

Universidade Estadual do Norte do Paraná

Repositório Institucional UENP

<https://repositorio.uenp.edu.br>

---

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Dissertações

---

2020-05-22

# Manejo da adubação na cultura de alfafa

Duarte, Erich dos Reis

Universidade Estadual do Norte do Paraná

---

Duarte, Erich dos Reis. Manejo da adubação na cultura de alfafa. Orientador: Marco Antônio Gandolfo. 2020. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2020.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/426>

*Baixado de Repositório Institucional UENP*



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ – UENP**

**CAMPUS LUIZ MENEGHEL**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

ERICH DOS REIS DUARTE

# **MANEJO DA ADUBAÇÃO NA CULTURA DE ALFAFA**

BANDEIRANTES, PR, BRASIL  
2020

ERICH DOS REIS DUARTE

# **MANEJO DA ADUBAÇÃO NA CULTURA DE ALFAFA**

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

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo  
Co-Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Reis

BANDEIRANTES – PR - BRASIL  
2020

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

D68m      Dos Reis Duarte , Erich  
              Manejo da Adubação na Cultura de Alfafa / Erich  
              Dos Reis Duarte ; orientador Marco Antonio Gandolfo  
              ; co-orientador Luiz Carlos Reis - Bandeirantes,  
              2020.  
              105 p. : il.  
              Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade  
              Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências  
              Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.  
              1. Fitocnia . 2. Produção Vegetal . 3.  
              FORAGEIRAS. 4. LEGUMINOSAS . 5. ALFAFA. I. Gandolfo  
              , Marco Antonio , orient. II. Reis, Luiz Carlos, co  
              orient. III. Título.

**ERICH DOS REIS DUARTE**

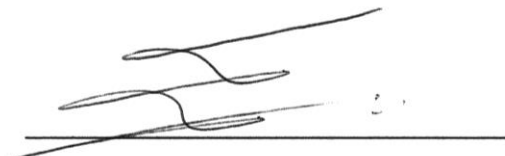
**MANEJO DA ADUBAÇÃO NA CULTURA DE ALFAFA**

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

Aprovada em: 22/05/2020

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. Luiz Carlos Reis	UENP
Prof. Dr. Oriel Tiago Kolln	UENP
Dr. Eduardo Lopes Cancellier	UFLA
Profa. Dra. Aline Vanessa Sauer	UNOPAR/UENP
Prof. Dr. Ricardo Ralisch	UEL



Prof. Dr. Marco Antonio Ganfolfo

Orientador

Universidade Estadual do Norte do Paraná

*Campus* Luiz Meneghel

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado a vida e com ela me permitir sonhar, caminhar, lutar e acreditar que sou capaz de conquistar meus sonhos e objetivos.

A minha esposa Lucélia que sempre me apoiou e minhas filhas Ana Beatriz e Maria Clara pela compreensão das noites mal dormidas.

Aos meus professores e doutores Aline Vanessa Sauer e Karina Aline Alves, por sempre acreditarem no meu potencial como Engenheiro Agrônomo.

Aos meus irmãos Renato Reis Duarte e Adriano Reis Duarte, que além de irmãos, são meus grandes amigos, por sempre estarem do meu lado com conselhos e amor verdadeiro.

Ao professor e Orientador Dr. Marco Antonio Gandolfo que tive o privilégio de ter sido orientado, agradeço pela sua orientação, paciência, amizade e por todo seu conhecimento passado, com certeza levarei comigo todo esse aprendizado.

Ao professor Dr. Luiz Carlos Reis, por fazer parte do meu projeto de mestrado na Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, pelas nossas conversas e por todo aprendizado adquirido.

A Universidade Pitágoras Unopar – UNOPAR Bandeirantes, por ter cedido o laboratório de Agronomia para a condução do meu experimento, todos os funcionários e estagiários que me ajudaram nesse projeto.

As empresas SuperBac e Nutribíos pela concessão dos fertilizantes para realização deste trabalho e pela parceria.

A Juliana Pereira que me auxiliou em todos os momentos nas normas e correções da ABNT, sem suas correções nada seria possível.

Ao professor Prof. Dr. Oriel Tiago Kölln que de forma gentil, aceitou a contribuir para os apontamentos no trabalho.

Ao professor Dr. Prof. Eduardo Lopes Cancellier pela ajuda e colaboração da estatística em meu trabalho, sem ele nada seria possível.

*As nuvens mudam sempre de posição,  
mas são sempre nuvens no céu. Assim  
devemos ser todo dia, mutantes, porém  
leais com o que pensamos e sonhamos;  
lembre-se, tudo se desmancha no ar,  
menos os pensamentos.*

*(Paulo Belekí)*

DUARTE, Erich dos Reis. **Manejo da adubação na cultura de alfafa**. 2020. 104 f. Projeto de Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR, 2020.

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar as diferentes formas aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos em cobertura, e comparando antes e depois os níveis de nutrientes no solo ao final dos 7 (sete) cortes no manejo da cultura de alfafa, foi conduzido experimento na fazenda São Carlos no Município de Bandeirantes-Pr localizado entre as coordenadas 50°32'33"W O e 23°15'41"S. Foram realizadas as correções de solo antes da implantação da cultura, após o plantio, e com 80 dias de instalada a cultura. Retirou-se uma análise de solo de cada parcela de 0 á 20 cm de profundidade com três repetições antes e depois da aplicação dos fertilizantes, posteriormente aplicaram-se os fertilizantes em 2 (duas) etapas em cobertura na cultura de alfafa cv. Crioula. Utilizou-se os fertilizantes a base de calcário calcítico, hidróxido de cálcio e magnésio, cama de frango, oxicloreto de cobre, bioestimulante condicionador de solo e cloreto de potássio. Os resultados são referentes a 14 meses e quando a planta apresentava uma idade entre 39 a 51 dias em relação ao corte anterior; puderam ser realizados 7 cortes no período, antes de cada corte, foram medidas as alturas de 20 plantas por parcela na primeira folha abaixo da floração e avaliado o índice de área foliar (IAF) e matéria seca (MS) área total considerada (1m<sup>2</sup>). O delineamento experimental utilizado foi o Blocos casualizados com 3 repetições, sendo as parcelas de 9 m<sup>2</sup> (3x3m) e espaçamento de 20 centímetros entre linhas, constituindo 21 tratamentos, totalizando 63 parcelas. As avaliações de matéria seca apresentaram resultados de correlação com os demais fatores como índice de área foliar, diâmetro de caule e altura de planta. As análises dos fertilizantes líquidos e sólidos aplicados em cobertura demonstraram diferenças significativas na cultura de alfafa. Nas análises de solo aumentaram os valores de pH, K, Ca, Mg, após a aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos. Concluiu-se que a aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos obteve aumento de produtividade em 50,05% de matéria seca no tratamento 19, quando comparado com o padrão tratamento 12, para facilitar a implantação do manejo para os produtores rurais, foi inserido o índice tecnológico da cultura de alfafa.

**Palavras-chave:** Forrageira. Matéria Seca. Nutrientes no Solo.

DUARTE, Erich Dos Reis. **Fertilization Management in Alfalfa Culture**. 2020. 104 F. Master's thesis project in agronomy - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR, 2020.

## ABSTRACT

In order to evaluate the different forms of application of liquid and solid fertilizers in cover, and comparing before and after the levels of nutrients in the soil at the end of the 7 (seven) cuts in the management of the culture of alfalfa, an experiment was carried out on the São Carlos farm in the Municipality of Bandeirantes-Pr located between the coordinates 50°32'33 "WO and 23°15'41" S. Soil corrections were made before the implantation of the crop, after planting, and with 80 days of the crop installed. A soil analysis was taken from each plot from 0 to 20 cm deep with three replications before and after the application of the fertilizers, afterwards the fertilizers were applied in 2 (two) coverage stages in the alfalfa cv. Creole. fertilizers based on limestone, calcium and magnesium hydroxide, chicken litter, copper oxychloride, biostimulating soil conditioner and potassium chloride. The results are for 14 months and when the plant was between 39 and 51 days old compared to the previous cut; 7 cuts could be made in the period, before each cut, the heights of 20 plants per plot on the first leaf below flowering were measured and the leaf area index (IAF) and dry matter (MS) total area considered (1m<sup>2</sup>) were evaluated . The experimental design used was the randomized blocks with 3 repetitions, with plots of 9 m<sup>2</sup> (3x3 m) and 20 cm spacing between lines, constituting 21 treatments, totaling 63 plots. The dry matter evaluations showed results of correlation with the other factors such as leaf area index, stem diameter and plant height. The analysis of liquid and solid fertilizers applied to cover showed significant differences in the cultivation of alfalfa. In soil analysis, the values of pH, K, Ca, Mg increased after the application of liquid and solid fertilizers. It was concluded that the application of liquid and solid fertilizers obtained an increase in productivity in 50.05% of dry matter in treatment 19, when compared to the treatment standard 12, to facilitate the implementation of management for rural producers, the index was inserted technological aspects of alfalfa culture.

