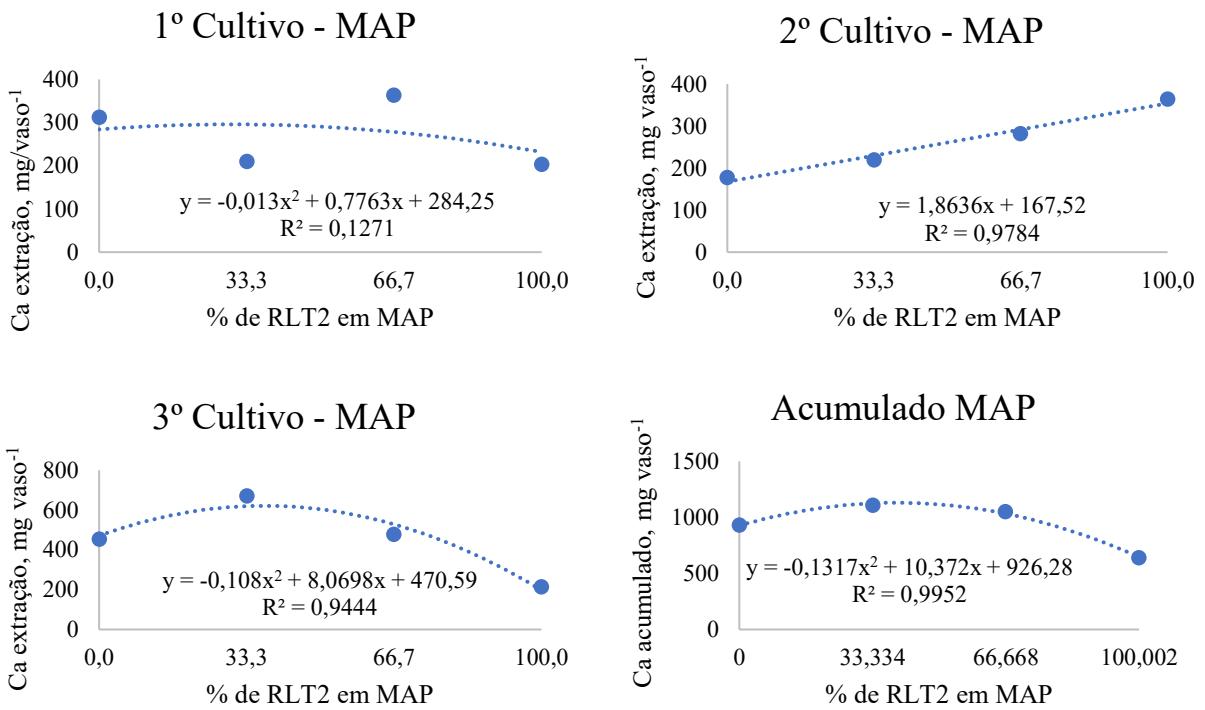
Com relação a análise de regressão, no 1º cultivo houve acréscimo do acúmulo de Ca até o tratamento com 66,7% de RLT2 em TSP, no entanto, com o aumento da dose de RLT2 notou-se decréscimo na extração Ca pela braquiária. Entretanto, no 2º cultivo foi observado acréscimo no acúmulo de Ca com o aumento da dose de RLT2 em MAP e TSP (Figura 37 e 38).

Já no 3º cultivo houve acréscimo de extração somente até dose de 33,4% RLT2 em MAP, mas à medida que se elevou a dose RLT2 observou-se redução no acúmulo de Ca pelas plantas. Resultado semelhante ocorreu com o acumulado em MAP (Figura 38).

Para acumulado de Ca com uso de RLT2 em MAP houve decréscimo na extração somente na dose de 66,6% de RLT2 em TSP.



**Figura 37.** Acúmulo de Ca na planta da parte aérea de braquiária do primeiro cultivo em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP e TSP em solo de textura média.



**Figura 38.** Acúmulo de Ca na planta da parte aérea de braquiária do primeiro cultivo em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP e TSP em solo de textura média.

**Tabela 34.** Teor de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

Mg - Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	$\text{g kg}^{-1}$				$\text{g kg}^{-1}$		
Controle	1,48			Controle	1,65		
0	5,8*	6,1*	5,99	0	3,8*	3,0	3,4
33,4	5,6*	4,4*	5,04	33,4	3,1*	3,6	3,3
66,6	4,2*	4,7*	4,48	66,6	3,5*	3,1	3,3
100	3,6	3,6	3,57	100	2,3	2,3	2,3
Média	4,8 A	4,7 A		Média	3,3 A	2,9 A	
	CV: 27,4				CV: 25,4		
3º Cultivo							
% RLT2	MAP	TSP	Média				
	$\text{g kg}^{-1}$						
Controle	1,0						
0	4,8*	5,1*	5,0				
33,4	3,8	3,9	3,9				
66,6	5,1*	3,7	4,4				
100	4,1*	4,1*	4,1				
Média	4,5 A	4,2 A					
	CV: 35,4						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Ao avaliar os teores de Mg na planta não apresentaram diferenças significativas entre as fontes em nenhum dos cultivos. Nem quando comparados com o tratamento controle (Tabela 34).

No 2º cultivo o tratamento com 0% de RLT2 em (TSP), foi encontrada a maior diferença com 4,67 g kg<sup>-1</sup>, em relação ao controle (Tabela 32). Souza et al. (2020) não observou diferença entre os tratamentos no 1º cultivo, mas no 2º corte houve uma elevação no teor de Mg na folha com fosfato natural em mistura com TSP (50% e 50%).

Já Francisquini Junior (2019) observou interação significativa para Mg na planta, trabalhando com Mombaça solteira e consorciada.

Para extração Mg, houve diferença significativa entre as fontes no 3º cultivo e acumulado no tratamento 33,4% de RLT2 em MAP. Mas quando comparado ao controle, todos os tratamentos no 1º, 2º cultivo e acumulado, apresentaram diferença significativa (Tabela 35).

**Tabela 35.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura média (LVdt).

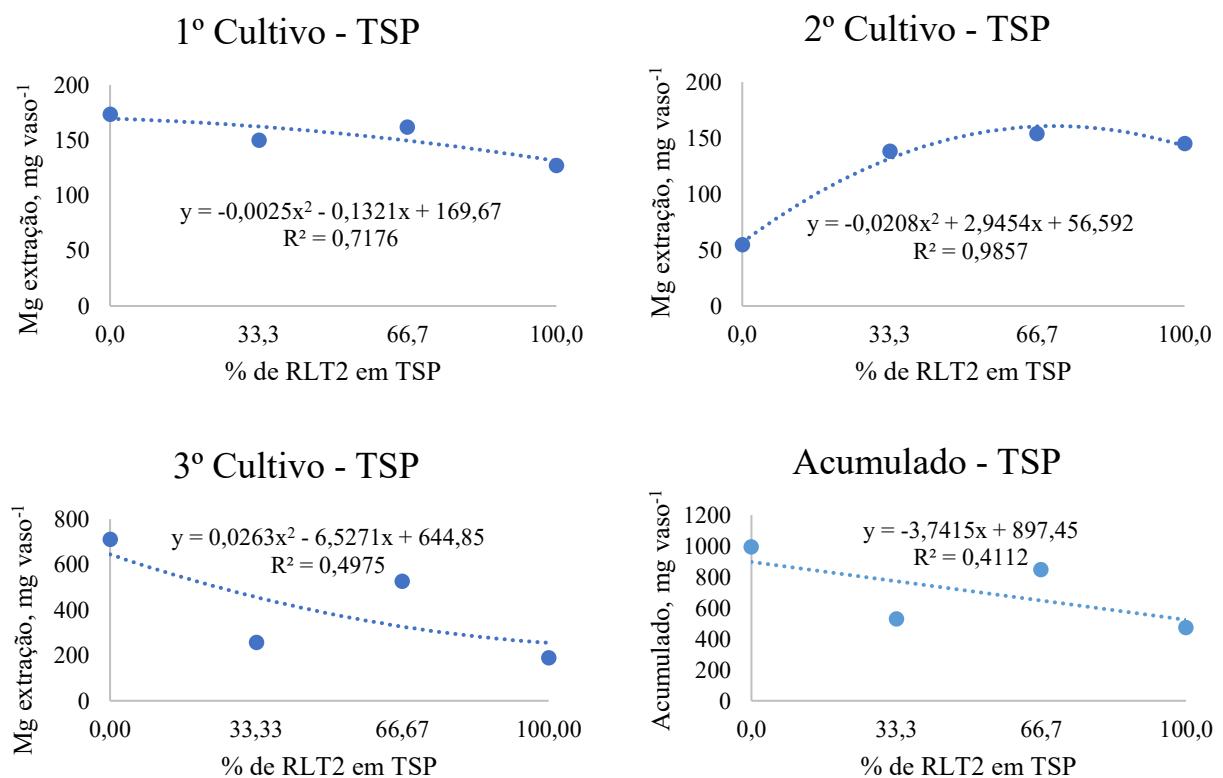
Mg - Acúmulo Planta										
% RLT2	1º Cultivo			2º Cultivo						
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média			
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>					
Controle	1,6			Controle	1,5					
0	238,9*	173,7*	206,3	0%	116,1*	109,4*	112,8			
33,4	182,0*	150,2*	166,1	33,4	141,4*	120,8*	131,1			
66,6	190,1*	162,0*	176,0	66,6	158,1*	159,7*	158,9			
100	127,3*	127,3*	127,3	100	156,7*	156,7*	156,7			
Média	184,6 A	153,3 A		Média	143,4 A	136,3 A				
	CV: 33,5				CV: 39,4					
	3º Cultivo									
% RLT2	Acumulado									
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média			
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>					
Controle	2,0			Controle	5,1					
0%	656,5* A	711,1* A	683,8	0%	1011,5* A	994,2* A	1002,9			
33,4	658,7* A	256,5 B	457,6	33,4	982,1* A	527,5* B	754,8			
66,6	427,0* A	526,6* A	476,8	66,6	776,7* A	846,7* A	811,7			
100	189,0 A	189,0 A	189,0	100	472,9* A	472,9* A	472,9			
Média	482,8	420,8		Média	810,8	710,37				
	CV: 32,8				CV: 23,01					

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

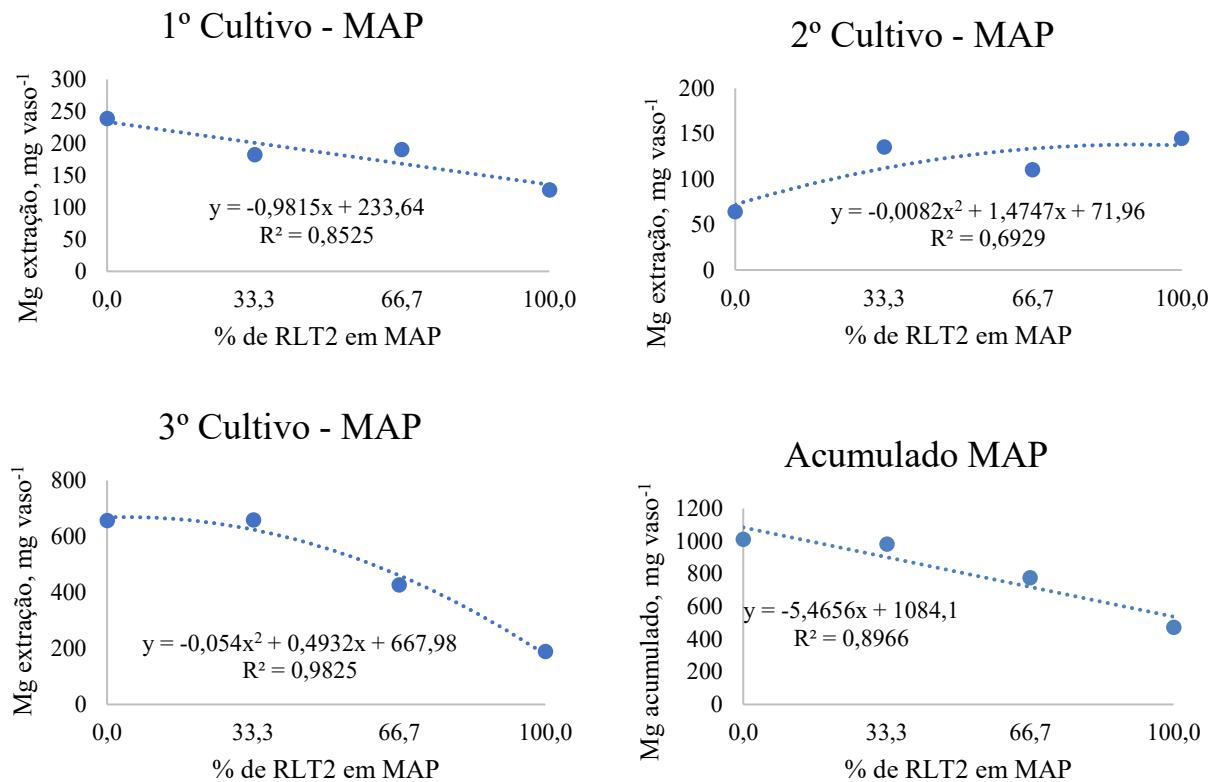
No 3º cultivo e acumulado a dose 33,4% de RLT2 em MAP, obteve diferença de 402,2 mg kg<sup>-1</sup> na extração Mg em braquiária, quando comparado com TSP. Porém, a dose 0% de RLT2 em TSP obteve diferença de 709,1 mg kg<sup>-1</sup> na extração Mg em braquiária, quando comparado com o tratamento controle (Tabela 35).

Francisquini Junior (2019) observou que o acúmulo de Mg no 1º ano de cultivo, com interação significativa para magnésio em Mombaça solteira e consorciada com leguminosa utilizando fosfato natural. Ao avaliar os resultados do 1º, 3º cultivo, foi observado redução na extração ao elevar o nível de RLT2 em ambas as fontes (MAP e TSP) (Figura 39 e 40).

Em relação análise de regressão para o acúmulo de Mg, no 2º cultivo foi observado curva com acréscimo de acúmulo de Mg até o tratamento com 66,6% de RLT2 em (TSP), contudo com o aumento da dose de RLT2, houve o decréscimo na extração Mg (Figura 39).



**Figura 39.** Acúmulo de Mg na planta da parte aérea de braquiária do primeiro cultivo em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP e TSP em solo de textura média.



**Figura 40.** Acúmulo de Mg na planta da parte aérea de braquiária do primeiro cultivo em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP e TSP em solo de textura média.

### **Elementos no solo**

Para análise de solo foi observado diferença significativa entre as fontes somente para teores de Mg, na dose de 66,6% RLT2. Na comparação dos tratamentos com o controle foi observado diferença nos teores de Ca, Mg e pH (Tabela 36).

Os resultados de extração P no extrator Mehlich-1 e Resina não demonstraram diferença estatística entre as fontes nem quando comparados com o controle (Tabela 36).

Luchini (2008) avaliando o comportamento das fontes de Arad, Fosforita e TSP na correção de solo observou que as fontes fosfatadas elevaram os teores de P disponível no solo, com a realização da calagem e sem calagem.

**Tabela 36.** Teores de P (extrator mehlich-1 e resina), Ca, Mg, H+Al e pH após três cultivos de braquiária em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP 180 dias em solo de textura média (LVdt).

Análise de Solo											
% RLT2	P - Mehlich			P - Resina			pH				
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média
	mg dm <sup>-1</sup>			mg dm <sup>-1</sup>			CaCl <sub>2</sub>				
Controle	0,9			Controle	0,5		Controle	4,3			
0	22,4	26,3	24,4	0	2,7	13,9	8,3	0	4,0*	4,2*	4,1
33,4	57,7	13,5	35,6	33,4	11,1	7,3	9,2	33,4	4,5*	5,0*	4,8
66,6	18,8	32,6	25,7	66,6	7,9	14,5	11,2	66,6	5,5	4,7*	5,1
100	25,6	25,6	25,6	100	15,0	15,0	15,0	100	5,0*	5,0*	5
Média	31,1 A	24,4 A		Média	9,2 A	12,7 A		Média	4,75 A	4,75 A	
	CV: 110,1			CV: 97,0			CV: 12,1				
	Ca - Solo			Mg - Solo			H+Al				
% RLT2	% RLT2			% RLT2			% RLT2				
	MAP	TSP	Média	MAP	TSP	Média	MAP	TSP	Média		
	cmolc dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>				
Controle	43,6			Controle	7,5		Controle	0,9			
0	24,8*	29,1*	27,0	0	1,4* A	1,5* A	1,4	0	0,9	0,9	0,9
33,4	23,9*	35,9	29,9	33,4	1,5* A	2,6* A	2,0	33,4	1,0	0,9	1,0
66,6	41,0	34,1	37,6	66,6	3,8* A	2,3* B	3,1	66,6	0,8	1	0,9
100	38,5	38,5	38,5	100	4,5 A	4,5 A	4,5	100	0,8	0,8	0,8
Média	32,1 A	34,4 A		Média	2,8	2,7		Média	0,9 A	0,9 A	
	CV: 26,0			CV: 37,1			CV: 16,0				