**Key-words:** *Forage. Dry matter. Soil Nutrients.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de alfafa, em milhões de hectares, cultivadas no mundo. ....	19
Figura 2 - Produção de Alfafa na Região de Bandeirantes - Pr .....	21
Figura 3 - Sementes de alfafa. ....	24
Figura 4 - Partes da semente de alfafa. Seção externa: vista lateral (a) e vista frontal (b). Seção interna: vista em corte transversal (c). ....	24
Figura 5 - Germinação da semente de alfafa: emergência da radícula (a) e desenvolvimento da plântula, com aparecimento dos cotilédones (b). ....	25
Figura 6 - Primeiras etapas do desenvolvimento vegetativo da alfafa, com a aparição de uma (a), duas (b), três (c) e quatro folhas trifoliadas (d). ....	26
Figura 7 - Raízes de alfafa com dois anos de cultivo que atingiram 1,40m de profundidade do solo. ....	27
Figura 8 - Tipos de raízes de alfafa: pivotante .....	28
Figura 9 - Talos de alfafa com nó, aonde brotam as folhas trifoliadas. ....	29
Figura 10 - Fases iniciais da formação da coroa em plantas de alfafa de quatro meses de cultivo. ....	30
Figura 11 - Coroa de diferentes tipos e tamanhos em plantas de alfafa de um (a), dois (b) e três (c) anos de cultivo. ....	31
Figura 12 - Formas de folíolos em folhas trifolioladas de alfafa: obovada (a), oblongas (b), arredondados (c), cordiforme (d), espatulados (e) e lineares (f). ....	32
Figura 13 - Inflorescência da alfafa: rácimo com botões florais (a) e rácimo com duas flores abertas (b). ....	33
Figura 14 - Estrutura da flor da alfafa: vista superior (a) e vista lateral (b). ....	33
Figura 15 - Algumas cores de flor de alfafa (em sentido horário: azulada, violeta-claro, púrpura-claro e púrpura-escuro). ....	34
Figura 16 - Momentos na evolução do fruto de alfafa, pouco depois da fecundação da flor até a vagem madura com várias espiras. ....	35
Figura 17 – Relação entre o pH e a disponibilidade dos elementos no solo. ....	37
Figura 18 - Compatibilidade de fertilizantes em misturas .....	39
Figura 19 - Doses de K <sub>Ci</sub> versus cortes de alfafa .....	40
Figura 20 - Doses de K <sub>Ci</sub> versus produção de matéria seca da cultura de alfafa. ....	41
Figura 21 - Ciclo e Origem dos Ácidos Húmicos e Fúlvicos .....	45
Figura 22 – a) e b) Altura de planta medida com uma régua métrica .....	55

Figura 23 – c) 20 plantas para medir (IAF); d) 130 plantas metros linear. ....	55
Figura 24 – e) Diâmetro de caule no segundo nó da planta .....	56
Figura 25 - Análise de Solo .....	58
Figura 26 - Produtividade acumulada em 7 cortes de alfafa sob o efeito de diversos manejos tecnológicos.....	62
Figura 27 - Produtividade acumulada ao longo de 7 cortes de alfafa. Letras e cores representam o agrupamento de médias de Scott Knott a 5% de probabilidade da produtividade acumulada. ....	62
Figura 28 - Matriz de correlação entre as variáveis analisadas. Valores representam a correlação entre as variáveis calculadas a partir das médias de cada tratamento dentro de cada corte. Todas as correlações foram significativas a 0,1%.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise Bromatológica da Cultura de alfafa.....	16
Tabela 2 - Dados por Município da região em 2017/2018.....	21
Tabela 3 - Quantidade de Ca e Mg removidas pela cultura da alfafa ( <i>Mendicato sativa</i> ) .....	37
Tabela 4 - Recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura da alfafa, na região Sudeste do Brasil, nas fases de implantação e de manutenção. ...	40
Tabela 5 - Produção, quantidade de K <sub>2</sub> O extraído e porcentagem exportada em relação à produção da Cultura de Alfafa .....	41
Tabela 6 - Adubação química e orgânica na Cultura de Alfafa.....	43
Tabela 7 - faixa de pH do solo ideal de disponibilidade do micronutriente cobre (Cu).....	50
Tabela 8 - Algumas fontes de cobre (Cu).....	51
Tabela 9 - Limites dos teores de interpretação do micronutriente cobre (Cu) no solo com o Extrator Mehlich 1 .....	51
Tabela 10 - Formulação e Concentração dos Fertilizantes Líquidos e Sólidos Utilizados .....	53
Tabela 11 – Tratamentos e produtos utilizados no experimento .....	54
Tabela 12 – Condições climáticas.....	58
Tabela 13 - Tratamentos e Produtos e Doses Utilizados no Experimento .....	59
Tabela 14 - Índice Tecnológico da Cultura de Alfafa. ....	63
Tabela 15 - Produtividade de alfafa em diferentes cortes.....	67
Tabela 16 - Resumo da Análise da variância e significância estatística dos valores médios dos nutrientes Ca, Mg, P, K e teores de pH, MO e V% no solo da cultura de alfafa em função dos tratamentos depois de parceladas em 2 (duas) aplicações de fertilizantes líquidos e sólidos em cobertura. ....	70

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1	CULTURA DA ALFAFA .....	16
2.2	MORFOLOGIA DA CULTURA DE ALFAFA.....	23
2.3	MORFOLOGIA DA ALFAFA .....	23
2.3.1	Semente .....	23
2.3.1.1	Germinação e primeiras fases do desenvolvimento da alfafa .....	25
2.3.2	Raiz .....	26
2.3.3	Talo e coroa.....	29
2.3.4	Folha .....	31
2.3.5	Flor .....	32
2.3.6	Fruto.....	34
2.4	PREPARO DO SOLO, CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS E SÓLIDOS NA CULTURA DE ALFAFA.....	35
2.4.1	Adubação da Alfafa .....	38
2.4.2	Adubação de Fertilizante sólido de potássio .....	38
2.4.3	Adubação de Fertilizante sólido ou Adubação Orgânica (cama de frango) .....	41
2.4.4	A importância dos Fertilizantes líquidos a base de Ácidos Húmicos e Fúlvicos no solo e sua origem.....	44
2.4.5	Adubação e Fertilizantes Sólidos Calcário e Hidróxido de Cálcio e Magnésio ..	46
2.4.6	Adubação de Fertilizante Líquido Oxidoreto de cobre .....	49
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>61</b>
4.1	MASSA SECA TOTAL POR TRATAMENTOS (SOMANDO OS 7 CORTES) ..	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>

<b>APÊNDICES</b> .....	86
APÊNDICE A – Croqui de localização do experimento .....	87
APÊNDICE B – Análise de Solo: cálcio.....	88
APÊNDICE C – Análise de Solo: Potássio .....	89
APÊNDICE D – Análise de Solo: Matéria Orgânica.....	90
APÊNDICE E – Análise de Solo: Magnésio .....	91
APÊNDICE F – Análise de Solo: Fósforo .....	92
APÊNDICE G – Análise de Solo: pH.....	93
APÊNDICE H – Análise de Solo: Saturação de Bases .....	94
APÊNDICE I – Análise de Solo após 2 aplicações: Matéria Orgânica.....	95
APÊNDICE J – Análise de Solo após 2 aplicações: Cálcio .....	96
APÊNDICE K – Análise de Solo após 2 aplicações: Potássio .....	97
APÊNDICE L – Análise de Solo após 2 aplicações: Magnésio.....	98
APÊNDICE M – Análise de Solo após 2 aplicações: Fósforo .....	99
APÊNDICE N – Análise de Solo após 2 aplicações: pH.....	100
APÊNDICE O – Análise de Solo após 2 aplicações: Situação de bases .....	101
APÊNDICE P – Resultados estatísticos, antes e depois das aplicações dos Fertilizantes líquidos e sólidos em cobertura.....	102

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil a demanda por informações sobre forrageiras de alta qualidade vem sendo mais ativa, uma vez que, em tempos anteriores as tecnologias eram pontuais e somente para alimentação de equinos, atualmente além dos equinos, a demanda da bacia leiteira vem crescendo com o uso de forrageiras com alto teor de proteína como apresenta a cultura de alfafa como rainha das forrageiras.

O uso da leguminosa alfafa (*Medicago sativa* L.) vem melhorando a produtividade em kg L<sup>-1</sup> de leite do rebanho em várias regiões, tendo como exemplo a região dos Campos Gerais no Paraná, refletindo assim em melhores índices de desempenho animal e reduzindo o custo de alimentação pela menor necessidade de alimentos concentrados ou conservados, utilizando assim a cultura de forma mais em natura e com ganhos de produtividade.

O cultivo da alfafa tem despertado o interesse dos criadores de equinos de diversas modalidades, uma vez que a forrageira pode ser oferecida de forma natural (feno), ou peletizada como ração. Algumas regiões iniciam seus manejos, tendo como exemplo a Argentina, onde a cultura é utilizada na forma de pastejo. Com a cultura da alfafa, torna-se possível a diminuição de custos de produção de forragem para o rebanho leiteiro, portanto, bem manejada, ela apresenta custos de produção semelhantes com os da silagem de milho (OLIVEIRA & LÉDO, 2008).

O principal mercado da cultura produzida na região, é para uso de alimentação de equinos na região do Rio de Janeiro, mas o mercado de São Paulo vem crescendo devido ao mercado das agropecuárias com a modalidade de ração de alfafa peletizada.

A cultura de alfafa também é utilizada para a produção de forragens direta ao campo no pastejo dos animais. Sendo orientado por um profissional da área, pode ser uma substituta ou auxiliadora no processo de produção de leite, que fazem uso de pastagens de gramíneas tropicais, que mesmo quando irrigadas, para tanto, sofrem no inverno e tem custo elevado na necessidade de adubação nitrogenada, nesse caso a alfafa por ser uma leguminosa que fixa simbioticamente o nitrogênio do ar tem vantagens econômicas (RASSINI et al., 2008).

Outra importância que a alfafa pode ser aproveitada é como banco de proteína, para complemento da dieta à base de forrageiras tropicais, admitindo,

assim, diminuição no uso de concentrados (RODRIGUES et al., 2008). Quando bem conduzida esta cultura, possibilita a produção de um material de alta qualidade, com até 11 (onze) cortes por ano (ANCHÃO, 1995) podendo obter produtividade anual de matéria seca de aproximadamente 20 t ha<sup>-1</sup> (RASSINI et al., 2008).

No Brasil, até 1968, o Estado do Rio Grande do Sul respondia por mais de 70% da área cultivada com alfafa, pelo fato de as condições climáticas serem mais favoráveis às cultivares da época. Porém, atualmente, verifica-se aumento da área plantada com alfafa nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, em função da crescente implantação de sistemas intensivos de produção com bovinos de leite, o que, conseqüentemente, tem aumentado a demanda por alimentos de alto valor nutritivo, com uma área atual de 40 mil hectares (VILELA, 2020).

Apesar de ser um mercado ainda pouco explorado no Brasil, a expansão do cultivo de alfafa depende de investimentos nos aspectos de fertilidade do solo, manejo, produção de sementes, o investimento na produção de cultivares mais adaptadas às condições brasileiras (MARQUES et al., 2010). Ainda tem-se em solos ácidos com pH em CaCl<sub>2</sub> abaixo de 5 várias regiões tropicais e subtropicais agrícolas, onde advém limitações ao crescimento da cultura de alfafa, devido a sua necessidade de pH de solo entre 6,5 a 7.

Na região Sul do Brasil, a correção dos solos é imprescindível para alcançar altos índices de produção de grande parte das plantas cultivadas, como por exemplo a cultura de alfafa (BISSANI et al., 2004). A correção do solo pela calagem é uma prática agrícola capaz de alterar várias características químicas e biológicas do solo, dentre elas o acréscimo do valor do pH do solo que torna alguns nutrientes mais disponíveis e enquanto outros como Al<sup>3+</sup> têm suas disponibilidades diminuída (MORAES et al., 1998).

A correção do solo deve ser realizada de preferência de forma antecipada ao plantio da cultura da alfafa, em um período que seja suficiente para a reação do calcário e seu manejo se observado a deficiência de Ca e Mg, pode ser usado o Hidróxido de Cálcio e Magnésio para suprir essa necessidade. Mas é importante salientar que a calagem no preparo do solo na implantação da cultura se faz necessário, porém os fertilizantes a base de Hidróxido de Cálcio e Magnésio é uma alternativa de fornecimento de nutrientes, levando em consideração que se trata de uma cultura perene (RASSINI et al., 2007).

O Potássio (K) é um elemento exportado pela cultura de alfafa e tem

uma boa mobilidade no solo, podendo ser aplicado via lanço no solo, mesmo após a implantação da cultura, e com excelentes respostas de produtividade. Outro fertilizante que vem aumentando sua utilização em diversas culturas e não é diferente na cultura de alfafa, é o dos condicionadores de solo, a base de ácidos húmicos e fúlvicos. O sintoma mais marcante resultante da ação das substâncias húmicas e fúlvicas nas plantas é o acréscimo do sistema radicular, que influencia processos de absorção de nutrientes e conseqüentemente, a produtividade na parte aérea (CAMPOS, 2019).

Todavia, o crescimento é a soma de processos que ocorrem na planta, cuja amplitude é modificada sob ação das substâncias húmicas. Dentre esses, destacam-se alterações metabólicas e a sinalização hormonal (CASTRO, 2019).

Os condicionadores de solo são substâncias orgânicas com cadeias carbônicas iguais ou semelhantes aos presentes na natureza. Estes compostos são oriundos da extração de turfas ou de minas e também podem ser sintetizados industrialmente. Aqueles extraídos da natureza proporcionam composição variada, porém, de forma geral, são fontes de ácidos húmicos e fúlvicos (CAMPOS, 2019).

Há possibilidade de corrigir os níveis dos nutrientes Ca, Mg e K e corrigir o pH do solo, utilizando os fertilizantes em cobertura na cultura de alfafa e ainda aumentar a produtividade de matéria seca.

Mediante o exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar as diferentes formas de aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos em cobertura no manejo da cultura para a produção de alfafa e fertilidade do solo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DA ALFAFA

A alfafa (*Medicago sativa* L.) é uma planta perene, oriunda da Ásia, de onde se alastrou para a Europa e as Américas (MONTEIRO et al., 1999), porém existem quatro subespécies que são conhecidas: *M sativa spp*; *M sativa falcata*, *M sativa glutinosa*, *M sativa coruela*. Ponderada como uma cultura leguminosa herbácea perene, a alfafa possui folhas trifolioladas, tendo de forma rotativa folhas ao entorno da haste ou talo, com folíolos ovulados e arredondados.

A alfafa (*Medicago sativa*), nativa da Ásia Menor e do Sul do Cáucaso, é uma leguminosa forrageira que apresenta uma adaptabilidade distintos tipos de clima e de solo, o que a torna notória em aproximadamente todas as regiões agrícolas do mundo, tendo uma extraordinária e importante propriedade dessa planta que é o seu alto valor nutritivo, com 20% a 25% de proteína bruta na matéria seca, bem como a sua aptidão de produzir forragem macia e de boa palatabilidade aos animais (MOREIRA, et al., 2017).

Tabela 1 - Análise Bromatológica da Cultura de alfafa.

<b>Análise Bromatológica</b>	<b>Resultado em 100% de matéria seca</b>
Matéria Seca	84,2%
Proteína Bruta	22,8%
Energia Líquida Lactação	1,38 Mcal/Kg
N.D.T. (Nutrientes Digestíveis Totais)	62,1%
Energia Digestível	2,48 Mcal/Kg
Fibra Bruta	23,0%
F.D.A. (Fibra em Detergente Ácido)	28,6%
F.D.N. (Fibra em Detergente Neutro)	36,3%
Lignina	5,9%
Extrato Etéreo	2,1%
Cinzas (minerais)	9,5%
Proteína Não Degradável No Rúmen	25,0%
Lisina	0,9%
Lisina (% Proteína Bruta)	5,13%
Lisina (% AA.E. – Aminoácidos essenciais)	12,40%
Metionina (% Proteína Bruta)	1,56%
Metionina (% AA.E.)	3,77%
Calcio	1,56%
Fósforo	0,31%
Magnésio	0,33%

Potássio	2,56%
Sódio	0,03%
Cloro	0,55%
Enxofre	0,33%
Cobalto	0,65 ppm
Cobre	10 ppm
Iodo	0,17 ppm
Ferro	213 ppm
Manganês	49 ppm
Selênio	0,20 ppm
Zinco	26 ppm
Caroteno	139,8 ppm
Vitamina A	55.918 UI/Kg
Vitamina E	26 ppm
Riboflavina	10,6 ppm

Fonte: ALFANUTRI (2019).