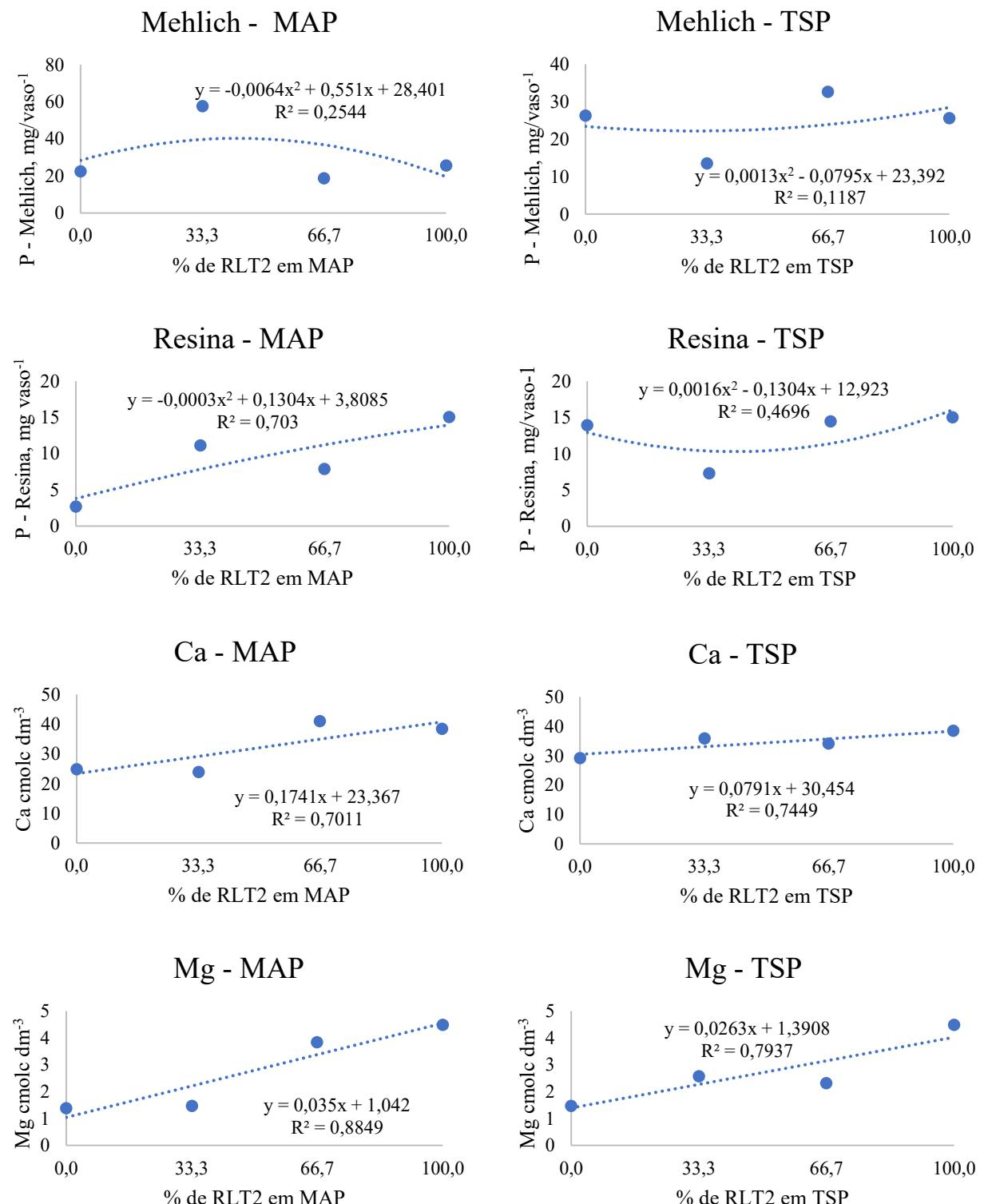
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Em estudos Nicchio (2018) observou que os teores de P no solo com o extrator Mehlich e Resina em solo de textura média, obtiveram grande variações entre as fontes, mas que a fonte TSP obteve os teores mais baixos. Podemos observar que os teores de P no solo para o extrator Resina, estão mais próximos do adequado para a cultura entre 8 a 11 mg dm<sup>-3</sup> SOUSA E LOBATO (2003), e que o extrator Mehlich-1 pode estar superestimando os teores de P na análise. Como observado por Nicchio (2014), onde os extratores Mehlich-1 e Resina superestimaram a disponibilidade de P em solo adubados com fosfato parcialmente calcinado e fosfato natural alvorada. Nos teores de Mg, foi observada na dose 66,6% de RLT2 em MAP, diferença significativa de 1,53 cmolc dm<sup>-3</sup>, quando comparada com TSP no mesmo nível de RLT2. Com relação a extração Ca e Mg, todos os tratamentos apresentaram teores menores, em comparação com o controle (Tabela 36).

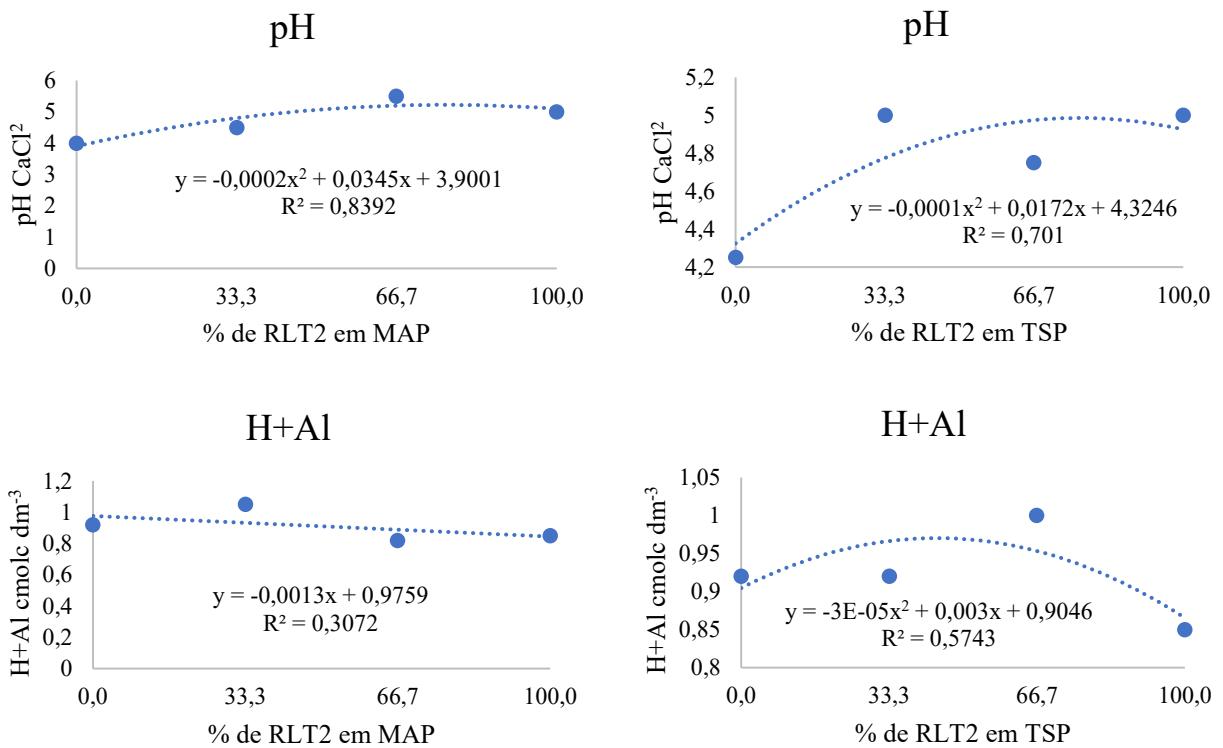
Para pH do solo não foi observada diferença significativa nas doses de RLT2 para ambas as fontes (MAP e TSP). Korndörfer et al. (1999) também não observaram alterações nos valores de pH do solo, nem mesmo quando utilizada doses mais elevadas de fosfatos (400 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> h<sup>-1</sup>). Foi observado na análise de regressão, que na medida que aumentou a dose de RLT2 em MAP, houve acréscimo nos teores de (P) extraídos por Resina. Semelhantemente ao

observado no resultado do extrator Resina, ocorreu no acúmulo de Ca e Mg, obtendo acréscimos com a aumento dos níveis de RLT2 em MAP (Figura 40).

Para o pH do solo, com o aumento das doses de RLT2 em MAP, houve redução da acidez do solo ( $H+Al$ ).



**Figura 41.** Análise de solo em função da aplicação de RLT2 em mistura com MAP e TSP em solo de textura média.



**Figura 42.** Análise de pH e H+Al em função da aplicação de RLT2 em mistura com MAP e TSP em solo de textura média.

Os resultados relacionados ao RLT2 nas fontes avaliadas, mostraram que houve efeito residual com liberação de P no solo, com o aumento das doses de RLT2, mesmo não apresentando diferença estatística entre as fontes. Esses resultados corroboram com os de César (2016) ao observar resultados satisfatórios sobre os teores de P em um solo de textura média com a aplicação de rocha de bayóvar associada com S<sub>0</sub> e MAP ou SFT antes do plantio de soja.

#### 4.5. Neossolo Quartzarênico Órtico – RLT1

##### *Produção de Massa seca*

Ao avaliar a produção de massa seca em Neossolo Quartzarênico Órtico – (RQo) foram observadas diferenças significativas entre as fontes, no 1º e 3º cultivo assim como no acumulado. Ao comparar o controle aos demais tratamentos (em todos os cortes e acumulado) verificou-se que aplicação de P independente da fonte e dose aumentou a produção de massa seca (Tabela 37).

**Tabela 37.** Médias de massa seca de três cultivos do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

MASSA SECA							
% RLT1	1º Cultivo			2º Cultivo			Média
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	
	g vaso <sup>-1</sup>			g vaso <sup>-1</sup>			
Controle	2,2			Controle	2,8		
0	111,3* A	120,4* A	115,8	0	50,0*	46,1*	48,1
33,4	127,5* A	94,8* B	111,1	33,4	49,6*	54,1*	51,9
66,6	121,9* A	103,1* A	112,5	66,6	46,3*	48,9*	47,6
100	85,2* A	85,2* A	85,2	100	42,5*	42,5*	42,5
Média	111,5	100,9		Média	47,1 A	47,9 A	
	CV: 15,0				CV: 16,5		
3º Cultivo							
% RLT1	Acumulado			g vaso <sup>-1</sup>			Média
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	
	g vaso <sup>-1</sup>			g vaso <sup>-1</sup>			
Controle	6,7			Controle	6,8		
0	32,2* A	18,0* B	25,1	0%	193,5* A	184,5* A	189,0
33,4	31,8* A	28,5* A	30,2	33,4	209,0* A	177,4* B	193,2
66,6	33,0* B	38,9* A	36,0	66,6	201,2* A	191,0* A	196,1
100	29,3* A	29,3* A	29,3	100	157,0* A	157,0* A	157,0
Média	31,6	28,7		Média	190,2	177,5	
	CV: 11,7				CV: 9,98		

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

No 1º cultivo, quando se aplicou MAP com 33,4% de RLT1 a produção foi maior que o TSP. Por outro lado, no 3º Cultivo observou-se no nível de 66,6% de RLT1 maior produção com tratamento TSP (Tabela 37).

No acumulado, o MAP na dose 33,4% de RLT1 apresentou diferença de 31,06 g vaso<sup>-1</sup>, em relação a fonte TSP no mesmo nível, sendo também a fonte que obteve maior acúmulo de massa seca com 209,01 g vaso<sup>-1</sup> em comparação ao controle.

Nicchio (2018) aos 100 dias após a aplicação, observou produção de massa seca independente da fonte utilizada (MAP, TSP, FNR e FNR Bayóvar). Já Santos et al. (2006) observaram que a produção de massa seca da parte aérea do milheto, relacionada a aplicação da fonte TSP, proporcionou acréscimos na produção.

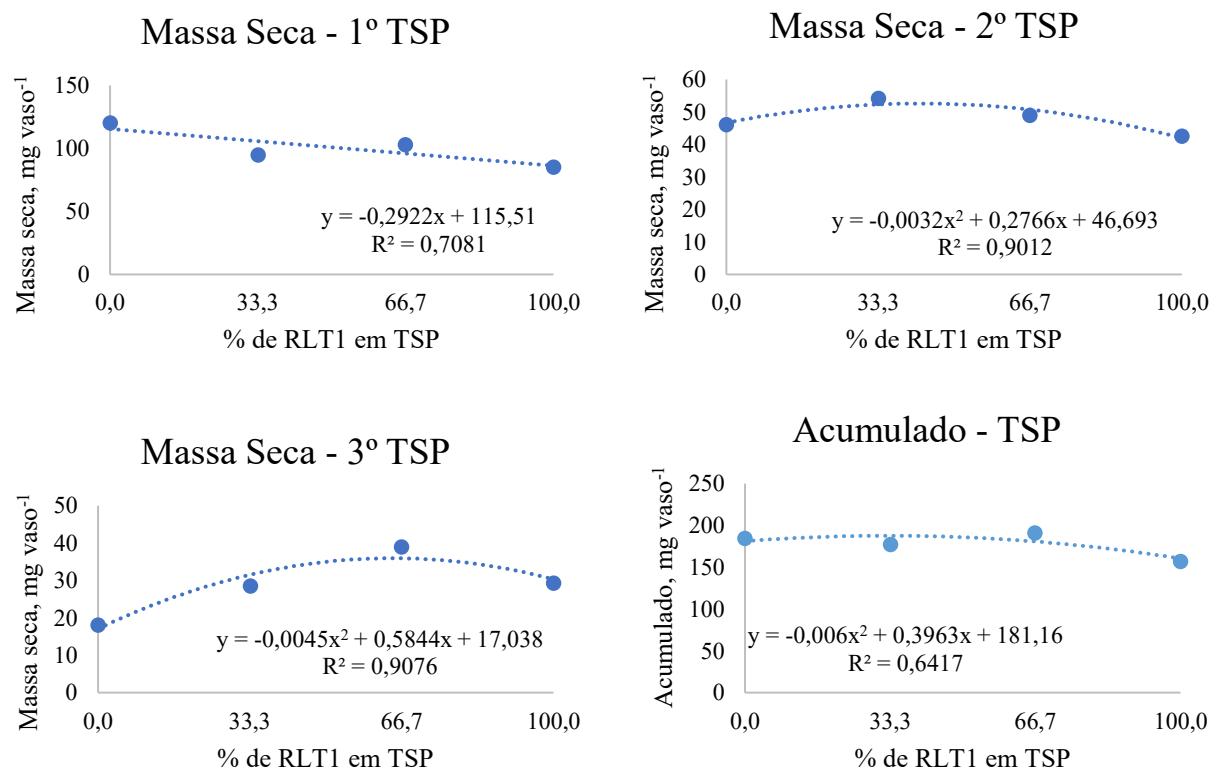
Em trabalho com milho e soja, utilizando aplicação de fosfato natural de Gafsa e TSP na mesma composição, Franzini et al. (2009) encontraram resultados satisfatórios sobre a produção de massa seca de ambas as culturas, mas não obteve o mesmo resultado quando as fontes foram somente misturadas antes da aplicação. Já Prochonow et al. (2004) não

encontraram diferenças significativas na produção de massa seca de azevém e trigo, utilizando fosfato natural de Patos de Minas + TSP.

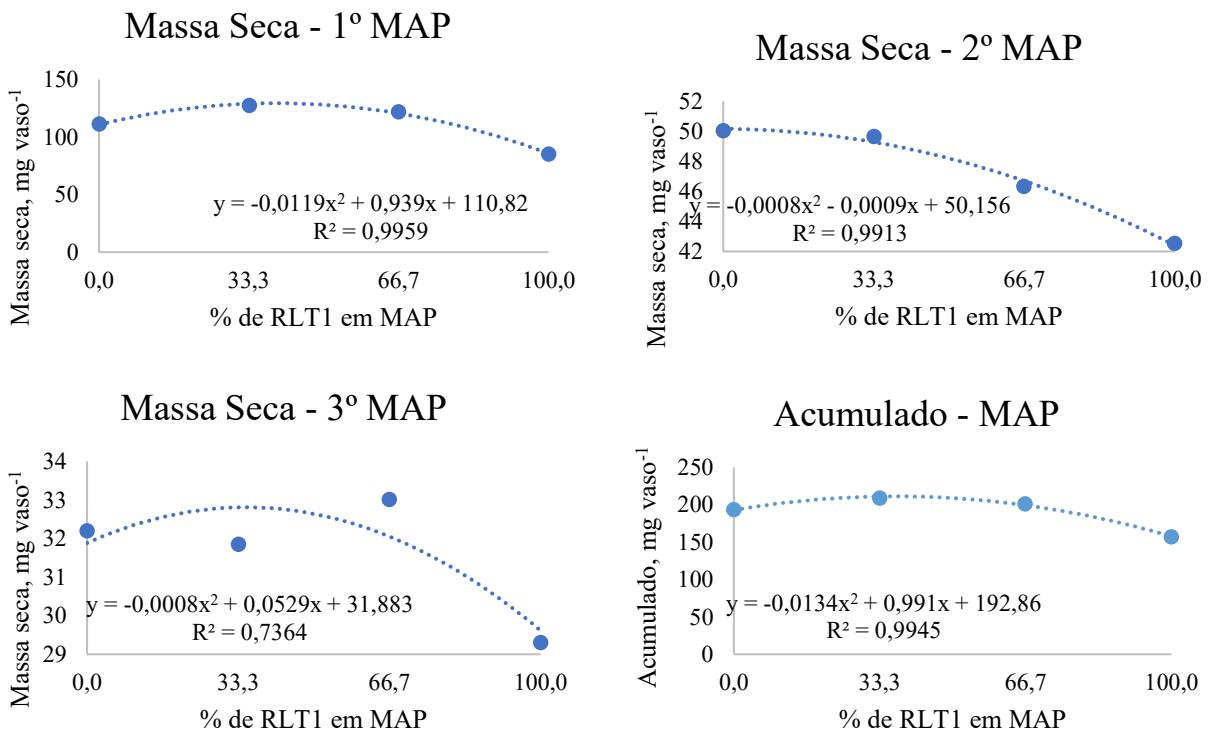
Resultado observado por César (2016) demonstram maior produção de Massa seca de milho com aplicação de MAP + S<sub>0</sub>, TSP + S<sub>0</sub>, MAP + FN e TSP + FN, conduzidos em casa-de-vegetação.

A análise de regressão de ambas as fontes demonstrou que não houve acréscimo na produção de massas seca, com o aumento da concentração RLT1 em MAP e TSP, mas no terceiro corte em ambas a fontes MAP e TSP, observou-se incremento na produção, o que pode indicar efeito residual da fonte RLT1 na produção de massa seca de capim-marandu (Figura 43 e 44).

Reis (2020) em trabalho com o capim urochloa brizantha cv. xaraés, utilizando doses de 100, 150 e 200 kg há<sup>-1</sup> de superfosfato triplo e fosfato natural Gafsa, não observou que diferença significativa na produção de massa seca no terceiro corte, o que pode estar relacionado ao efeito fosfato Gafsa, sendo eficiente em disponibilizar P ao longo do cultivo.