A cultura no seu período de maturação pode apresentar dependendo da variedade de cinco a vinte hastes, com altura de entre 60 a 90 cm. (TEUBER, et al., 1988). A alfafa é muito nutritiva, expondo enormes qualidades como forrageira: proteína bruta = 22 a 25%, cálcio = 1,6%, fósforo = 0,26% e NDT = 60%, níveis muito superiores aos de outras fontes de alimentos frequentemente utilizados em nossa pecuária, como o milho (*Zea mays*), a cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) e o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*). Quanto aos teores de proteína, verifica-se que sua degradabilidade, no processo de digestão pelo animal, ocorre em atividade muito inferior àquela de proteína de gramíneas. Em bovinos, esse fato eleva a fundamental importância da alfafa para vacas de alta produção, (ALFANUTRI, 2019).

O potencial de produção de forragem e da sua acomodação a diferentes condições ambientais (FERREIRA et al., 1999), a alfafa é uma das classes de forrageiras de máxima importância mundial, com mais de 32 milhões de hectares de cultivo.

Os Estados Unidos, Rússia, Canadá e a Argentina são os principais países produtores. O Brasil fica com uma porção aproximada em 40 mil hectares, sendo que os Estados de Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul são os maiores produtores de alfafa, (VILELA et al., 2008), principalmente no Sudeste, advindo do aumento da área plantada com alfafa, nota que esse fato transcorre da implantação de sistemas intensivos de produção de leite nessa região, que exigem alimentos com alto valor nutritivo (RASSINI; FREITAS, 1998), como também na alimentação dos equinos devido ao seu potencial de fibra. Mundialmente, a cultura da alfafa é

mais assídua nas regiões de clima temperado, a área estimada é de mais de 32 milhões de hectares (ha), distribuída da seguinte maneira: no hemisfério Norte, Estados Unidos com 10.500.000 ha e a maior produção mundial, seguidos pela ex-União Soviética, atualmente Rússia com 3.300.000 ha, pelo Canadá, com 2.500.000 ha, e pela Itália, com 1.300.000 ha. No hemisfério Sul, o maior produtor e o segundo em nível mundial é a Argentina, com 7.500.000 ha, seguida pela África do Sul, com 300.000 ha, e pelo Peru, com 120.000 ha, (SILVA, 2019).

No Brasil, a alfafa foi introduzida no Rio Grande do Sul, a partir do Uruguai e da Argentina, apresentando no País área entre apenas 26.000 a 40.000 ha, o que não se enquadra com sua grandeza como planta forrageira. Portanto, dentre os fatores que ainda impedem sua expansão no Brasil, destaca-se a pouca informação, por parte de produtores, das exigências da cultura quanto à fertilidade do solo, do manejo, e das práticas de irrigação, e principalmente a limitada produção de sementes e a inexistência de cultivares adaptadas às principais pragas e doenças, que acompanham a alfafa em todo o mundo, (SILVA, 2019).

A cultura tem um custo alto de implantação devido ao preparo do solo e as correções de fertilidade, tem como maior utilização no Brasil na alimentação de equinos de raça (HONDA e HONDA, 1997).

Contudo, aumentos de produtividade de quaisquer cultivos estão na conexão de uma série de fatores, como genético, climático, edáfico e de manejo da cultura (VENTURIN et al., 2011).

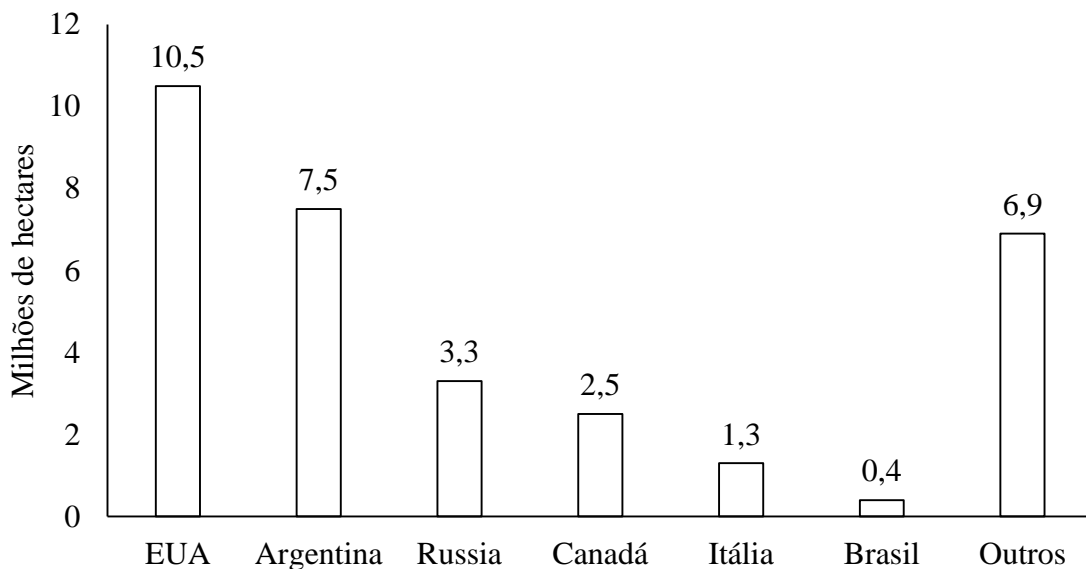


Figura 1 - Área de alfafa, em milhões de hectares, cultivadas no mundo.  
Fonte: Adaptado de Vilela et al (2008).

A alfafa pode ser aprovionada aos animais na forma conservada ou na forma verde picada ou sob pastejo para os bovinos e na forma de fenos para os equinos (RODRIGUES et al., 2008). A principal forma de conservação da forragem de alfafa é o feno (forragem guardada com teor de umidade abaixo de 20%), (FERREIRA et al., 1999). Outra forma importante em preservar a qualidade da alfafa é em péletes (forragem desidratada e compactada em encurtados cubos de alta massa volumar).

A alfafa (*Medicago sativa*) é uma leguminosa perene, pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilonoideae, que apresenta grande variedade de ecotipos, sendo a primeira espécie forrageira a ser domesticada.

Todavia, sua característica de conformação a diferentes tipos de clima e solo fez com que se ponderasse da conhecida e cultivada em quase todas as regiões agrícolas do mundo. É considerada a "rainha das forrageiras" pelos norteamericanos, por seu elevado valor nutritivo, bem como por produzir forragem tenra e de boa palatabilidade aos animais, com cerca de três a quatro vezes mais proteína bruta do que a silagem de milho. (SILVA, 2019).

No Brasil e nos Estados Unidos, a alfafa é fornecida aos bovinos e equinos em sua maior proporção através de fenos ou em cubos peletizados, enquanto na Argentina a alfafa já é mais utilizada no pastejo direto ou na forma verde fornecida no cocho (FERREIRA et al., 2015).

O exemplo de produção adotado na pecuária brasileira, estriba-se no

emprego das pastagens, as quais concebem a forma mais prática e econômica de alimentação de ruminantes. Embora o Brasil segura o maior rebanho bovino comercial do mundo, com aproximadamente 180 milhões de cabeças, observa-se que a taxa de lotação média é muito baixa ( $0,6 \text{ UA ha}^{-1}$ ), resultando em produtividade inferior ao potencial do setor pecuário (PEREIRA et al, 2006).

Entre os vários fatores que colaboram para essa baixa produtividade, pode-se atribuir a degradação na oferta de alimento proveniente de pastagens, variando-se períodos onde é grande a disponibilidade quantitativa e qualitativa da forragem, com períodos em que o desenvolvimento das plantas é reduzido, em reposta às mudanças climáticas (PEREIRA et al, 2006). Então, é de suma acuidade que a pesquisa acondicione informações do desempenho, adaptação e produção de espécies forrageiras como a Alfafa, visando a um melhor resultado produtivo e econômico em níveis da produção animal de bovinos e equinos (VENTURIN et al., 2011).

A produtividade animal, em regiões tropicais, é baixa quando comparada à de regiões temperadas, porque as plantas tropicais produzem grande quantidade de matéria seca com baixo valor nutritivo. Normalmente as leguminosas forrageiras apresentam alta taxa de deterioração e alta degradabilidade dos nutrientes em relação às gramíneas (VENTURIN et al., 2011).