**Figura 43.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 associado ao TSP em solo de textura arenosa (RQo).



**Figura 44.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 associado ao MAP em solo de textura arenosa (RQo).

**Tabela 38.** Teor de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

P - Planta										
% RLT1	1º Cultivo				2º Cultivo					
	MAP		TSP		Média	MAP		TSP		
	$\text{g kg}^{-1}$					$\text{g kg}^{-1}$		$\text{g kg}^{-1}$		
Controle	0,54				Controle	0,49				
0%	1,16 A	0,59 B	0,88		0%	0,55	0,49	0,52		
33,4	0,75 A	1,07 A	0,91		33,4	0,77	0,59	0,68		
66,6	0,77 A	0,96 A	0,86		66,6	0,68	0,7	0,69		
100	1,35 A	1,35 A	1,35		100	0,76	0,76	0,76		
Média	1,01	0,99			Média	0,69 A	0,63 A			
	CV: 25,01					CV: 38,51				
3º Cultivo										
% RLT1	MAP		TSP		Média					
Controle	$\text{g kg}^{-1}$				0,92					
0%	2,06* A		1,71 A		1,89					
33,4	2,53* A		2,30* A		2,42					
66,6	2,11* B		2,79* A		2,45					
100	2,43* A		2,43* A		2,43					
Média	2,28		2,31							
	CV: 19,18									

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

As concentrações de P na planta, apresentaram diferença significativa entre as fontes, no 1º e 3º cultivo. No 1º cultivo o teor de P foi maior com MAP na dose de 0%. No entanto, no 3º cultivo o TSP apresentou maior teor na dose de 66,6% de RLT1 (Tabela 38). Quando comparado o controle aos demais tratamentos observou diferença significativa no 3º cultivo (Tabela 38).

Para o acúmulo de P na planta, somente foram observadas diferenças significativas entre as fontes no 2º cultivo e acumulado (Tabela 41). Os resultados de extração P na planta demonstraram que o tratamento 66,6% de RLT1 em TSP no 2º cultivo apresentou o melhor teor de P com  $108,43\text{ mg kg}^{-1}$  em plantas de braquiária, diferença de  $38,22\text{ mg kg}^{-1}$  em relação ao MAP na mesma dose.

No acumulado o tratamento com 0% de RLT1 em MAP obteve diferença de  $101,05\text{ mg kg}^{-1}$  de P extraído, na comparação com TSP no mesmo nível (Tabela 41).

**Tabela 39.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

P - Acúmulo Planta										
% RLT1	1º Cultivo			2º Cultivo						
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média			
	$\text{mg vaso}^{-1}$				$\text{mg vaso}^{-1}$					
Controle	1,79			Controle	1,62					
0%	26,72*	23,19	24,96	0%	67,59* A	31,14 B	49,36			
33,4	37,87*	32,53*	35,2	33,4	81,64* A	65,71* A	73,67			
66,6	30,77*	34,32*	32,54	66,6	70,21* B	108,43* A	89,32			
100	33,03*	33,03*	33,03	100	70,88* A	70,88* A	70,88			
Média	32,10 A	30,77 A		Média	72,58	69,04				
	CV: 38,76				CV: 23,13					
	3º Cultivo									
% RLT1	Acumulado									
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média			
	$\text{mg vaso}^{-1}$				$\text{mg vaso}^{-1}$					
Controle	2,13			Controle	5,55					
0%	69,21*	130,29*	99,75	0%	224,60* A	123,55* B	174,08			
33,4	94,81*	96,51*	95,66	33,4	214,33* A	194,75* A	204,54			
66,6	97,86*	97,86*	96,15	66,6	195,43* A	240,61* A	218,02			
100	116,08*	116,08*	116,08	100	219,99* A	219,99* A	219,99			
Média	108,91 A	94,91 A		Média	213,59	194,73				
	CV: 28,56				CV: 17,52					

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

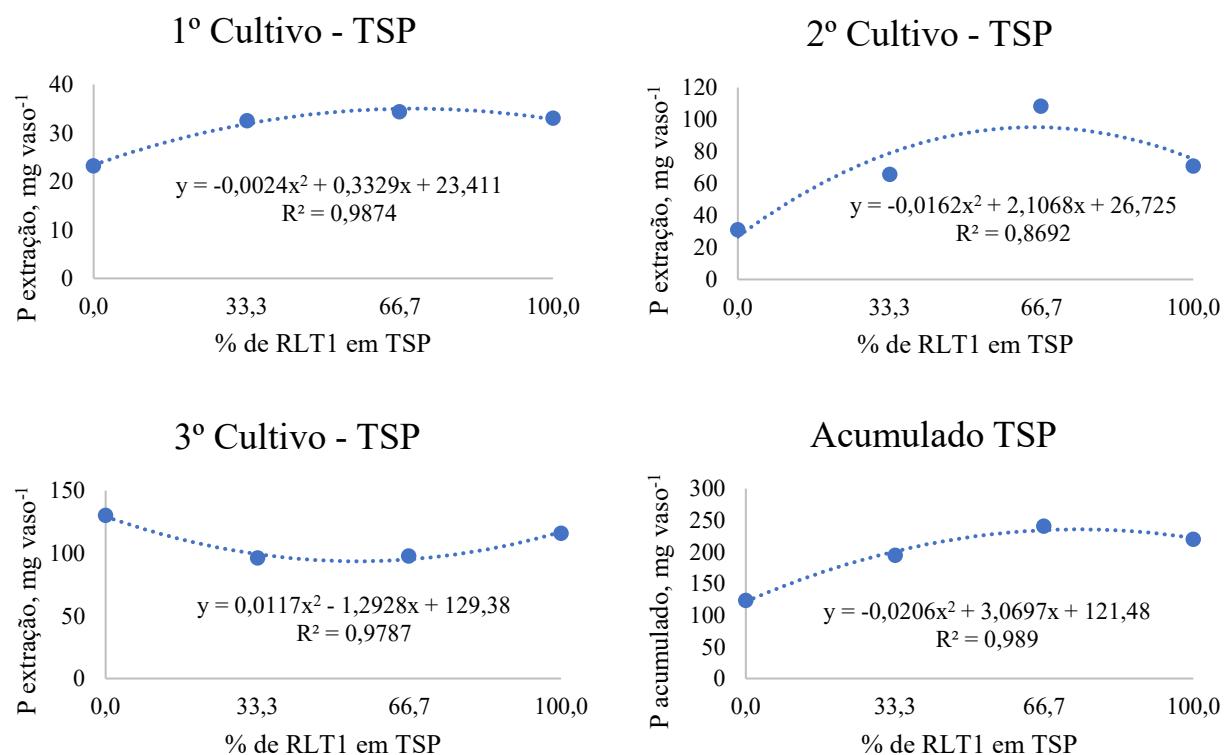
No 3º cultivo houve diferença entre os tratamentos quando comparado ao controle. O tratamento na dose 0% de RLT1 em TSP apresentou diferença de  $128,16\text{ mg kg}^{-1}$  em relação

ao controle. Independente da fonte foi observado incrementos nos teores de P em todos os cultivos, já que o tratamento controle apresentou valores menores em relação a todos os tratamentos (Tabela 41).

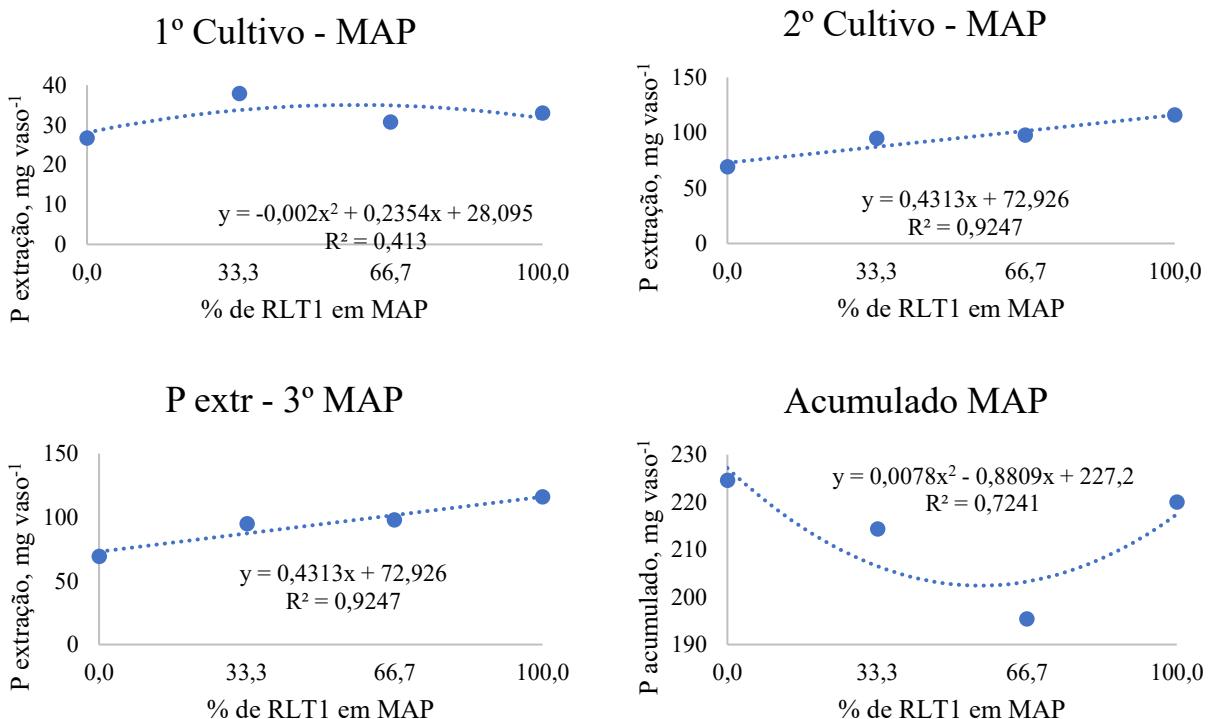
Foi observado na análise de regressão para a fonte TSP, que até a concentração de 66,6% RLT1 houve um acréscimo no acúmulo de P, mas, com o aumento da concentração RLT1, houve uma queda na extração no 1º e 2º cultivo (Figura 45).

Por outro lado, o aumento da concentração de RLT1 em MAP no 2º cultivo apresentou acrescimos no acúmulo de P no cultivo de braquiária (Figura 46). Porém, o 3º cultivo apresentou redução com o aumento do nível de RLT1 em TSP e MAP.

Experimento conduzido em casa-de-vegetação, em solo de textura arenosa, utilizando a associação de fosfato natural de baixa reatividade com TSP demonstrou que após 100 dias da aplicação houve maior produção de massa seca, altura de plantas, diâmetro de colmos, independente da fonte (NICCHIO, 2018).



**Figura 45.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao TSP em solo de textura arenosa.



**Figura 46.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura arenosa.

**Tabela 40.** Teor de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa RQo).

Ca - Planta							
% RLT1	1º Cultivo			2º Cultivo			Média
	MAP	TSP	Média	MAP	TSP	Média	
	g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>			
Controle	5,07			3,28			
0%	5,83	5,47	5,65	4,01	3,62	3,82	
33,4	3,81	3,62	3,71	5,16	6,47*	5,82	
66,6	4,16	4,09	4,12	3,34	3,30	3,32	
100	5,24	5,24	5,24	3,88	3,88	3,88	
Média	4,76 A	4,6 A		Média	4,1 A	4,32 A	
	CV: 18,63			CV: 35,38			
3º Cultivo							
% RLT1	MAP	TSP	Média				
	g kg <sup>-1</sup>						
Controle	3,81						
0%	5,55	5,13	5,34				
33,4	5,65	4,78	5,22				
66,6	6,23	7,25	6,74				
100	8,23*	8,23*	8,23				
Média	6,41 A	6,35 A					
	CV: 23,69						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Os teores foliares de Ca não foram influenciadas pela aplicação dos fertilizantes fosfatados. Mas, quando comparado os tratamentos ao controle ocorreram diferenças no 2º cultivo a dose 33,4% de RLT1 em TSP obteve diferença de 3,19 g kg<sup>-1</sup>.

Da mesma forma o 3º Cultivo, na dose 100% de RLT1 em MAP e TSP foi observado maior diferença em relação ao controle com 4,42 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 40).

No acúmulo de Ca, houve diferença significativa entre as fontes para o 2º e 3º cultivo. Para o 2º cultivo observou-se que a dose com 66,6% de RLT1 em TSP obteve diferença de 77,66 mg kg<sup>-1</sup> em relação ao MAP no mesmo nível de RLT1, porém, a dose com 0% de RLT1 em MAP apresentou diferença de 83,96 mg kg<sup>-1</sup> em relação ao TSP.

Da mesma forma Oliveria Filho et al. (2018) não constataram diferença significativa nos teores de cálcio no solo adubado com diferentes doses de superfosfato simples, de acordo com o autor as fontes de fosfato natural possuem quantidades de cálcio que ajudam a eliminar os íons de hidrogênio e neutralizar o alumínio, tornando o ambiente propício ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o que favorece o crescimento das culturas.

**Tabela 41.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

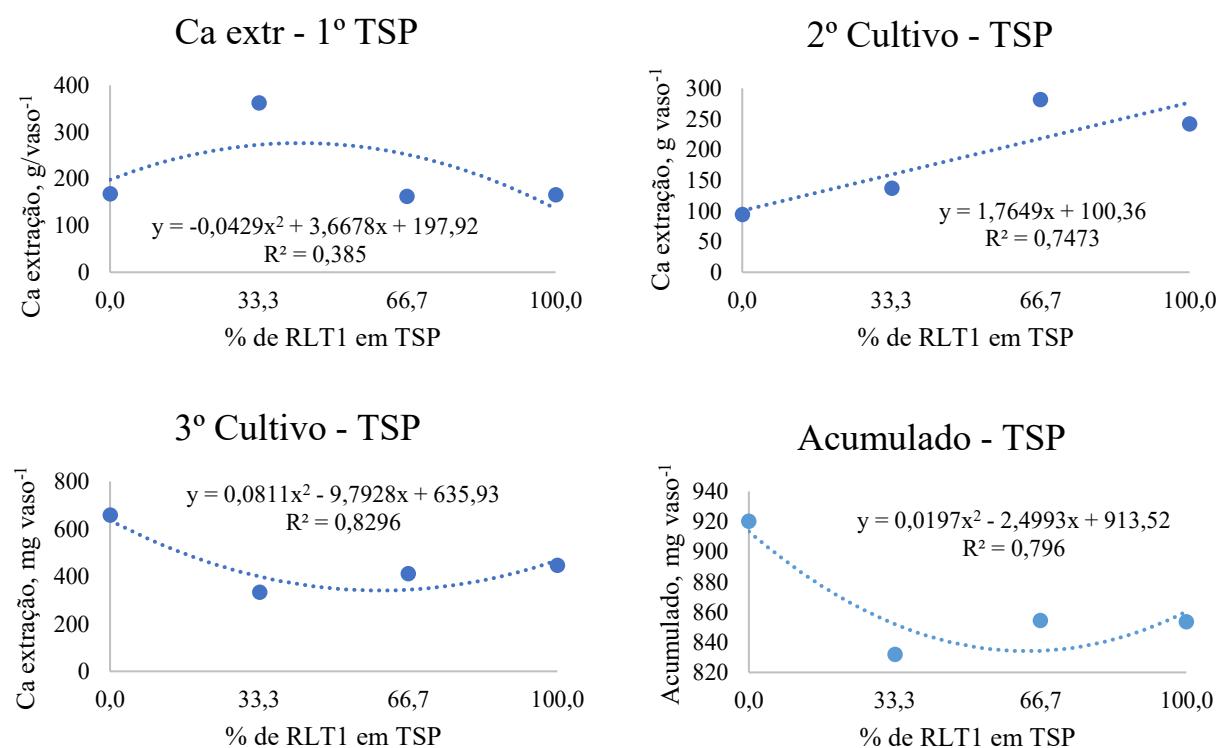
Ca - Acúmulo Planta													
% RLT1	1º Cultivo			2º Cultivo									
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média						
mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>										
Controle	9,26			Controle	6,7								
0%	201,35*	168,09	184,72	0%	177,94* A	93,98 B	135,96						
33,4	258,43*	362,46*	310,44	33,4	180,56* A	136,87* A	158,71						
66,6	156,00	162,18	159,09	66,6	204,08* B	281,74* A	242,91						
100	165,82	165,82	165,82	100	241,83* A	241,83* A	241,83						
Média	195,4 A	214,64 A	Média		201,1	188,61							
CV: 45,58				CV: 25,46									
3º Cultivo													
Acumulado													
% RLT1	MAP			Média									
	mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>									
Controle	13,63			Controle	29,6								
0%	649,2* A	658,1* A	653,65	0%	1028,5*	920,18*	974,34						
33,4	473,91* A	332,59* B	403,25	33,4	912,89*	831,92*	872,41						
66,6	487,44* A	410,44* A	448,98	66,6	847,61*	854,37*	850,99						
100	445,94* A	445,94* A	445,94	100	853,6*	853,61*	853,61						
Média	514,14	461,77	Média		910,65	865,02							
CV: 18,07				CV: 12,91									

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

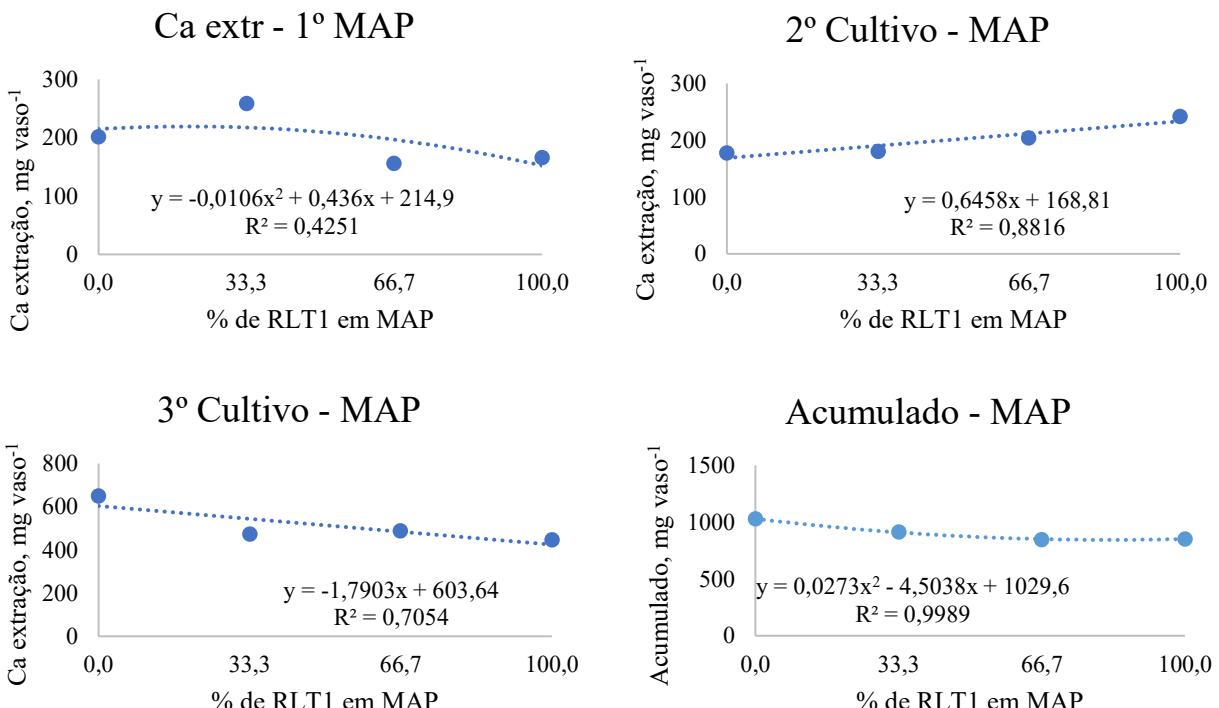
No 3º cultivo o tratamento com 33,4% de RLT1 em MAP obteve diferença de 141,32 mg kg<sup>-1</sup> na comparação com TSP. Quando comparado os tratamentos ao controle, todas as doses no 3º cultivo, obtiveram diferença significativa (Tabela 41).

Nota-se que o acúmulo de Ca pela planta de braquiária ocorreu gradualmente ao longo dos três cultivos. Elevados teores de Ca nesses tratamentos podem ser decorrente da dissolução desses fosfatos que contêm alta concentração de Ca e sua composição. Assim, como Nicchio (2018) observou em seu trabalho com cana-de-açúcar, que os tratamentos com fosfato natural Bayóvar e fosfato natural + TSP apresentaram altos teores de Ca no solo e na planta.

Para a regressão dos níveis de RLT1 para Ca, no 2º cultivo foi observado acréscimo do acúmulo de Ca, com o aumento da dose de RLT1 em MAP e TSP. Porém, no 3º cultivo houve redução no acúmulo de Ca, com o aumento da concentração de RLT1 em MAP e TSP (Figura 47 e 48).



**Figura 47.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao TSP em solo de textura arenosa.



**Figura 48.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura arenosa.

**Tabela 42.** Teor de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

Mg - Planta							
% RLT1	1º Cultivo			% RLT1	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	$\text{g kg}^{-1}$				$\text{g kg}^{-1}$		
Controle	1,74			Controle	2,33		
0%	6,32*	4,93*	5,62	0%	3,49	2,95	3,22
33,4	4,65*	4,04	4,34	33,4	3,01	2,67	2,84
66,6	4,66*	4,32	4,49	66,6	2,31	2,62	2,47
100	3,28	3,28	3,28	100	2,69	2,69	2,69
Média	4,73 A	4,14 A		Média	2,87 A	2,73 A	
	CV: 31,39				CV: 26,47		
3º Cultivo							
% RLT1	MAP	TSP	Média				
	$\text{g kg}^{-1}$						
Controle	1,66						
0%	2,98	2,42	2,7				
33,4	2,29	2,28	2,28				
66,6	3,45	3,28	3,36				
100	3,80	3,80	3,8				
Média	3,13 A	2,94 A					
	CV: 27,88						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Os teores de Mg na planta, não houve diferença significativa entre as fontes em nenhum dos cultivos. Mas, quando comparado os tratamentos ao controle, no 1º cultivo a dose 0% de RLT1 em MAP, obteve diferença de 4,58 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 42).

Em relação a extração Mg foi observado no 2º cultivo na dose de 0% de RLT1 e no 3º cultivo na dose com 33,4 % de RLT1 ambas em MAP, apresentaram diferença de 50,06 e 202,56 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, em comparação com TSP nas mesmas doses de RLT1.

De modo similar, o acumulado apresentou diferença nos tratamentos com 0% e 33,4% de RLT1 em MAP (Tabela 43). Quando comparado os tratamentos com o controle, somente na dose com 0% de RLT1 no 2º cultivo, não foi observado diferença significativa, mesmo apresentando concentração maior que o controle.

**Tabela 43.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

Mg - Acúmulo Planta										
% RLT1	1º Cultivo			2º Cultivo			Média			
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP				
	mg kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>					
Controle	6,61			Controle	3,0					
0%	177,68*	139,33*	158,51	0%	94,64* A	44,58 B	69,61			
33,4	148,82*	144,79*	146,81	33,4	73,19* A	65,17* A	69,18			
66,6	104,15*	129,15*	116,93	66,6	112,28* A	127,86* A	120,07			
100	115,47*	115,47*	115,47	100	111,16* A	111,16* A	111,16			
Média	136,67 A	132,18 A		Média	97,81	87,19				
	CV: 33,90				CV: 28,95					
3º Cultivo										
% RLT1	Acumulado									
	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média			
	mg kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>					
Controle	4,5			Controle	14,12					
0%	590,06* A	714,89* A	652,47	0%	987,21* A	773,98* B	880,6			
33,4	577,78* A	375,22* B	476,5	33,4	799,79* A	585,19* B	692,49			
66,6	553,31* A	433,25* A	493,28	66,6	770,32* A	690,26* A	730,29			
100	276,58* A	276,58* A	276,58	100	503,22* A	503,22* A	503,22			
Média	530,64	418,78		Média	765,14	638,16				
	CV: 26,95				CV: 21,11					

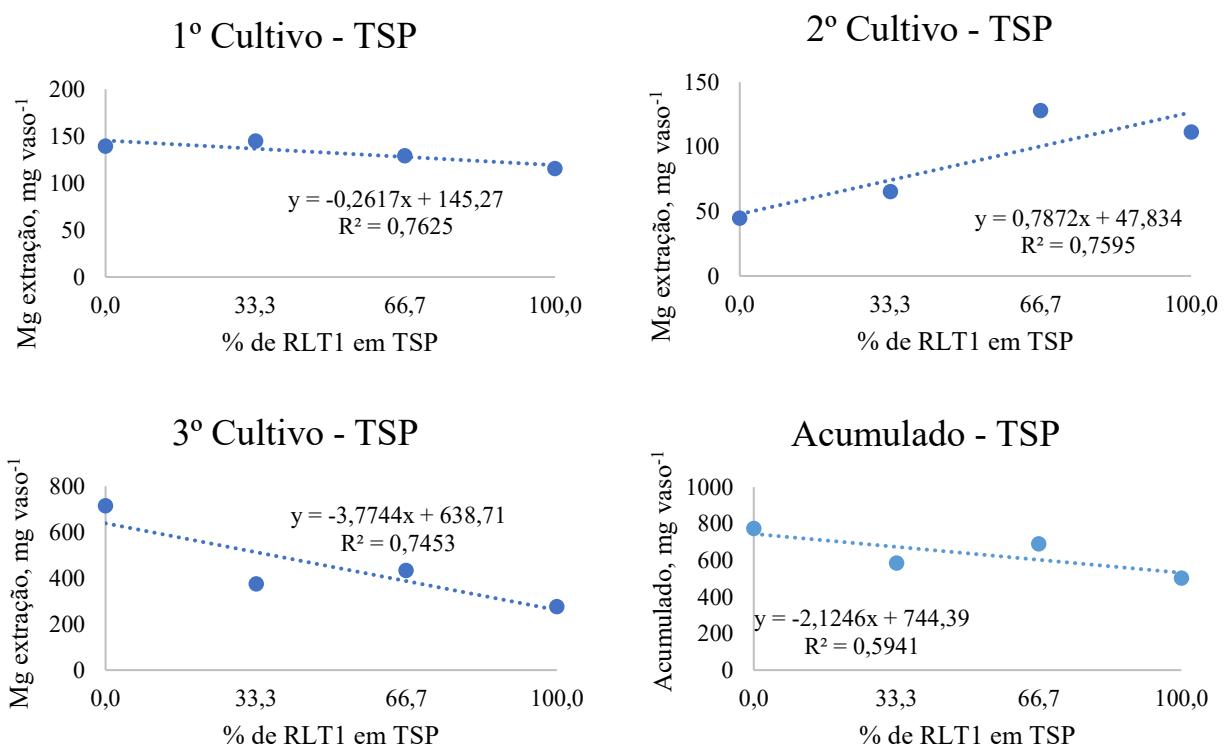
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

No 1º cultivo foi observado decréscimo de acúmulo de Mg, com o aumento das doses de RLT1 em mistura com MAP e TSP. No entanto, no 2º cultivo foi observado crescimento na extração Mg, até o tratamento com 66,% de RLT1 em TSP (Figura 43).

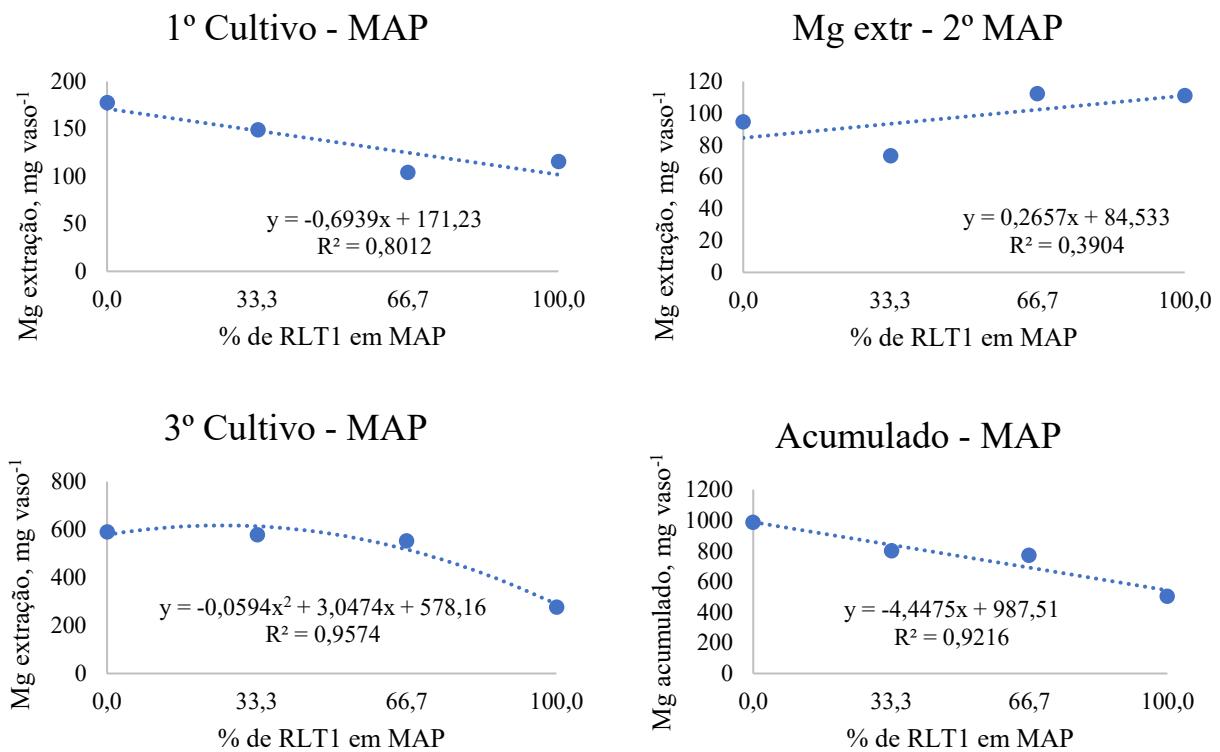
Trabalhando com o capim Mombaça, utilizando associação de diferentes fontes de fosfato naturais e solúveis, Souza et al. (2020), não observaram diferença no acúmulo de magnésio entre os tratamentos, mas no segundo corte, houve crescente elevação no teor de Mg nas folhas com Yoorin (50%) + supertriplo (50%), saindo de 2,6 g kg<sup>-1</sup> aos 60 dias, para 7,2 g kg<sup>-1</sup> com 105 dias após a aplicação.

Esse resultado pode ser devido a presença do elemento na fonte fosfatada Yorin que contem 7% de Mg em sua composição e também pela eficiência da forrageira em absorver o nutriente.

No terceiro corte e acumulado, o aumento dos níveis de RLT1 em MAP e TSP reduziu o acúmulo de Mg no capim-marandu. De acordo com Martinez et al. (1999), as concentrações ideais de Mg adequada seriam na faixa de 1 a 3 g kg<sup>-1</sup> de Mg.



**Figura 49.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao TSP em solo de textura arenosa.



**Figura 50.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT1 associado ao MAP em solo de textura arenosa.

### **Elementos no solo**

No Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) aos 180 DAA de diferentes fontes fosfatadas no volume total de solo de cada vaso foi observado diferença significativa entre as fontes para a variável pH, nos níveis de 0% e 33,4% de RLT1 em TSP.

Quando comparado os tratamentos ao controle, somente em Ca e H+AL, não foi observado diferença significativa em nenhuma das doses de RLT1 em (MAP e TSP) (Tabela 44).

Os resultados de teor P no extrator Mehlich-1 demonstraram que no tratamento 66,6% de RLT1 em MAP apresentou uma diferença de 22,44 mg dm<sup>-3</sup> no teor de P em comparação ao controle.

Já no extrator Resina, o tratamento com 100% de RLT1, apresentou diferença de 11,93 mg dm<sup>-3</sup> em relação ao tratamento controle. Nicchio et al. (2019) observaram incrementos nos teores de P em solo de textura arenosa no cultivo de milho, quando aplicaram fosfato de baixa solubilidade (Fosfato vale e fosfato parcialmente calcinado farelado).

**Tabela 44.** Teores de P (extrator mehlich-1 e resina), Ca, Mg, H+Al e pH após três cultivos de braquiária em função da aplicação de fosfato RLT1 em associação com MAP ou TSP 180 dias em solo de textura arenosa (RQo).

ANÁLISE DE SOLO												
% RLT1	P - Mehlich			% RLT1	P - Resina			% RLT1	pH			
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média	
	mg dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>				CaCl <sup>2</sup>			
Controle	2,29			Controle	0,13			Controle	4,47			
0%	12,61	10,99	11,8	0%	2,52	2,80	2,66	0%	4,25 B	5,00* A	4,62	
33,4	34,22	44,83	39,52	33,4	3,80	2,70	3,25	33,4	4,50 B	5,01* A	4,75	
66,6	70,89*	48,45	59,67	66,6	9,91	6,57	8,24	66,6	5,25 *A	5,03* A	5,12	
100	65,40*	65,40*	65,4	100	12,06*	12,06*	12,06	100	5,00* A	5,00* A	5	
Média	45,78 A	42,42 A		Média	7,07 A	6,03 A		Média	4,75		5	
	CV: 62,67				CV: 91,16				CV: 6,71			
	Ca - Solo				Mg - Solo				H+Al			
% RLT1	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média	% RLT1	MAP	TSP	Média	
	cmolc dm <sup>-3</sup>				cmolc dm <sup>-3</sup>				cmolc dm <sup>-3</sup>			
Controle	35,62			Controle	6,67			Controle	6,16			
0%	25,35	30,40	27,88	0%	1,4*	3,15*	2,3	0%	0,87	0,92	0,9	
33,4	44,55	48,05	46,3	33,4	1,34*	2,2*	1,77	33,4	1,32	1,27	1,3	
66,6	47,17	45,12	46,14	66,6	3,55	2,24*	2,9	66,6	1,10	1,02	1,06	
100	44,84	44,84	44,84	100	2,62*	2,62*	2,62	100	0,77	0,77	0,77	
Média	40,48 A	42,1 A		Média	2,24 A	2,55 A		Média	1 A	1,01 A		
	CV: 26,62				CV: 58,82				CV: 8,55			

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Os resultados dos teores P em Mehlich-1 podem estar sendo mascarados como citado anteriormente. Como observado por Kaminski e Peruzzo (1997), a superestimação dos teores de P disponível em solos fertilizados com fosfatos naturais. Desse modo, os teores de P no extrator Resina podem demonstrando os valores mais coerentes entre os dois métodos.

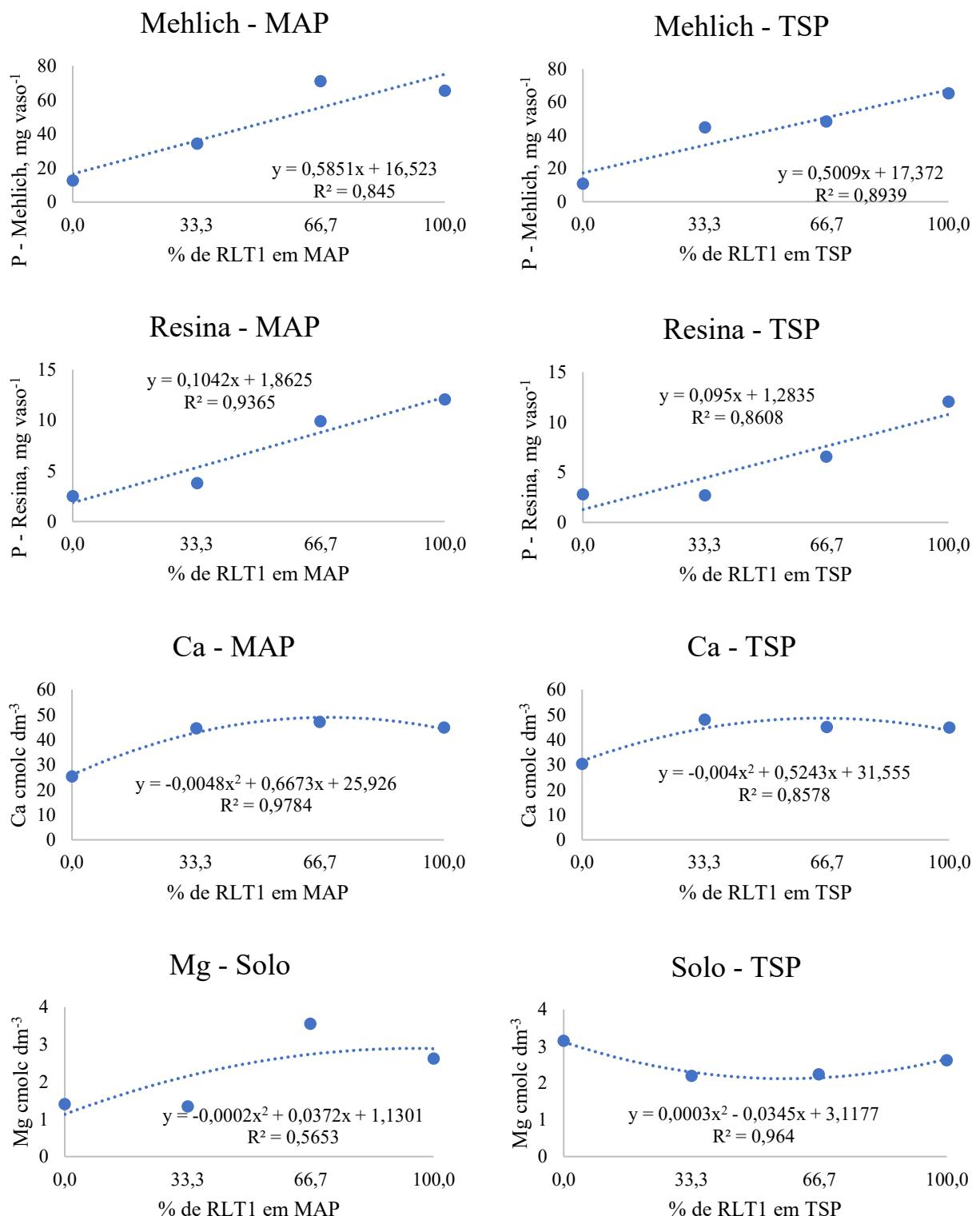
Korndörfer et al. (1999) observaram relação entre a produtividade de grãos e os teores de P no solo extraído por (mehlich-1 e resina), onde o método Resina foi melhor que Mehlich em estimar a quantidade de P disponível no solo.