Nesta configuração como a fonte de proteína para a alimentação animal é um dos fatores mais limitantes da produção, torna-se indispensável o estudo da utilização de forrageiras ricas em proteína e de menor custo como a alfafa (PIRES, et al., 2006). A cultura deve excelente adaptação no Norte do Paraná, devido ao clima como também a fertilidade do solo, uma vez que a cultura é exigente nesses termos (HONDA e HONDA, 1997). Essas características de ambiente e de fertilidade de solo são fundamentais para o sucesso do alfafal, onde na região a cultura encontrou seu habitat ideal.

O Município de Bandeirantes no Paraná se destaca na produção de alfafa. Essa atividade vem se desenvolvendo ao longo do tempo e buscando um mercado cada vez mais promíscuo, onde se destaca a produção de 9000 mil toneladas de matéria seca anual no Município, sendo distribuídos nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo para alimentação de equinos de haras e animais de competição (SEAB, 2019).

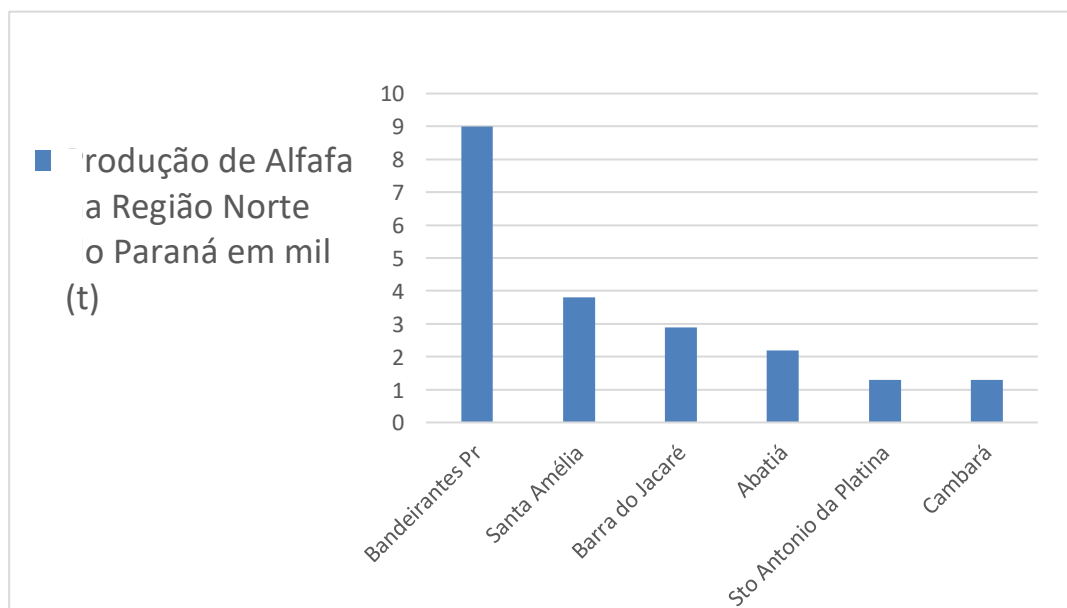


Figura 2 - Produção de Alfafa na Região de Bandeirantes - Pr  
Fonte: Adaptado SEAB, 2019

A cultura na região de Bandeirantes – Paraná, dependendo do manejo utilizado, a longevidade da cultura pode chegar até sete anos, permitindo assim, entre seis a oito cortes/ano, sujeito a clima, na primavera-verão, cortes esses que varia entre 28 a 32 dias e outono-inverno, 35 a 42 dias (BELLETTINI et al.,1997). Sobre a sustentabilidade da cultura em cada região refere-se à demanda da cultura por mão-de-obra. Estima-se que cada hectare de alfafa empregue 1,5 pessoas (OLIVEIRA & LÉDO, 2008). Assim, a atual área de alfafa na região do Norte Pioneiro de 3060 hectares, empregue 4591 pessoas de forma direta e indiretamente.

Sendo essa cultura uma importante fonte de renda na região do Norte Pioneiro, com uma abrangência de área e de produtores rurais atingidos de forma significativa, abaixo os números de produtores na região e suas respectivas áreas em hectare.

Tabela 2 - Dados por Município da região em 2017/2018

Município	Área ha <sup>-1</sup>	Nº de produtores	Produtividade (kg de feno/ ha <sup>-1</sup> /ano)
Santa Amélia	1.100	150	12.000
Bandeirantes	1.050	55	12.000
Santa Mariana	425	12	11.500
Abatiá	372	75	11.000

Itambaracá	60	8	9.500
Andirá	54	3	11.000

Fonte: Adaptado de Bellettini et al (2019).

Em alfafa e outras classes forrageiras perenes são buscadas características morfológicas, fisiológicas e agronômicas que elevem ao máximo o rendimento, a qualidade da forragem e a pertinácia das plantas, nas suas diversas formas de utilização. O potencial de produção de matéria seca da alfafa é aproximadamente de 25 t ha<sup>-1</sup> ano. Este potencial não é atingido, na maioria das situações, por motivo de limitações climáticas (FONTES et al., 1993; PAIM, 1994).

Para identificação de cultivares de alfafa mais adaptadas a um determinado ambiente, são necessárias avaliações periódicas, por meio de cortes, de modo a mensurar o comportamento das principais características fenotípicas. Assim, pode-se estimar a variabilidade genotípica entre o material disponível e a repetitividade do desempenho de cada cultivar ou progênie (FONTES et al., 1993; FERREIRA et al., 1999).

As propriedades estão buscando mais tecnologias com o objetivo de se tornarem mais competitivas. Assim, se tornam mais viáveis nas atividades agrícolas, apenas aquelas que conseguem otimizar seus custos e melhorar suas economias de escala e, aliados a um aumento da produtividade. Assim, é necessário o aprimoramento de técnicas de cultivo, com menor custo de produção e impacto sobre o meio ambiente. Atualmente, a permuta dos agroquímicos por produtos alternativos, como os biofertilizantes, para o aumento da produtividade e controle de pragas e doenças das plantas, vem aumentando em todo o mundo (KOPPERT, 2019)

No Brasil, especialmente na Região Sul, a agricultura, caracteristicamente, é uma atividade de pequenas propriedades rurais e está aliada à produção de grãos, hortifrúti e de leite. Nessas propriedades, a alfafa está sendo utilizada em um sistema de diversificação de cultura e renda, é uma ótima alternativa para aumentar a os recursos financeiros das propriedades. (ASSMANN et al., 2009).

De acordo com Benedetti et al. (2009), o emprego da cama de aviário como adubo orgânico tornou-se uma saída descoberta por avicultores, tornando seguro e rentável o destino desse resíduo da criação bem como visa viabilizar o custo de produção em substituição ao adubo químico.

A cama de frango é definida como produto da mistura de

excrementos de aves, penas, fragmentos e materiais sólidos e orgânicos utilizados sobre o piso de aviários, acrescidos da ração que, mesmo que sob condições adequadas de manejo, são perdidos pelos comedouros (ALVES, 1991). No presente estudo, avaliou-se o potencial forrageiro da alfafa, analisou-se sua resposta a diferentes tipos de fertilizantes líquidos e sólidos de forma isolada e em conjunto sobre a produção de matéria seca (PMS), da cultura da alfafa, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva da agricultura.

É importante que o pastejo da alfafa seja realizado com adaptação previa, iniciando com 30 minutos por dia e aumentando progressivamente até que se chegue a três horas diárias, após esse período os animais voltam para as gramíneas tropicais permitindo assim um melhor balanceamento da relação energia: proteína, além de diminuir o risco da ocorrência do timpanismo nos animais. Ainda com o pastejo realizado em poucas horas por dia o produtor permite que um maior número de animais tenha acesso a alfafa (RODRIGUES et al, 2008).

## 2.2 MORFOLOGIA DA CULTURA DE ALFAFA

A Morfologia da cultura de alfafa é uma ciência que estuda a configuração das plantas, desde a semente e suas estruturas vegetativas (RASSINI; FREITAS, 1998).

Os órgãos que compõem a planta de alfafa, incluindo imagens que elucidam as descrições em cada parte da planta. Para máxima nitidez, descrevem-se os órgãos e estruturas da alfafa desconectados em semente, raiz, coroa, talo, folha, flor e fruto. (VILELA, et.al, 2008)

## 2.3 MORFOLOGIA DA ALFAFA

### 2.3.1 Semente

O fruto, que nesse caso aufere neste episódio o nome de legume, da genealogia às sementes. De caráter geral, estas possuem forma arredondada e coloração amarelada, contudo, podem ser encontradas sementes de forma angulada e de coloração que altera desde o verde-oliva a diferentes tonalidades de marrom

(Figura 3)



Figura 3 - Sementes de alfafa.  
Fonte: do autor, 2019.