Nos teores de Mg, a dose de 66,6% de RLT1 em MAP apresentou diferença de 5,79 cmolc dm<sup>-3</sup> (Tabela 44). Para pH do solo verificou-se que o tratamento 66,6% de RLT1 em mistura com MAP que apresentou maior valor em comparação ao controle. Fosfatos apatíticos tendem a ser mais eficientes em solos ácidos ( $pH > 5,0$ ) já que essas fontes podem consumir o H<sup>+</sup> presente no solo resultando em um efeito corretivo. No entanto o pH mais baixo pode reduzir a produção das culturas em função da menor eficiência de fosfatos solúveis, que dependem de correção do solo (Korndörfer, 1978).

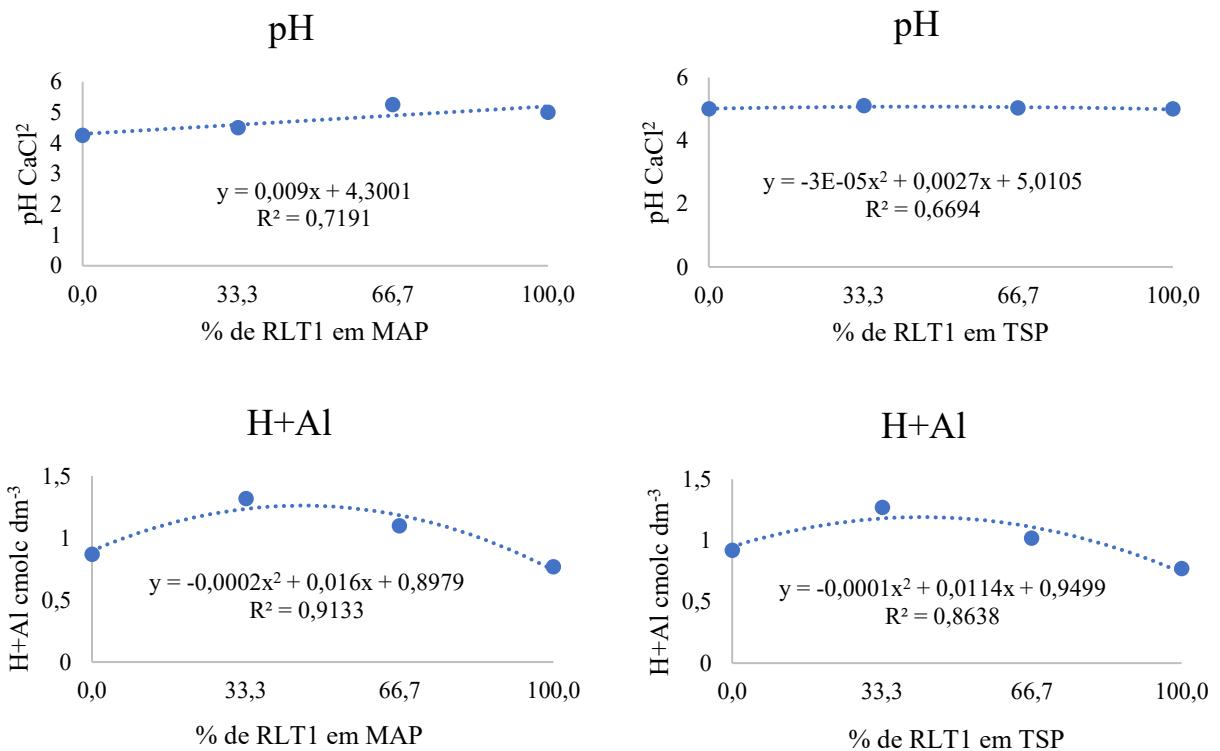
Na análise de regressão, foi observado que na medida que se aumentou a dose de RLT1, houve um acréscimo nos teores de P no solo extraídos por Mehlich e Resina, em ambas as fontes (MAP e TSP) (Figura 51). Observou-se que houve acréscimo nos teores Ca,

somente até a dose de 33,4% de RLT1 em MAP e TSP. Por outro lado, os teores de Mg apresentaram redução à medida que houve aumento nas doses de RLT1 em TSP (Figura 51).

Diferente do pH que obteve elevação, com o aumento das doses de RLT1 em MAP, o resultou na redução da acidez do solo ( $H+Al$ ) (Figura 52).



**Figura 51.** Análise de solo em função da aplicação de RLT1 em mistura com MAP e TSP em solo de textura arenosa.



**Figura 52.** Análise de pH e H+Al em função da aplicação de RLT1 em mistura com MAP e TSP em solo de textura média.

Os resultados da aplicação das doses de RLT1 nas fontes avaliadas demonstraram o efeito residual do fosfato na liberação de P no solo. Esse comportamento pode ter ocorrido em função da textura do solo (arenoso) que tende a não adsorver o P como um solo argiloso.

O aumento das doses de RLT1 foram eficientes em elevar os teores de P em solo de textura arenosa independente do extrator utilizado (Figura 51).

#### 4.6. Neossolo Quartzarênico Órtico – RLT2

##### *Produção de Massa seca*

Sobre o uso de RLT2 em Neossolo Quartzarênico Órtico – (RQo) foi observada diferença significativa entre as fontes para produção de massa seca de braquiária no 1º e 3º cultivo. Ao comparar o controle aos demais tratamentos observou-se que aplicação de P independente da fonte e dose aumentou a produção de massa seca (Tabela 45).

**Tabela 45.** Médias de massa seca de três cultivos do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

Massa seca										
% RLT2	1º Cultivo			2º Cultivo						
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média			
	g vaso <sup>-1</sup>			g vaso <sup>-1</sup>						
Controle	2,21			Controle	2,83					
0%	111,28*	120,42*	115,85	0%	50,03* A	46,10* A	48,06			
33,4	112,53*	109,18*	110,85	33,4	47,51* A	54,96* A	51,24			
66,6	118,95*	116,15*	117,55	66,6	40,59* B	51,18* A	45,89			
100	80,36*	80,36*	80,36	100	40,33* A	40,33* A	40,33			
Média	105,78 A	106,53 A		Média	44,61	48,14				
	CV: 24,19				CV: 15,18					
	3º Cultivo									
% RLT2	Acumulado			g vaso <sup>-1</sup>						
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média			
	g vaso <sup>-1</sup>			g vaso <sup>-1</sup>						
Controle	1,71			Controle	6,76					
0%	32,20* A	18,04* B	25,12	0%	193,53*	184,56*	189,04			
33,4	28,23* A	32,52* A	30,38	33,4	188,28*	196,67*	192,48			
66,6	34,84* A	32,33* A	33,58	66,6	191,59*	202,47*	197,03			
100	34,62* A	34,62* A	34,62	100	155,31*	155,31*	155,31			
Média	32,47	29,38		Média	182,17 A	184,75 A				
	CV: 12,12				CV: 15,30					

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

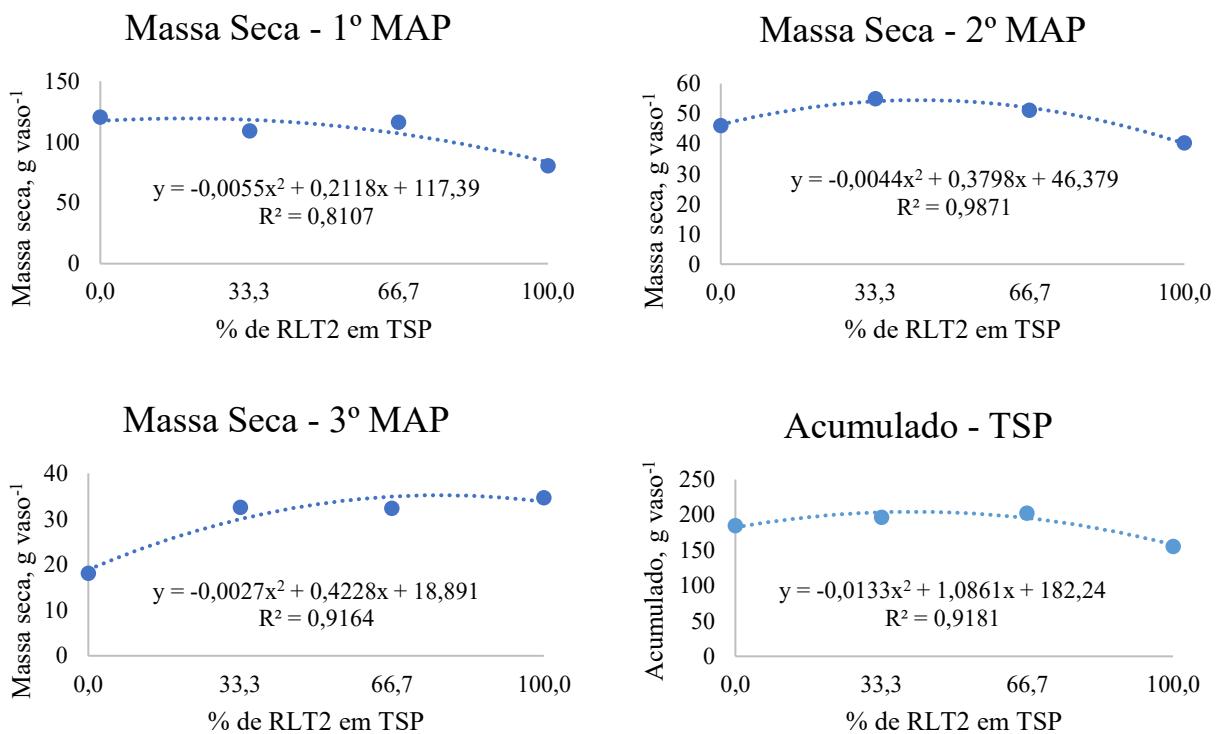
No 2º cultivo, foi observado diferença de 10,59 g vaso<sup>-1</sup> na dose de 66,6% de RLT2 em TSP, na comparação com MAP. Porém, neste mesmo cultivo o tratamento com 33,4% e RLT2 em TSP apresentou a maior produção de massa em relação ao controle.

Ao avaliar o 3º cultivo, o tratamento com 0% de RLT2 em MAP, apresentou diferença de 14,16 g vaso<sup>-1</sup> em relação ao TSP. No entanto, no mesmo cultivo o tratamento com 66,6% de RLT2 em MAP obteve diferença de 33,13 g vaso<sup>-1</sup> quando comparado ao controle (Tabela 45). Resultados satisfatórios foram encontrados por Franzini et al. (2009), aplicando fontes de fosfato reativo de Gafsa e TSP na produção de massa seca de milho e soja.

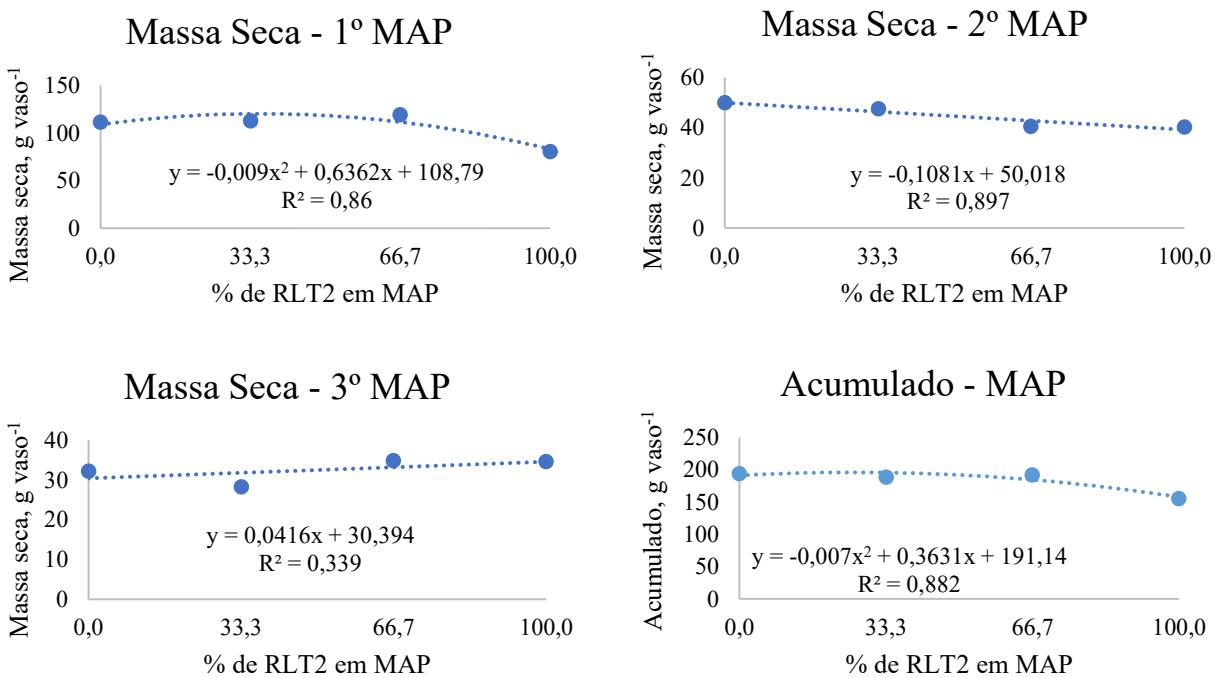
No acumulado, a dose 66,6% de RLT2 em TSP apresentou maior diferença na produção de massa seca com 202,47 g vaso<sup>-1</sup>, em relação ao controle, uma diferença 195,71 g vaso<sup>-1</sup>. Já Prochnow et al. (2004) não encontram diferenças significativas sobre a produção de massa seca de trigo e azevém aplicando fosfatos de Patos de Minas em mistura com TSP.

A regressão demonstrou que não houve acréscimo na produção de massas seca, com o aumento da concentração RLT1 em MAP e TSP, somente no terceiro corte para MAP e TSP

teve um pequeno acréscimo, isso que pode indicar efeito residual da fonte RLT2 na produção de massa seca de capim-marandu (Figura 53 e 54).



**Figura 53.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 associado ao TSP em solo de textura arenosa (RQo).



**Figura 54.** Produção de massa seca de três cortes do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 associado ao MAP em solo de textura arenosa (RQo).

### **Teores de P, Ca e Mg na planta**

**Tabela 46.** Teor de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

P - Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	$\text{g kg}^{-1}$				$\text{g kg}^{-1}$		
Controle	1,04			Controle	0,62		
0%	1,16 A	0,59 B	0,88	0%	0,55	0,49	0,52
33,4	1,19 A	1,16 A	1,77	33,4	0,74	0,71	0,72
66,6	0,87 A	1,10 A	0,99	66,6	1,63	0,54	1,09
100	0,69 A	0,69 A	0,69	100	0,5	0,5	0,5
Média	0,98	0,88		Média	0,85 A	0,56 A	
	CV: 29,93				CV: 93,11		
3º Cultivo							
% RLT2	MAP	TSP	Média				
	$\text{g kg}^{-1}$						
Controle	0,96						
0%	2,06	1,71	1,89				
33,4	2,02	2,41*	2,21				
66,6	1,88	1,86	1,87				
100	2,11	2,11	2,11				
Média	2,02 A	2,02 A					
	CV: 27,43						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Em relação ao teor de P na planta foi observada diferença significativa entre as fontes no 1º Cultivo. Quando comparado o controle aos demais tratamentos observou diferença significativa no 3º cultivo (Tabela 46). No 1º cultivo, o teor de P foi maior com MAP na dose de 0% de RLT2 em MAP, obtendo diferença de  $0,57 \text{ g kg}^{-1}$  a fonte TSP. Na comparação com o controle, tratamento com TSP na dose de 33,4 % de RLT2, obteve diferença de  $1,45 \text{ g kg}^{-1}$  sendo o tratamento que com maior concentração P na parte aérea (Tabela 46).

Em relação ao acúmulo de P na planta foram observadas diferenças significativas entre as fontes no 2º e 3º cultivo com tratamento 0% de RLT2 em MAP, obtendo diferença de  $36,45$  e  $61,08 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Para o acumulado, também foi observado diferença de  $101,05 \text{ mg kg}^{-1}$ , na dose 0% de RLT2 em MAP na comparação com TSP.

Quando comparado os tratamentos ao controle foi observado maior diferença no tratamento 33,4% de RLT2 em MAP no 3º cultivo, já o acumulado houve diferença de  $235,06 \text{ mg kg}^{-1}$  na dose de 0% de RLT2 em TSP (Tabela 47).

**Tabela 47.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfatoRLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

P - Acúmulo Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	1,79			Controle	1,62		
0%	26,72	23,19	24,96	0%	67,59* A	31,14 B	49,36
33,4	35,18	39,17	37,17	33,4	56,64* A	78,13* A	67,38
66,6	80,4*	28,36	54,38	66,6	63,23* A	61,91* A	62,57
100	20,35	20,35	20,35	100	73,05* A	73,05* A	73,05
Média	40,66 A	27,77 A		Média	65,13	61,06	
	CV: 114,74				CV: 30,83		
3º Cultivo							
% RLT2	Acumulado			% RLT2	Média		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	2,13			Controle	5,55		
0%	130,29* A	69,21 B	99,75	0%	224,60* A	123,55* B	174,08
33,4	130,62* A	127,04* A	128,83	33,4	222,44* A	244,34* A	233,39
66,6	103,26* A	128,56* A	115,91	66,6	246,89* A	218,84* A	232,86
100	59,28 A	59,28 A	59,28	100	152,68* A	152,68* A	152,68
Média	105,86	96,02		Média	211,65	184,85	
	CV: 36,39				CV: 28,67		

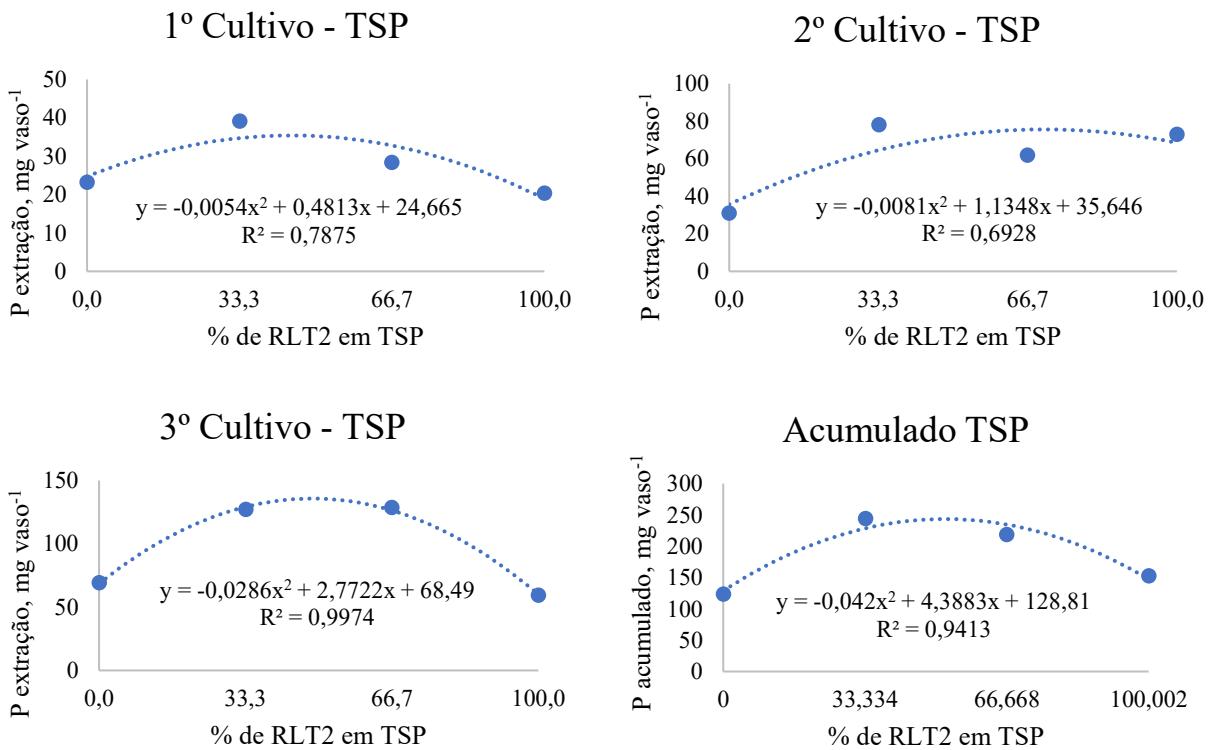
CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Foi observado incrementos nos teores de P em todos os cultivos independente da fonte, onde todos os tratamentos apresentaram valores maiores ao tratamento controle (Tabela 47). Já Nicchio (2018) não observou incrementos na concentração e acúmulo de P utilizando os fosfatos (FN de baixa reatividade + TSP e FN de alta reatividade + TSP) em cana-de-açúcar.

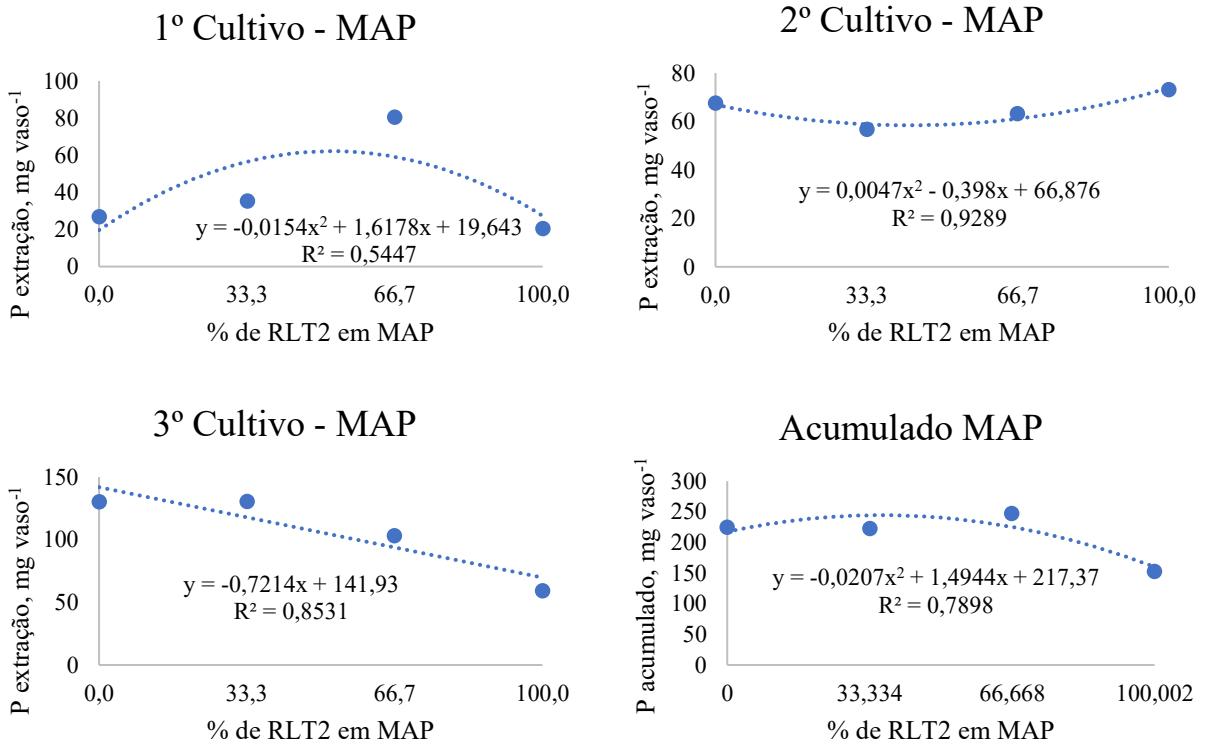
Na análise de regressão observou-se que até a concentração de 33,3% RLT2 em TSP houve acréscimo no acúmulo de P no 1º cultivo (Tabela 55). Porém, no 2º cultivo somente houve acréscimo a partir da dose de 100% de RLT2 em MAP (Tabela 56).

O 3º cultivo apresentou a redução no acúmulo de P, com o aumento das doses de RLT2 em mistura com MAP, no entanto, na fonte TSP houve acréscimo até a dose de 33,4% de RLT2, depois com o aumento da dose, houve decréscimo na extração P.

No acumulado observou-se acréscimo somente na dose de 66,6% de RLT2 em MAP, no entanto, na fonte TSP houve acréscimo até a dose de 33,4% de RLT2 (Figura 55 e 56).



**Figura 55.** Acúmulo de P na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao TSP em solo de textura arenosa.



**Figura 56.** Acúmulo de P parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP em solo de textura arenosa.

Benício (2012), encontrou resultado semelhante, onde no segundo corte observou maior teor de P em plantas com rejeito de rocha fosfática em associação com fosfato parcialmente acidulado. De acordo com o autor, no primeiro corte provavelmente o tempo limitou a disponibilidade e liberação de P do rejeito de rocha para o solo, isso que influenciou no menor desenvolvimento da biomassa das plantas. Entretanto, a partir do segundo corte a quantidade de P liberada foi maior, proporcionando maior absorção do elemento pela planta.

Isso pode ter ocorrido devido acidulação do fosfato parcialmente acidulado. Em estudo com fontes de P, utilizando superfosfato triplo, fosfato de Arad, fosfato natural de Araxá e associação de superfosfato triplo + fosfato de Arad com a relação de (1:1) no capim brizanha, Costa (2008) observou que o teor de P na forrageira foi influenciado pelas fontes de P que apresentam maior solubilidade. Oliveira et al. (2012), também apresentaram resultados semelhantes, onde o superfosfato simples apresentou maior teor de P folia, quando comparado as fontes de fosfato natural de Arad e o controle.

Não houve influência nas concentrações de Ca na planta para os três cultivos, com a aplicação das fontes de P com RLT2. Na comparação com o controle, no 2º cultivo, observou-se diferença em ambas as fontes (MAP e TSP) misturadas com a dose de 66,6% de RLT2 (Tabela 47).

**Tabela 47.** Teor de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

Ca - Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	$\text{g kg}^{-1}$				$\text{g kg}^{-1}$		
Controle	5,07			Controle	3,28		
0%	5,83	5,47	5,65	0%	4,01	3,62	3,82
33,4	4,31	3,81	4,06	33,4	4,92	5,32	5,12
66,6	3,73	3,54	3,63	66,6	8,93*	7,67*	8,3
100	3,30	3,30	3,3	100	3,02	3,02	3,02
Média	4,29 A	4,03 A		Média	5,22 A	4,91 A	
	CV: 17,89				CV: 39,92		
3º Cultivo							
% RLT2	MAP	TSP	Média				
	$\text{g kg}^{-1}$						
Controle	3,81						
0%	5,55	5,13	5,34				
33,4	5,61	4,76	5,18				
66,6	4,4	6,66	5,53				
100	5,53	5,53	5,53				
Média	5,27 A	5,52 A					
	CV: 116,19						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Diferente de Reis (2020), que observou que os teores de cálcio apresentaram diferença em relação ao tratamento controle quando foi aplicado doses mais altas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na fonte fosfato natural de Gafsa. Podem estar relacionados com a presença do nutriente em maior quantidade para essa fonte, sendo que o fosfato natural de Gafsa apresenta 35% de Ca e o superfostato triplo apresenta 14% de Ca em sua composição.

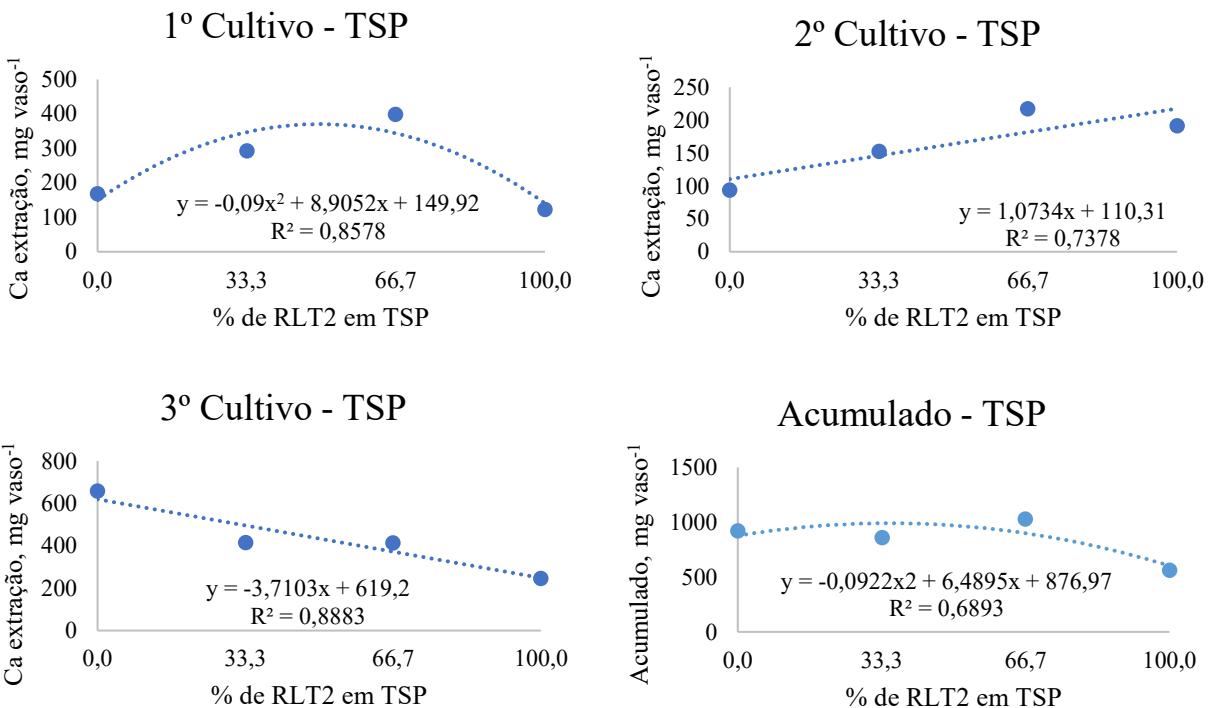
No acúmulo de Ca, não houve diferença significativa entre as fontes em nenhum dos cultivos e acumulado. Mas, foi observado diferença significativa em todos os três cultivos, quando comparado os tratamentos ao controle (Tabela 50).

**Tabela 50.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

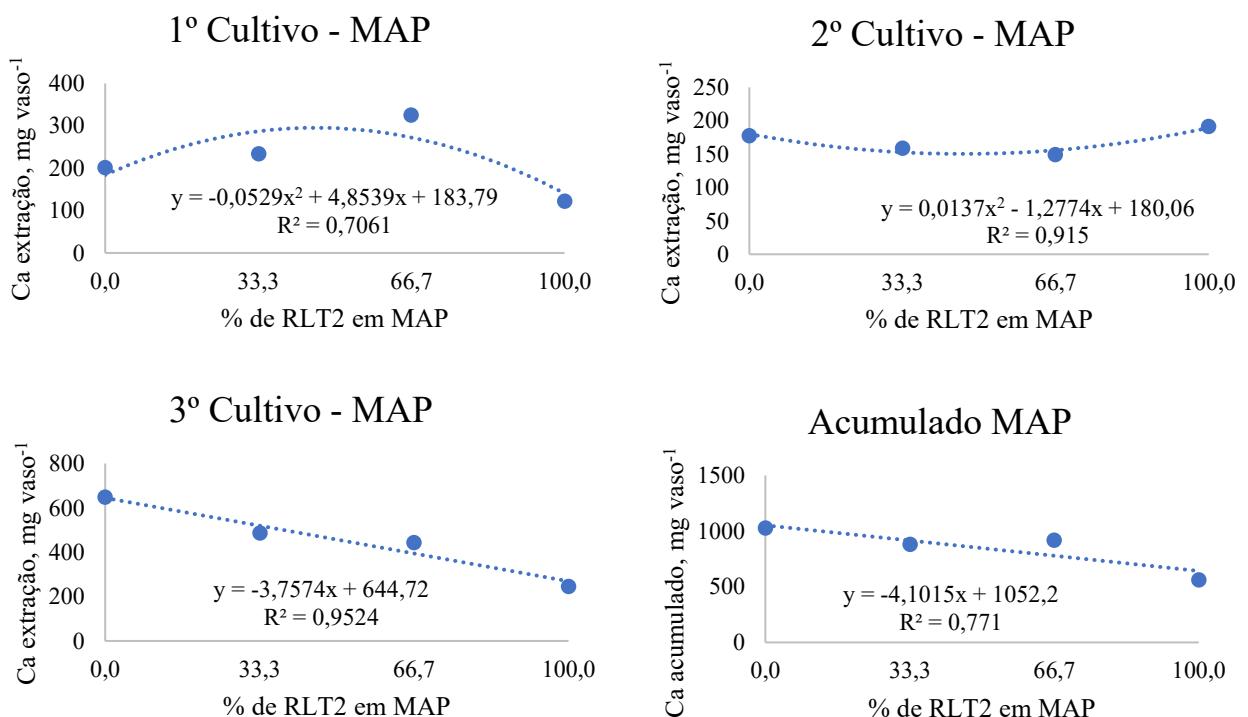
Ca - Acúmulo Planta													
% RLT2	1º Cultivo			2º Cultivo									
	MAP	TSP	Média	% RLT2	MAP	TSP	Média						
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>								
Controle	9,26			Controle	6,7								
0%	201,35*	168,09	184,72	0%	177,94*	93,98*	135,96						
33,4	233,99*	292,25*	263,12	33,4	159,1*	152,7*	155,9						
66,6	325,22*	398,60*	361,91	66,6	149,42*	217,63*	183,52						
100	122,43	122,43	122,43	100	191,59*	191,59*	191,59						
Média	220,75 A	245,34 A		Média	169,97 A	163,97 A							
	CV: 36,20				CV: 41,27								
3º Cultivo													
Acumulado													
% RLT2	MAP			Média									
	mg vaso <sup>-1</sup>			mg vaso <sup>-1</sup>									
Controle	13,63			Controle	29,6								
0%	649,20*	658,10*	653,65	0%	1028,50*	920,18*	974,34						
33,4	487,85*	415,77*	451,81	33,4	880,94*	860,71*	870,83						
66,6	443,64*	414,14*	428,89	66,6	918,29*	1030,38*	974,34						
100	246,72*	246,72*	246,72	100	560,74*	560,74*	560,74						
Média	456,85 A	433,68 A		Média	847,12 A	843,00 A							
	CV: 25,13				CV: 18,48								

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

Os maiores teores de Ca extraído em relação ao controle, foram 658,10 e 644,47 mg kg<sup>-1</sup> no 3º cultivo (MAP) e acumulado (TSP), respectivamente, na dose de 0% de RLT2 (Tabela 50). Na análise de regressão, no 1º cultivo houve acréscimo do acúmulo de Ca até o tratamento com 66,6% de RLT2 em ambas as fontes. No 2º cultivo a fonte MAP apresentou redução na extração Ca com o aumento das doses de RLT2, por outro lado, na fonte TSP, foi observado acréscimo do acúmulo de Ca com o aumento das doses de RLT2 (Figura 57 e 58).



**Figura 57.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao TSP em solo de textura arenosa.



**Figura 58.** Acúmulo de Ca na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP em solo de textura arenosa.

Não houve diferença significativa entre as fontes ao avaliar os teores de Mg na planta, em nenhum dos cultivos. Todavia, quando os tratamentos foram comparados ao controle, foi observado diferença de 4,58 g kg<sup>-1</sup> no 1º cultivo na dose de 0% RLT2 em MAP (Tabela 48).