As sementes, quando maduras, medem de 1 mm a 2 mm de comprimento, 1 mm a 2 mm de largura e 1 mm de espessura. Elas são compostas pelo funículo, pelo tegumento externo (testa), pelo embrião e pelo endosperma (Figura 4).

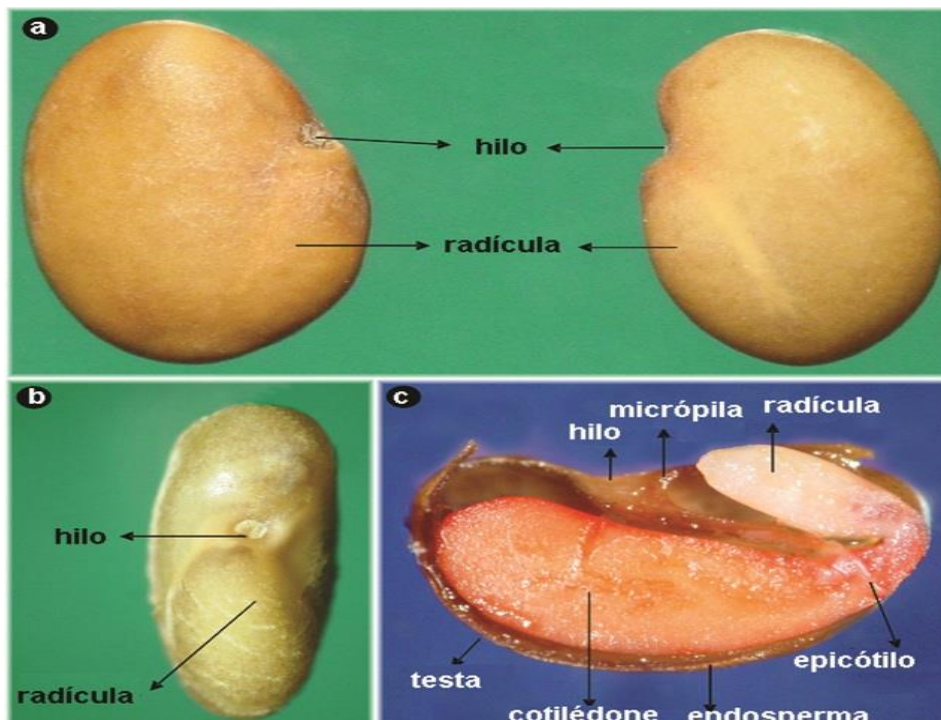


Figura 4 - Partes da semente de alfafa. Seção externa: vista lateral (a) e vista frontal (b). Seção interna: vista em corte transversal (c).  
Fonte: Del Pozo Ibañez (1977).

O funículo é quem liga a semente ao fruto; ao secar o funículo, a semente se arrebeta e forma um estigma, apontado como hilo. O tegumento exterior é a capa externa que contorna a semente e lhe atribui a proteção; ao mesmo tempo é responsável pela cor da semente. (FONT QUER, 1989).

Na semente de Alfafa, ainda na fase de embrião, se abrolhará a futura plântula, na qual se depara a radícula, o hipocótilo, a plúmula e os cotilédones. A radícula, que durante o processo de germinação emerge através da micrópila, formando a raiz. Em caráter contrário, o hipocótilo abrolhará a parte aérea da plântula. Contudo, a plúmula, que é um escorço formado por pequenas e finíssimas folhas, ao se alargar, formará o talo. Os cotilédones, grossos e carnudos, contém a maioria do tecido de reserva para o desenvolvimento do embrião. Por fim, o albume é um tecido de reserva que, no caso da alfafa, é pequeno do qual a principal função é de promover o processo de germinação. (HADDAD et al., 1999)

### 2.3.1.1 Germinação e primeiras fases do desenvolvimento da alfafa

No início de germinação, a semente entra em contato com o solo úmido, inicia-se o processo de absorção de água e desperta uma série de alteração que se sintetiza do desenvolvimento de uma raiz (partindo da radícula preexistente na semente) e de um pequeno talo que se aumenta e surgem os cotilédones acima da superfície do solo (Figura 5).



Figura 5 - Germinação da semente de alfafa: emergência da radícula (a) e desenvolvimento da plântula, com aparecimento dos cotilédones (b).

Fonte: Rodriguez et al (2008).

De modo que, as sementes possam absorver água, é indispensável que o solo possua umidade suficiente (DEL POZO, 1977). Entretanto, para o seu

desenvolvimento, a plântula também necessita de condições mínimas de aeração, uma vez que em demasia de umidade pode paralisar a germinação, obtendo a redução do volume de poros livres no solo. Todavia, na alfafa é trivial a presença de “sementes duras” (FERREIRA et.al, 1999), que são aquelas incapazes de se embeber de água, ainda que se tenha condições ideais de umidade. Esse acontecimento é um mecanismo de defesa da espécie, tendo como base o aumento da espessura das paredes das células que formam o tegumento externo.

À medida que o crescimento da parte aérea da plântula persiste, o hipocótilo se desenvolve e expõe os cotilédones acima da superfície do solo (Figura 6).

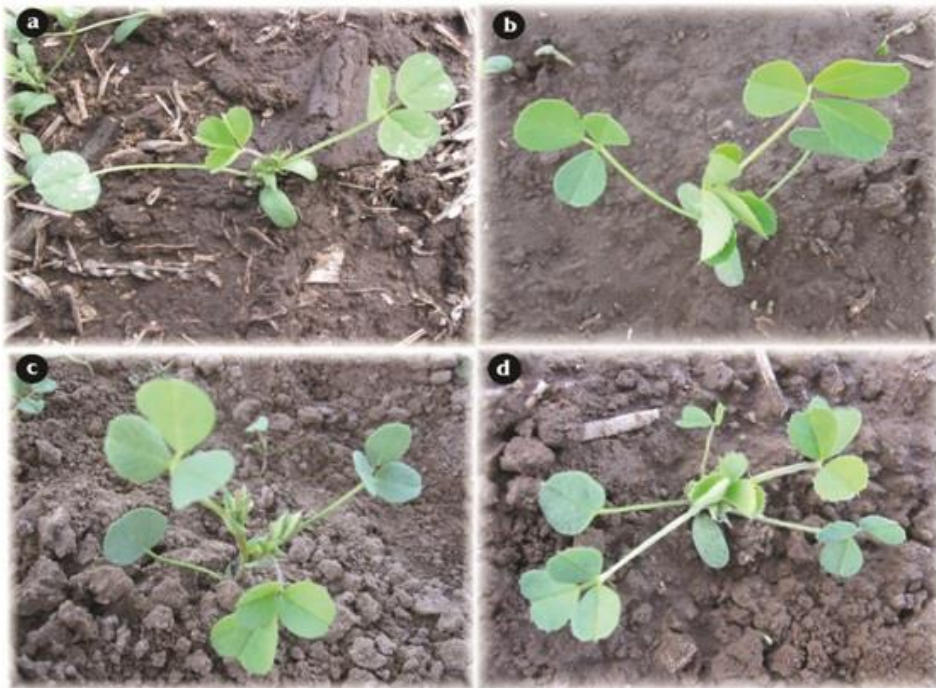


Figura 6 - Primeiras etapas do desenvolvimento vegetativo da alfafa, com a aparição de uma (a), duas (b), três (c) e quatro folhas trifoliadas (d).

Fonte: Rodriguez et al (2008).

### 2.3.2 Raiz

De forma universal, (GOPLIN et al., 1980), o sistema radicular da alfafa é vigoroso e profundo, podendo adquirir de 2 m a 5 m de profundidade, caso não haja nenhuma barreira no perfil do solo, levando de dois a quatro anos de período para alcançar tamanha robustez, seu sistema radicular pode conter raízes de forma pivotante e ramificada principalmente na *M. Sativa*.

A Cultura é altamente adaptável a diferentes cultivo e condições meteorológicas. Pode mostrar grande tolerância à seca. Isto pode ser conseguido devido ao seu sistema radicular, que podendo atingir altas profundidades, à procura de água e nutrientes. A parte superior da planta é mais curta em comparação com o sistema da raiz. A planta da alfafa prospera em solos bem drenados, uma vez que os solos encharcados promovem o desenvolvimento de várias doenças. (Figura 7).



Figura 7 - Raízes de alfafa com dois anos de cultivo que atingiram 1,40m de profundidade do solo.  
Fonte: do autor (2019).

Isso permite à planta absorver água das camadas profundas do solo e entrega a cultura de alfafa o título de rainha das forrageiras e estar entre as espécies mais tolerantes a seca. (BERNARDI, 2007 et.al), a planta possui amplo sistema radicular pivotante, que entra no solo entre 2 m a 5 m de profundidade e pode chegar até em 20 m em condições controladas. No início dos 30 cm a 60 cm da superfície do solo incidem muitas ramificações da raiz e esses esqueletos secundários compõem a parte do sistema radicular que são responsáveis pela máxima parte do auxílio de nutrientes a planta (RASSINI; FREITAS, 1998).

O aparelho radicular da alfafa é distribuído em quatro tipos: raiz pivotante, ramificada, rizomatosa e rasteira (COMERON et al., 2008). Em cultivares de período de verão (GRI 8-11), normalmente nota-se a presença de raiz pivotante, com poucas ramificações (Figura 7).

As cultivares com características período médio ou temperado (GRI 4-7) apresentam um elevado número de raízes secundárias denominada ramificada (Figura 7). Já as cultivares de período de inverno (GRI 1-3), as raízes laterais têm gemas das quais se acarretam talos que, ao saírem do solo, desenvolverão novas brotações.

Assim as gemas acionadas são apenas uma ou duas e as brotações que crescem a pouca extensão da planta primária, essas raízes se nomeiam rizomatosas (Figura 7); ao adverso, se as gemas acionadas são múltiplas e as brotações garantem uma expansão de certa amplitude, essa raiz se nomeia rasteira (Figura 8).

A raiz pivotante está conexas a cultivares de alfafa da espécie *Medicago sativa*.

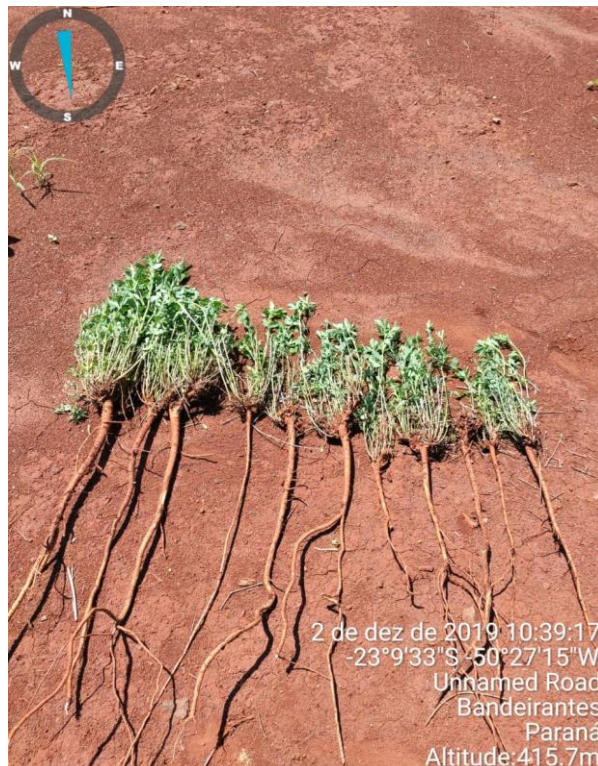


Figura 8 - Tipos de raízes de alfafa: pivotante  
Fonte: do autor (2019).

### 2.3.3 Talo e coroa

O talo exibe nó, aonde brotam as folhas. A quantidade de talos está sujeita a idade e do vigor da planta, podendo aproximar-se a 20 talos/planta (Figura 9). O desenvolvimento dos talos é proporcional ao tipo de emprego que a planta é exposta (pastejo ou corte).



Figura 9 - Talos de alfafa com nó, aonde brotam as folhas trifoliadas.  
Fonte: do autor (2019).

As cultivares que não são do período de inverno exibem talos de porte ereto, todavia as cultivares de período médio ou as cultivares de período definido como verão, têm talos de porte semiereto ou semirraasteiro, simultaneamente. (RODRÍGUEZ et al., 2008).

Ao grau que a planta cresce, cultiva-se em sua base, em meio a parte aérea e a raiz, um conjugado de talos novos e de talos velhos. Esta composição é aferida de coroa (Figura 10), que na planta adulta é constituída por talos perenes. (MOREIRA, et al., 2008).



Figura 10 - Fases iniciais da formação da coroa em plantas de alfafa de quatro meses de cultivo.  
Fonte: do autor (2019).

A coroa tem estrutura complexa e é composta por múltiplos esqueletos autônomos (TEUBER; BRICK, 1988) “apud” Stewart (1926) inclua que a coroa consiste apenas por tecidos perenes derivados do talo, remata que permanece complexa no desenvolvimento dessa composição ainda a parte superior da raiz. De alguma forma, a demarcação morfológica perfeita da coroa tem precária importância, uma vez que, a estação de seca, a estação de frio, as práticas culturais, as infestações de pragas e de doenças, a energia geral e a idade das plantas interferem de forma abrupta a quantidade e a qualidade das partes vegetativas que podem influenciar na adaptação da coroa (MOREIRA et al., 2008).

Contudo de sua composição morfológica, é adequado advertir a consideração ativa da coroa quanto armação contidora de elementos de reserva e local de gemas, de onde aparecerão as novas brotações da planta. O período de unificação e de utilização dos elementos de reserva é a base para a persistência da alfafa n seu período de vida mais logo possível e condiciona as boas práticas de manejo (RODRIGUÉZ, et al.,2008).

A dimensão (pequeno, médio, grande, etc.) e o modelo (compacta ou fechada, intermediária, aberta, etc.) da coroa dependem de fatores genéticos e de fatores ambientais (Figura 11). Portanto, as cultivares de período de verão têm coroas pequenas e compactas, por outro lado, as de período mais frequente de

inverno aproxima-se em conter coroas mais longas e abertas. Contudo, múltiplos fatores, tais como a densidade de plantas, o tipo de solo, a infestação de pragas e de doenças, a compactação por animais e maquinários, podem implicar nas alterações das características da coroa (HANSON, 1972).

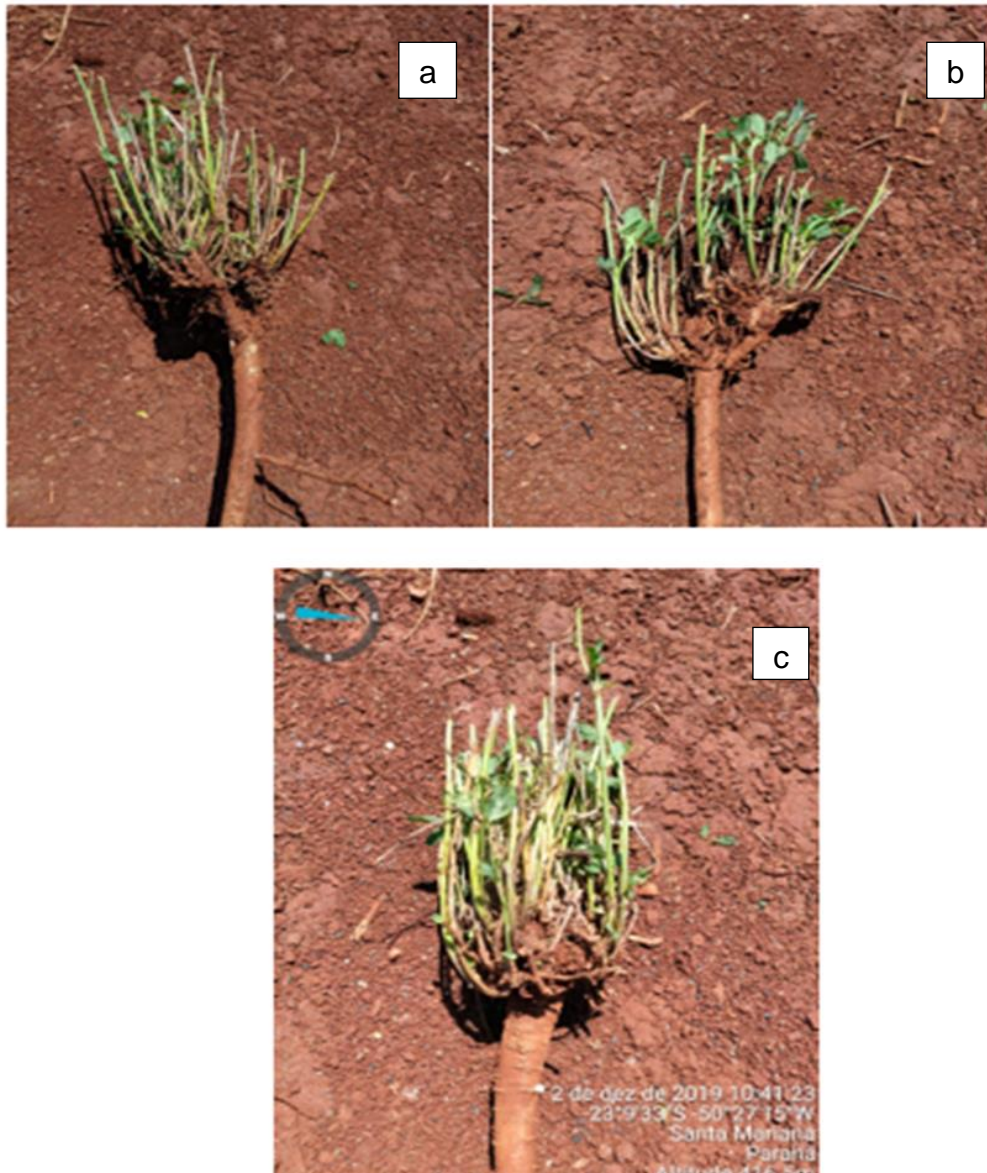


Figura 11 - Coroa de diferentes tipos e tamanhos em plantas de alfafa de um (a), dois (b) e três (c) anos de cultivo.