**Tabela 48.** Teor de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

Mg - Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
		g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>		
Controle	1,74			Controle	2,33		
0%	6,32*	4,93*	5,62	0%	3,49	2,95	3,22
33,4	5,94*	4,33	5,13	33,4	3,69	4,47	4,08
66,6	4,78	5,65	5,22	66,6	3,08	2,73	2,91
100	3,92	3,92	3,92	100	2,62	2,62	2,62
Média	5,24 A	4,71 A		Média	3,22 A	3,19 A	
	CV: 32,30				CV: 39,97		
3º Cultivo							
% RLT2	MAP	TSP	Média				
	g kg <sup>-1</sup>						
Controle	1,66						
0%	2,98	2,42	2,7				
33,4	3,04	3,47	3,25				
66,6	1,76	3,09	2,42				
100	2,78	2,78	2,78				
Média	2,64 A	2,94 A					
	CV: 33,46						

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

No acúmulo de Mg houve diferença significativa entre as fontes no 2º cultivo na dose de 0% de RLT2 em MAP com diferença de 91,64 mg kg<sup>-1</sup> em relação ao TSP e no acumulado nas doses de 0% e 33,4% de RLT2 em MAP, com diferenças de 213,23 e 214,6 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Nicchio, (2015), também não observou diferença nos teores de Mg, utilizando fontes alternativas de fósforo no cultivo, mas Stefanutti et al. (1995), após 7 cultivos consecutivos de milho em vaso observou que a utilização de diferentes fontes de P como superfosfato simples granulado, termofosfato magnesiano em pó, grosso e granulado obtiveram maiores teores de Ca no solo, quando receberam maiores doses das fontes.

Observou-se em todos os cultivos e acumulado diferença dos tratamentos em relação ao controle (Tabela 46).

**Tabela 46.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP em solo de textura arenosa (RQo).

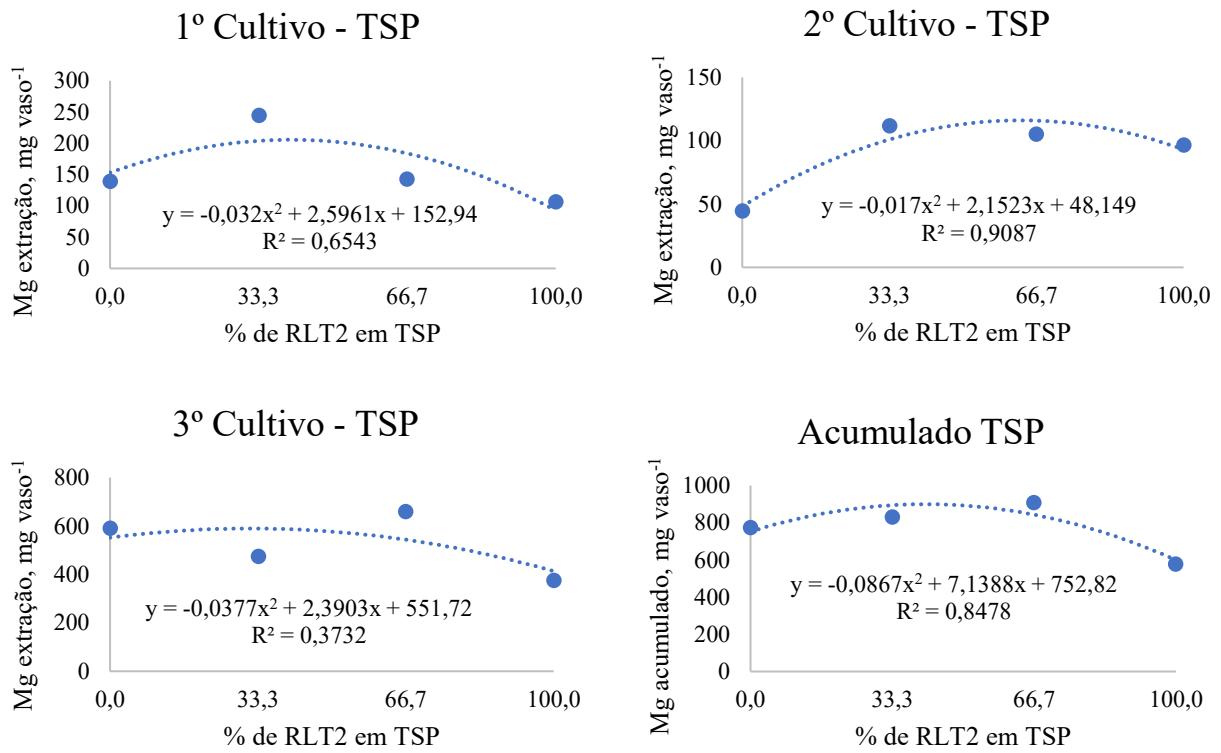
Mg - Acúmulo Planta							
% RLT2	1º Cultivo			% RLT2	2º Cultivo		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	6,61			Controle	3		
0%	177,68*	139,33*	158,51	0%	94,64* A	44,58 B	69,61
33,4	175,53*	244,97*	210,25	33,4	86,75* A	111,78* A	99,26
66,6	118,60	143,07*	130,83	66,6	60,22 A	105,18* A	82,7
100	106,5	106,5	106,5	100	96,59* A	96,59* A	96,59
Média	144,58 A	158,46 A		Média	84,55	89,53	
	CV: 42,51				CV: 36,84		
3º Cultivo							
% RLT2	Acumulado			% RLT2	mg vaso <sup>-1</sup>		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	mg vaso <sup>-1</sup>				mg vaso <sup>-1</sup>		
Controle	4,5			Controle	14,12		
0%	714,89*	590,06*	652,47	0%	987,21*	773,98*	880,6
33,4	665,01*	474,02*	569,52	33,4	927,30*	830,78*	879,04
66,6	567,4*	659,11*	613,25	66,6	746,23*	907,37*	826,8
100	375,29	375,29	375,29	100	578,38*	578,38*	578,38
Média	580,65 A	524,62 A		Média	809,78 A	772,63 A	
	CV: 41,29				CV: 32,55		

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

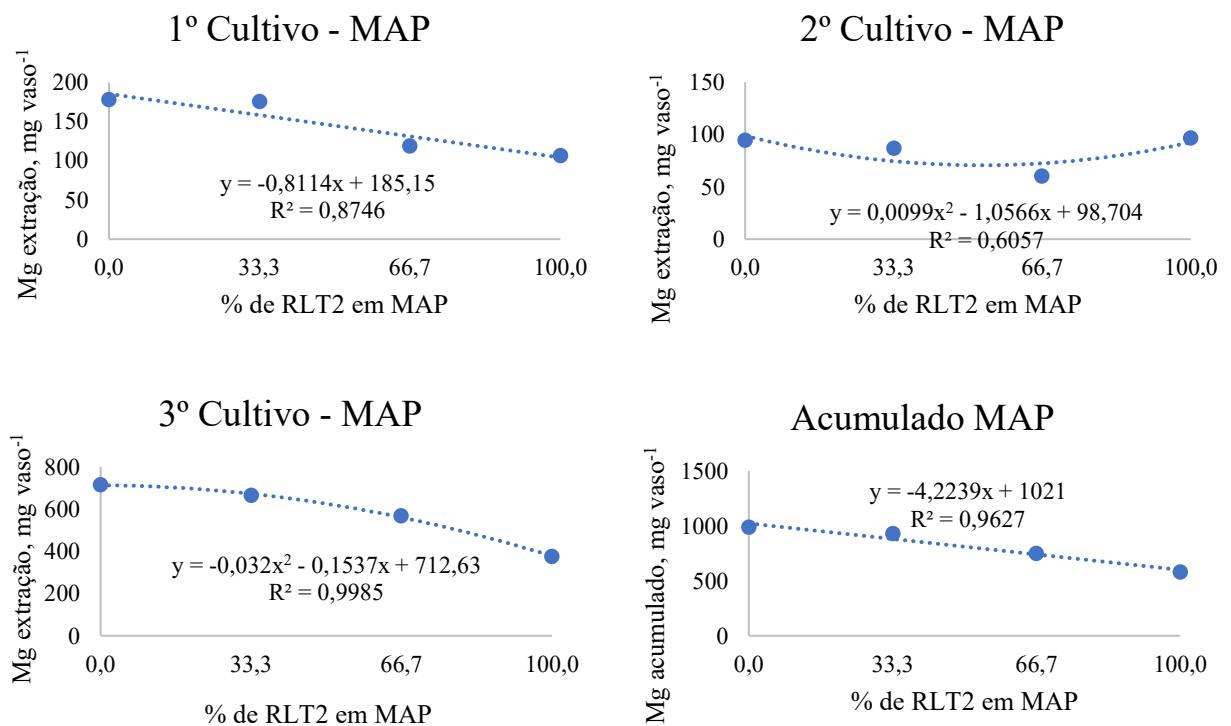
Houve diferença significativa entre as fontes no 2º cultivo na dose de 0% de RLT2 em MAP, com diferença de 50,06 mg kg<sup>-1</sup> em relação ao TSP. No 3º cultivo e acumulado, todos os tratamentos obtiveram diferença significativa, nos tratamentos com 0% de RLT2 em MAP a diferença foi de 710,39 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 46).

Avaliando as doses de RLT2, no 1º cultivo observou-se redução no acúmulo de Mg em MAP (Figura 60), contudo, no 2º cultivo, foi observado curva com acréscimo de extração até o tratamento com 33,4% de RLT2 em TSP, mas com o aumento da dose de RLT2 houve o decréscimo na extração Mg (Figura 59).

Ao avaliar o 3º cultivo e acumulado, observou-se decréscimos com o aumento das doses de RLT2 em MAP (Figura 60).



**Figura 59.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao TSP em solo de textura arenosa.



**Figura 60.** Acúmulo de Mg na parte aérea do capim-marandu dos três cortes em função da aplicação de RLT2 associado ao MAP em solo de textura arenosa.

## **Elementos no solo**

Foi observado diferença significativa entre as fontes para as variáveis Ca e pH no solo, nas doses de 33,4% e 0% de RLT2 em TSP, onde o teor de Ca obteve diferença de 15,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> em relação ao MAP. Ao comparar os tratamentos com o controle foi observado diferença nos teores de Mg (Tabela 52).

**Tabela 52.** Teores de P (extrator mehlich-1 e resina), Ca, Mg, H+Al e pH após três cultivos de braquiária em função da aplicação de fosfato RLT2 em associação com MAP ou TSP 180 dias em solo de textura arenosa (RQo).

Análise de Solo											
% RLT2	P – Mehlich			% RLT2	P – Resina			% RLT2	pH		
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	Mg dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>				CaCl <sup>2</sup>		
Controle	2,29			Controle	0,13			Controle	4,47		
0%	12,61	10,99	11,8	0%	2,52	2,8	2,66	0%	4,25 B	5,00 A	4,62
33,4	17,58	34,35	25,96	33,4	6,04	3,26	4,65	33,4	4,25 A	4,25 A	4,25
66,6	30,69	34,56	32,63	66,6	7,15	0,41	3,78	66,6	4,50 A	4,50 A	4,5
100	28,05	28,05	28,05	100	7,05	7,05	7,05	100	5,00 A	5,00 A	5
Média	22,23 A	26,99 A		Média	5,69 A	3,38 A		Média	4,5	4,68	
	CV: 88,06				CV: 121,35				CV: 10,79		
Ca - Solo											
% RLT2	Mg - Solo			% RLT2	H+Al			% RLT2			
	MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média		MAP	TSP	Média
	cmolc dm <sup>-3</sup>				cmolc dm <sup>-3</sup>				cmolc dm <sup>-3</sup>		
Controle	35,62			Controle	6,67			Controle	6,16		
0%	25,35 A	30,40 A	27,88	0%	1,46*	3,15	2,3	0%	0,87	0,92	0,9
33,4	36,34 B	51,64 A	43,99	33,4	2,27*	2,27*	2,27	33,4	1,22	1,32	1,27
66,6	38,34 A	41,85 A	40,1	66,6	3,99	2,14*	3,06	66,6	1,15	1,30	1,22
100	35,87 A	35,87 A	35,87	100	3,16	3,16	3,16	100	1,20	1,20	1,2
Média	33,98	39,94		Média	2,72 A	2,68 A		Média	1,11 A	1,18 A	
	CV: 24,80				CV: 77,61				CV: 10,65		

CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

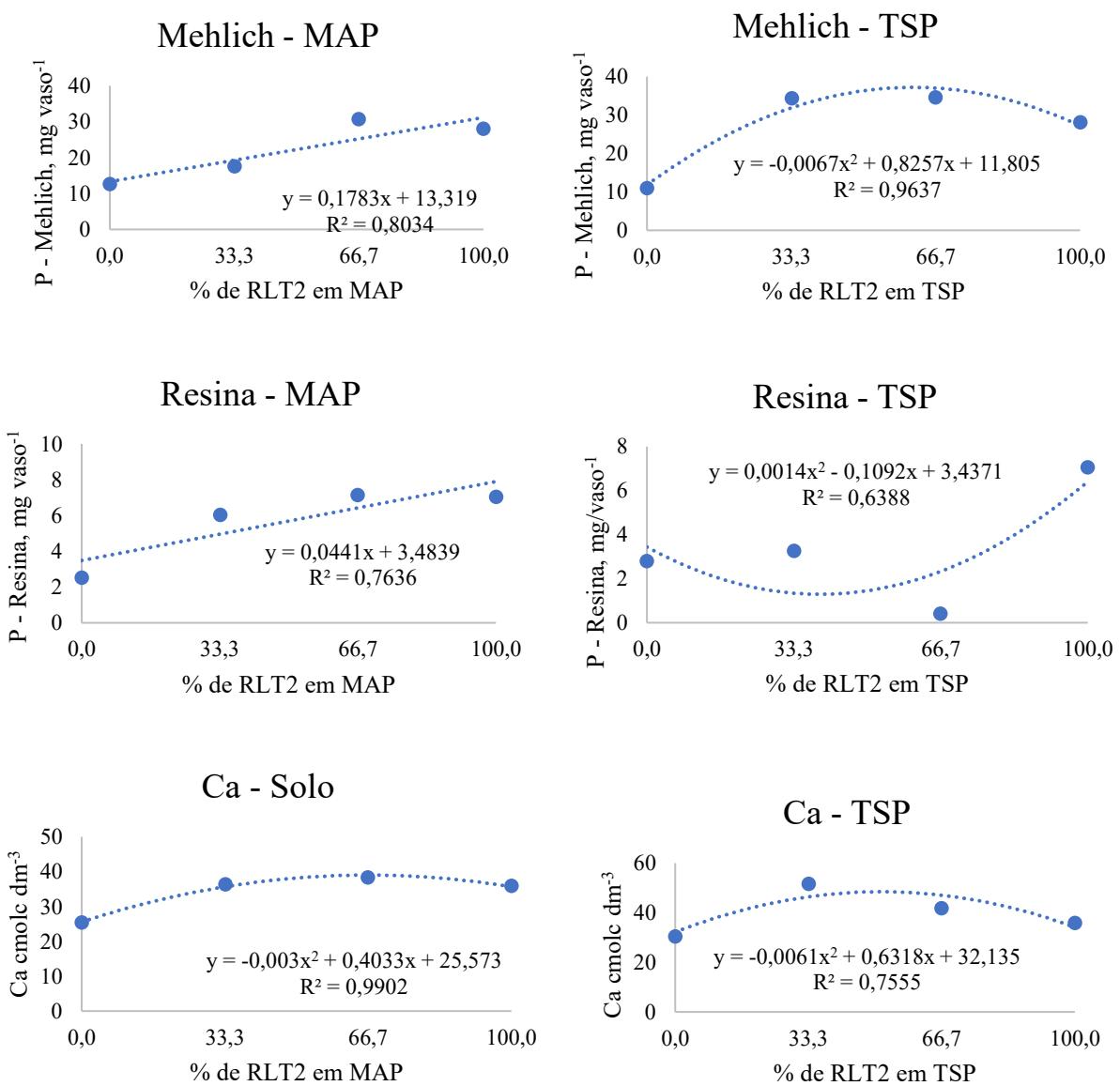
Os teores P pelo extrator Mehlich-1 e Resina não demonstraram diferença significativa entre as fontes nem ao controle, mesmo os teores de Mehlich estando numericamente bem elevados (Tabela 52). De acordo com Nelson et al. (1953) o método não é tão recomendado, principalmente quando houve aplicação de fosfatos pouco solúveis em água. Com aplicação de fosfatos tipo apatitas, os extractores ácidos solubilizam quantidades de fósforo não disponíveis (RAIJ e Diest, 1980).

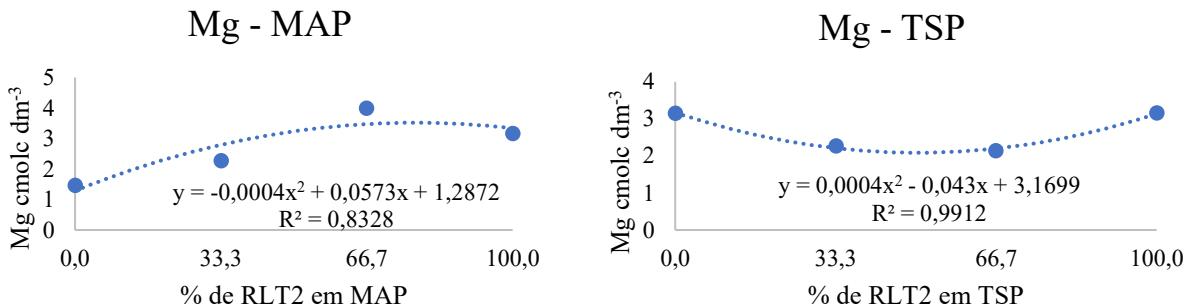
Luchini (2008) avaliando P disponível em solos ácidos e corridos com fosfatos (solúveis, reativo e natural) verificou elevação nos teores P disponível em solos arenosos com e sem calagem, ambos influenciados pelas doses e fontes de adubos fosfatados.

Na regressão foi observado que na medida que aumentou a dose de RLT2 em TSP e MAP houve acréscimo nos teores de P no solo extraídos por Mehlich-1 e Resina (Figura 61).

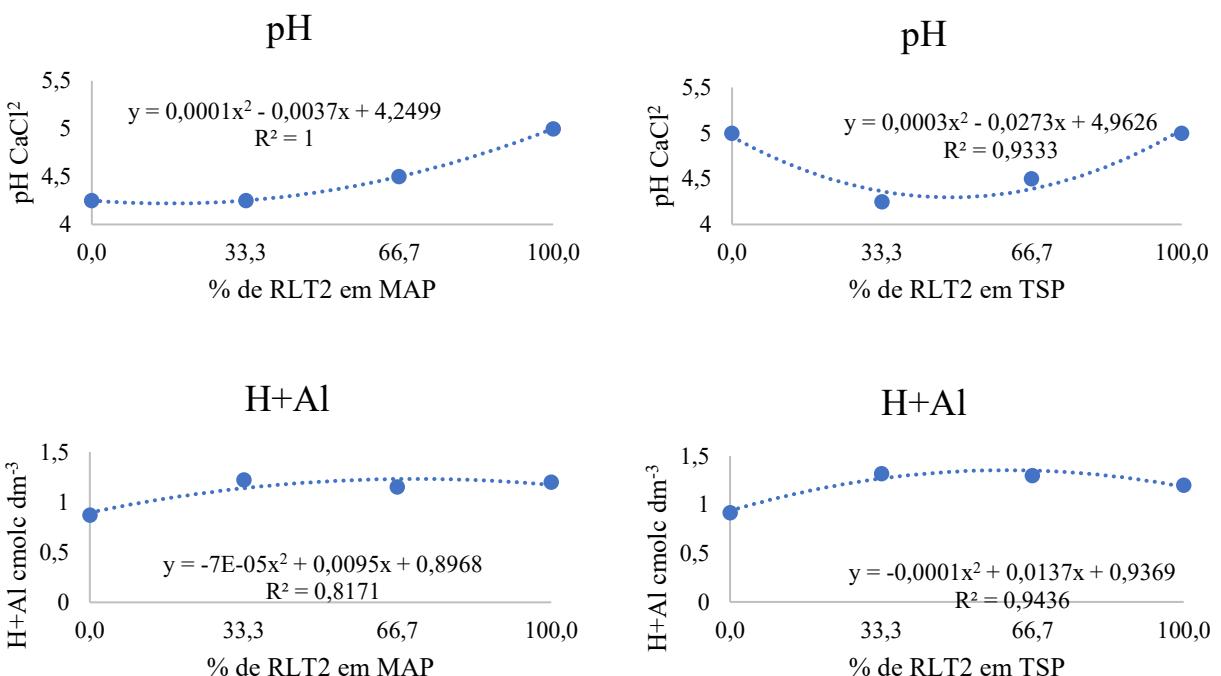
Ao avaliar os teores de Ca observou-se acréscimo até a dose de 33,4% de RLT2 em TSP. Semelhante ao observado nos teores de Ca ocorreu com os teores de Mg, obtendo acréscimos até a dose de 66,6% de RLT2 em MAP (Figura 61).

Entretanto, na fonte TSP, os teores de Mg obtiveram redução, diferente do pH que obteve elevação, com o aumento das doses de RLT1 em MAP, o que resultou na redução da acidez do solo ( $H+Al$ ) (Figura 61 e 62). Nicchio (2018) verificou mudança significativa nos teores de pH do solo aos 775 dia após aplicação, com destaque para os tratamentos TSP, FNR Bayóvat + gesso, FN alta reatividade + TSP.





**Figura 61.** Análise de solo em função da aplicação de RLT2 em mistura com MAP e TSP em solo de textura média.



**Figura 62.** Análise de pH e H<sup>+</sup>Al em função da aplicação de RLT2 em mistura com MAP e TSP em solo de textura média.

A aplicação das doses de RLT2 em MAP, demonstraram o efeito residual do fosfato na liberação de P no solo. A elevação das doses de RLT2 em MAP mostraram eficiência em elevar os teores de P no solo de textura arenosa independente do extrator (Figura 61).

Os valores de pH se apresentaram baixo isso pode ter influenciado na resposta das plantas e eficiência das fontes. Em trabalho com cana-de-açúcar conduzido em solo de textura arenosa, objetivando avaliar a eficiência da adubação fosfatada corretiva, utilizando fosfato natural reativo Arad nas doses de (0, 90, 180 e 270 kg há<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) com associação ao superfosfato triplo (0, 50, 100, 150 e 200 kg há<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), observaram que a associação de doses elevadas em área total não proporcionou aumentos expressivos de produtividade.

## **5. CONCLUSÕES**

### **RLT1:**

A aplicação de RLT1 independente da interação aumentou a produção de massa seca de braquiária em solos de textura argilosa, média e arenosa e fósforo extraído acumulado de três cultivos em solo de textura média e arenoso.

Em solo arenoso a aplicação de RLT1 na dose de 33,4 % em MAP aumentou a produção de massa seca no 1º cultivo e acumulado e em solo argiloso aumentou fósforo extraído por plantas de 2º cultivo e massa seca do 3º cultivo. Em solo de textura média a aplicação de RLT1 na dose de 66,6 % em MAP aumentou a produção de massa seca acumulada.

O aumento de doses de RLT1 elevou os teores de fósforo (extrator mehlich-1 e resina) no solo arenoso e argiloso após três cultivos de braquiária.

### **RLT2:**

Aplicação de RLT2 independente da interação aumentou a produção de massa seca e extração de fósforo em plantas de braquiária em solo argiloso e arenoso.

Em solo argiloso, a aplicação de RLT2 na dose de 33,4 % em MAP aumentou o teor de fósforo em plantas de 1º cultivo e em solo de textura média aumentou produção de massa seca no 1º, 3º cultivo e acumulado. Por outro lado, em solo arenoso a aplicação de RLT2 na dose de 66,6 % em TSP aumentou produção de massa seca no 2º cultivo.

O aumento de doses de RLT2 elevou os teores de fósforo (extrator Resina) no solo de textura média e arenoso após três cultivos de braquiária.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. H. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. p.143-167.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Pesquisa Setorial Macro Indicadores**. São Paulo. Disponível em: [http://anda.org.br/pesquisa\\_setorial/](http://anda.org.br/pesquisa_setorial/). Acesso em: 14 jun. 2021.

BARBOSA, K.P. **Fontes e formas de aplicação de fertilizantes fosfatados em cultivos consecutivos de soja em latossolo de alta fertilidade**. 2020. 133f. (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020.

BENÍCIO, L. P. F. **Rejeitos de Rochas fosfáticas no desenvolvimento e no teor de nutrientes em Brachiaria Brizantha**. 2012. 79f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2012.

BRAITHWAITE, A. C.; EATON, A. C.; GROOM, P. S. Factors affecting the solubility of phosphate rock residues in 2% citric acid and 2% formic acid. **Fertilizer research**, Nova Zelândia. v. 23, p. 37-42. 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02656130>

CAIONE, G. **Avaliação de fontes de fósforo no desenvolvimento, produtividade ecomposição bromatológica de cana-de-açúcar**. 2011.74f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) –Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

CÉSAR, F. R. C. F. **Efeito do enxofre elementar na eficiência de fosfatos naturais**. 2012. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura -Luiz de Queiroz., Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CÉSAR, F. R. C. F. **Eficiência agronômica de misturas no mesmo grânulo de fosfatos acidulados, fosfatos naturais e enxofre elementar**. 2016. 136f. (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura -Luiz de Queiroz., Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

CHIEN, S. H.; MENON, R. G.; BILLINGHAM, K. S. Phosphorus availability from phosphate rock as enhanced by water-soluble phosphorus. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, p. 1173-1177, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1996.03615995006000040031x>

COSTA, S.E.V.G.A.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, Á.V.; SILVA, T.O.; SILVA T.R. Crescimento e nutrição da Braquiária em função de fontes de fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.32, n.5, p.1419-1427, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500010>

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagem: processos, causas e estratégias de recuperação.** 4º ed., Acre, 2015. p. 215

DIAS, R. C.; CALDAS, J. V. S.; POLIDORO, J. C.; ZONTA, E.; MATTOS, B. B.; GONÇALVES, R. G. M.; TEIXEIRA, P. C. Desempenho de um fertilizante mineral misto produzido a partir de fosfato natural sedimentar. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.5, p.21-31, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0003>

Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Fosfato. Ministério das Minas e Energia. Brasília, DF. 2008

DUARTE, C. F. D.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; CASSARO, L. H.; BREURE, M. F.; PROCHERA, D. L.; BISERRA, T. T. Capim-piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. **Revista Investigação – Medicina Veterinária**, Aquidauana. v. 15, n. 4, p. 58-63, 2016. Disponível em: <http://publicacoes.unifran.br/index.php/investigacao/article/view/1198>. Acesso em: 28 mar. 2020.

DUARTE, C. F. D.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; FLEITAS, A. C. Capim tropical manejado sob lotação intermitente, Submetido a fontes de fósforo com diferentes Solubilidades, associados ou não à adubação com Nitrogênio. **Ciência animal brasileira**, Goiânia, v.20, p. 1-15, e-47692, 2019. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v20e-47692>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Alimentos para o mundo**. Disponível em: <(https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47327924/artigo---alimentos-para-o-mundo)> Acesso em: 14 jun. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 32p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Relatório Anual da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO.**, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras. v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. [s.l.] <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

FRANCISQUINI, J. A. **Eficiência de fertilizantes fosfatados aplicados em pastagem de megathyrsus maximus cv. Mombaça solteira e consorciada com leguminosas**. 2019. 65f. (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente. 2019

FRANZINI, V. I.; MURAOKA, T.; CORASPE-LEON, H. M.; MENDES, F. L. Eficiência de fosfato natural reativo aplicado em misturas com superfosfato triplo em milho e soja.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, São Paulo. v. 44, p. 1092-1099, 2009.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000900004>

GARCIA, J. C.; MENDES, M. B.; BELUCI, L. R.; AZANIA, C. A. M.; SCARPARI, M. S. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 523-531, 2018.

<https://doi.org/10.3738/1982.2278.2723>

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, E. D. V.; GAMA, M. A. P.; SILVA, A. L. P. Fosfato natural de Arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizanta* em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém. v. 52, n. 1, p. 117-129, 2009. Disponível em:  
<http://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/129/24>. Acesso em: 16 mar. 2021.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 39-44, jan./mar. 2007. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n1p39>

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agronômica de fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, POTAPOS, 2004. p. 665-682.

HORTA, M.; TORRENT, J. **Dinâmica do fósforo no solo**: perspectiva agronômica e ambiental. Portugal: Instituto Politécnico de Castelo Branco, 2010. Disponível em:  
[https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1871/1/Dinamica\\_do\\_fosforo\\_no\\_solo\\_final.pdf](https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1871/1/Dinamica_do_fosforo_no_solo_final.pdf). Acesso em: 21 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE prevê safra recorde de 264,5 milhões de toneladas para 2021**, 2021. Disponível em:  
(<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-05/ibge-preve-safra-recorde-de-2645-milhoes-de-toneladas-para-2021>). Acesso em: 12 jun. 2021.

JUNIOR, A. D. O. **Eficiência agronômica de fosfatos de rocha, utilizados isoladamente ou associados ao superfosfato triplo, para a cultura da soja**. 2007. 124f. (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 2007.

KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria, RS, 1997. Boletim técnico 3.

KORNDÖRFER, G. H.; CABEZAS, W. A. L.; HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais na cultura do milho. **Scientia Agricola**, São Paulo, v.56, n.2, p.32-39, 1999.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000200019>

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO - LAPIG. **Atlas digital das pastagens brasileiras**. Goiânia: LAPIG, 2018. Disponível em:  
<https://pastagem.org/atlas/map>. Acesso em: 19 maio. 2021.

LÉON, L. A.; FENSTER, W. E.; HAMMOND, L.L. Agronomic potential of eleven phosphate rocks from Brazil, Colombia, Perú and Venezuela. **Soil Science Society of America Journal**, Boulder, v. 50, p. 798-802, 1986.  
<https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000030046x>

LISBOA, L. A. M.; HEINRICHS, R.; FIGUEIREDO, P. A. M. **Efeitos da fosfatagem nos atributos químicos do solo e produção de cana-de-açúcar para forragem**, Boletim Industrial Animal, Nova Odessa, v.74, n.3, p.213-220, 2017.  
<https://doi.org/10.17523/bia.v74n3p213>

MAGNANTI, N. J.; ALMEIDA, M.; MAFRA, A. L. Desempenho do fosfato natural alvorada comparado ao superfosfato Triplo na introdução de pastagem perene de inverno. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.4, n.2, p. 133-144, 2005.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 361p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUSA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. p. 143-167.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JUNIOR, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de Cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. Piracicaba. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.295-301, abr. e jun. 2001.

<https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000200012>

MELO, A.E.; PASTI, D.B.; GUARÇONI, A. Desenvolvimento de plantas de café arábica e teores de macronutrientes em planta e solo decorrentes da aplicação localizada de fósforo e gesso em simulação de cova de plantio. In: XIV Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ifes. III SICT do Incaper. SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA (SICT) DO INCAPER, 3, Alegre, ES: IFES; Incaper, 2019.

MELO, M.P.; LIMA, R.C.P.; FREITAS, G.A.; OLIVEIRA, L.B.; LIMA, S.O. Produção do capim Piatã submetido a fontes e doses de fósforo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, Araguaína. v.12, n.3, p.15-23, 2018.

MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R. DE; MESQUITA, L. P.; SCHNEIDER, F.; TEODORO JÚNIOR, J. R. Teores críticos de fósforo no solo e características morfogênicas de *Panicum maximum* cultivares Mombaça e Tanzânia-1 e *Brachiaria* híbrida Mulato sob aplicação de fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.292-302, 2010.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porte Alegre, Evangraf, 2010. 4<sup>a</sup> ed. 266p.

MOKWUNYE, A.U.; CHIEN, S.H. Reactions of partially acidulated phosphate rock with soils from the tropics. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.477-482, 1980.  
<https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400030008x>

ALCÂNTARA NETO, F. D.; GRAVINA, G. D. A.; SOUZA, N. O. S.; BEZERRA, A. A. C. Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Guruguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza. v. 41, n. 2, p. 266-271, abr. e jun. 2010.  
<https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000200014>

NICCHIO, B.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; SANTOS, G. A. Avaliação da mistura de fosfatos acidulados, fosfatos naturais e fontes de enxofre na produção de cana-de-açúcar. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.8, n.3, p.69-91, 2019.

NICCHIO, B. **Eficiência agronômica de fontes alternativas de fósforo**. 2014. 109f. (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

NICCHIO, B. **Fontes de fósforo e enxofre para cana-de-açúcar**. 2018. 165f. (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV-DPS, 1999. p. 62-64.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 471-550.

NOVELINO, J.O.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; COSTA, L.M.; BARROS, N.F. Solubilização de fosfato-de-Araxá, em diferentes tempos de incubação, com amostras de cinco Latossolos, na presença e na ausência de calagem. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.9, p.13-22, 1985.

OLIVEIRA FILHO, J. H.; RODRIGUES, R. C.; PARENTE, H. N.; GALVÃO, C. M. L.; CARDOSO, S. S. S.; SOUSA, T. V. R. D.; ARAÚJO, I. G. R. D.; SILVA JUNIOR, A. L. D. Atributos químicos de um neossolo quartzarênico em relação à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Araguaína. v. 12, n. 1, p. 1-7, 2018. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/5570>. Acesso em: 12 abril. 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, A. **Eficiência agronômica de fosfatos de rocha, utilizados isoladamente ou associados ao superfosfato triplo, para a cultura da soja**. 123p. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

OLIVEIRA, J. S. D. **Adubação fosfatada no diferimento e rebrota do capim marandu**. 2021. 94f. (Mestrado em ciência animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2021.

OLIVEIRA, S. B.; CAIONE, G.; CAMARGO, M. F. NATALI, A.; OLIVEIRA, B.; SANTANA, L. Fontes de fósforo no estabelecimento e produtividade de forrageiras na região de Alta Floresta – MT. **Global Science and Technology**, v.5, n.1, p.1-10, 2012b.

OLIVEIRA, T.C.; SILVA, J.; SALGADO, F.H.M.; SOUSA, S.A.; FIDELIS, R.R. Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em feijão comum em solos de cerrado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.1, p.16 – 24, 2012a.

PANTANO, G., GROSSELI, G. M., MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustainability in phosphorus use: A question of water and food security. **Química Nova**. São Carlos. p.732–740, 2016. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160086>

PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B.; MORGADO, L. B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade da cana-de-açúcar em vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Juazeiro. v. 30, v. 1, p. 43-48, 1995.

PERES, C. E. B. **Eficiência agronômica de fontes de fósforo e micronutrientes sobre a produtividade e qualidade tecnológica em soqueira de cana-de-açúcar**. 2014. 116f. Dissertação (Mestrado em Fisiopatologia Experimental) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

PINTO, F. A. **Sorção e dessorção de fósforo em solos de Cerrado**. 2012. 46f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2012.

PORTO, E. M. V.; ALVES, D. D; VITOR, C. M. T.; GOMES, V.M.; SILVA, M. F.; DAVID A. M. S. Rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a doses crescentes de fósforo **Scientia Agraria Paranaensis**. Montes Claros. v. 11, n. 3, p.25-34, 2012. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v11n3p25-34>

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agronômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. e (ed.). **Fósforo na Agricultura Brasileira**, Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 2004. p. 605-651.

RAIJ, B. V; ANDRADE, J.C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC. 1997. 285p. (Boletim 100).

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RAIJ, B. V.; ROSAND, P.C.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações. In: EMBRAPA-DID. **Adubação fosfatada no Brasil** 1982. 326p.

REIS, C. L. D. **Desenvolvimento de *urochloa brizantha* cv. Xaraés e atributos químicos do solo em função de diferentes doses e fontes de fósforo.** 2020. 79f. (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2020.

SANDIM, A. D. S. **Solubilidade, efeito residual e eficiência agronômica de fontes alternativas de fosfatos.** 2016. 166f. (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agronômicas - Unesp, Botucatu. 2016.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 38, n. 2, p. 577-586, 2008.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200049>

SANTOS, G. A.; SOUSA, R. T. X.; KORNDORFER, G. H. Lucratividade em função do uso e índice de eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados aplicados em pré-plantio de cana-de-açúcar. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 846-851, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. revista e ampliada. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, H. Q. *et al.* Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Brasília. v. 26, p. 173-182, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000100018>

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, Campina Grande. v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

SOARES, B. O. **Eficiência agronômica dos fosfatos decantado e precipitado para a cana-de-açúcar.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de graduação Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado.** Piracicaba: Potafos, 2003. (Informações Agronômicas, 102). Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/78429ADDBF7C6D5183257AA2005C6827/\\$FILE/ENCARTE102.PDF](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/78429ADDBF7C6D5183257AA2005C6827/$FILE/ENCARTE102.PDF). Acesso em: 16 maio. 2021.

SOUZA, D. J. D. A. T.; LIMA, S. O.; SILVA, C. P. D.; FREITAS, G. A. D. Efeito de diferentes fontes e solubilidades de fósforo no desenvolvimento e nutrição do capim Mombaça. **Colloquium-Agrariae**, Tocantins. v.16, n.3, p.72-83, 2020.

<https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n3.a373>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p.888, 2017.

TEIXEIRA, R. N. V; PEREIRA, C. E; KIKUTI, H; DEMINICIS, B. B. Brachiaria brizantha (Syn. *Urochloa brizantha*) cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio e fósforo em Humaitá-AM, Brazil. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v.11, n.2, p.35-41, 2018.