Fonte: do autor (2019).

#### 2.3.4 Folha

A primeira folha da plântula de alfafa é unifoliada com configuração orbicular. As secundárias e as seguintes são pinadicompostas, imparipenadas e na

maioria trifoliadas. As folhas descritas, que se acoplam ao talo pelo pecíolo, se arranjam de três folíolos peciolados. Os folíolos são habitualmente oblongos ou obovados, mas podem ser deparadas desde formas arredondadas ou ainda obovado-oblongas, até mesmo lineares (Figura 12).

As folhas se abroham do ápice do talo, quando a planta já está crescida, entretanto podem brotar também das gemas laterais situadas nos talos (RODRÍGUEZ, et al., 2008).



Figura 12 - Formas de folíolos em folhas trifolioladas de alfafa: obovada (a), oblongas (b), arredondados (c), cordiforme (d), espatulados (e) e lineares (f).

Fonte: do autor (2019).

### 2.3.5 Flor

Segundo (DEL POZO IBAÑEZ, 1977), a flor cresce quando o ápice do talo passa do estágio de desenvolvimento vegetativo ao reprodutivo. Esta modificação, definida como transição, começa com a aparência de uma protuberância na axila do primórdio foliar, contígua ao ápice do talo. Todo primórdio, se abrolha uma inflorescência em forma de racimo simples (Figura 13).



Figura 13 - Inflorescência da alfafa: rácimo com botões florais (a) e rácimo com duas flores abertas (b).

Fonte: do autor (2019).

A flor da alfafa é completa e é formada pelo cálice, pela corola, pelos estames e pelo gineceu (Figura 14).



Figura 14 - Estrutura da flor da alfafa: vista superior (a) e vista lateral (b).

Fonte: do autor (2019).

O cálice inclui-se de cinco sépalas ligadas que formam um tubo, com cada sépala findando em um lóbulo ou dente (Figura 14 a). A corola é formada por cinco pétalas distintas: o estandarte, que é a pétala superior e a maior das cinco; as asas, que são duas pétalas menores localizadas ao lado do estandarte; e a quilha,

que está entrelaçada pelas asas e que se forma por duas pétalas ligadas, situadas mais internamente (Figura 14 b).

Os estames são em número de dez e estão decompostos em dois grupos: um grupo formado por nove estames, ligados pela base, e outro, formado pelo décimo estame, que está aberto e mais perto do estandarte. Esta arrumação, chamada de diadelfia, adverte que os estames da alfafa são diadelfos. Os filamentos dos nove estames unidos têm comprimento distintos e, ao se ligarem para formar o tubo, modificam-se os compridos com os curtos. No interior do tubo que formam o estilo, se finaliza em um estigma rodeado pelas anteras dos estames ligados. O gineceu exibe um carpelo, que cresce no ovário, havendo estilo e estigma bem definidos (MOREIRA, et al., 2008).

A flor em regra é de cor púrpura, com cores que vão desde o violeta claro ao roxo escuro (Figura 15). Todavia, podem-se localizar flores brancas, amarelas ou variegadas, variando-se misturas de cores ou de tonalidades que alteram à medida que a flores crescem (RODRÍGUEZ, et al., 2008).



Figura 15 - Algumas cores de flor de alfafa (em sentido horário: azulada, violeta-claro, púrpura-claro e púrpura-escuro).

Fonte: do autor (2019).

### 2.3.6 Fruto

O fruto de alfafa cujo tipo legume ou vagem, monocarpelar, seco e

indeiscente, comumente alongado e comprimido, com as sementes alinhadas na fileira ventral. A bainha, carecido ao seu encurvamento, cresce uma espiral que, em regra, tem uma espira com autofecundação e de três a cinco espiras com fecundação cruzada. O rumo da espira pode ser dextrógira (em sentido horário) ou levógira (em sentido anti-horário). Todo fruto está sujeito a um número incerto de sementes arredondadas: duas a três com autofecundação e nove sementes com fecundação cruzada (ALFANUTRI, 2019).



Figura 16 - Momentos na evolução do fruto de alfafa, pouco depois da fecundação da flor até a vagem madura com várias espiras.  
Fonte: do autor (2019).

## 2.4 PREPARO DO SOLO, CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS E SÓLIDOS NA CULTURA DE ALFAFA

O solo deve estar bem destorroado, para permitir uma boa germinação, as sementes de alfafa possuem tamanho de 2 mm exigindo um bom preparo do solo, sendo necessário, descompactar a área com subsolador; realizar uma aração profunda (20 a 40 cm), realizar gradagens sucessivas (duas ou três), até obter terreno bem destorroado (BERNARDI et al., 2007).

Analisando a composição química da alfafa, sendo uma forrageira rica em proteínas, sais minerais, vitaminas, teor de energia bruta, contendo cálcio, fósforo, potássio, betacaroteno e outros fundamentais elementos para a alimentação

animal, contorna-se que o solo esteja ajustado e rico em macro e micro nutrientes (HONDA e HONDA, 1997).

Terreno deve ser plano, em solo com textura média, profundo, com boa drenagem, sem compactação ou camada de impedimento, preferencialmente de alta fertilidade. Se houver necessidade, corrigir a saturação por bases para 80%, conforme análise do solo. O solo deve possuir nível alto de matéria orgânica, caso não esteja, deve ser realizado o plantio de forrageiras antes da implantação da cultura, de preferência, de um a dois anos antes, a adubação orgânica, mediante plantio de espécie vegetal de ciclo curto, como a crotalária (*Crotalaria juncea*) ou outro adubo verde, ou aplicar esterco de cama de frango ou de gado, sempre de forma apropriada, estando curtida com descanso estabelecido para atividade microbiana (EMBRAPA, 2006).

No Norte do Paraná, onde se reúne a maior área do cultivo de alfafa, o solo é argiloso, entretanto nesta região, o episódio da cultura produzir e se adaptar muito bem, se deve a boa fertilidade do solo (HONDA e HONDA, 1997). Um fator limitante de desenvolvimento e produtividade da alfafa são o pH baixo, altos índices de alumínio e manganês trocáveis, teores baixos de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, enxofre e micronutrientes, especialmente boro, zinco, ferro e manganês.

O cuidado em analisar a fertilidade do solo não se reduz apenas a camada arável do solo, ou seja, na cada de 0 a 20 cm de profundidade, uma vez que a cultura possui um sistema radicular profundo como já mencionamos.

Coletar as amostras de solo, sendo 20 subamostras por área homogênea (amostras de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e se possível até 40 a 60 cm) ou realizar a agricultura de precisão para fazer as coletas das análises de solo, o pH do solo para a implantação da cultura de alfafa tem como ideal estar em torno de 6 - 6,5, em solos ácidos, é necessário que se faça a calagem, com pelo menos 01 ano de antecedência (DUARTE, 2018).

Toda essa preocupação em realizar as amostragens, obtendo os resultados e posteriormente aplicar o calcário ou gesso agrícola nessas camadas, tem como objetivo melhorar os teores de Ca e Mg no solo, conseqüentemente iniciar o plantio da cultura de forma correta (HONDA e HONDA, 1997). O termo pH define a acidez ou alcalinidade relativa de uma solução, sendo essa escala com uma amplitude de 0 a 14. O valor de pH igual a 7,0 é neutro, valores abaixo de 7,0 são ácidos e acima de 7,0 chamados de básicos. A cultura de alfafa tem sua maior

adaptabilidade nos solos de pH neutros, sendo ideal entre pH 6,5 -7,0. Observe abaixo a relação entre pH e a disponibilidade dos elementos no solo.

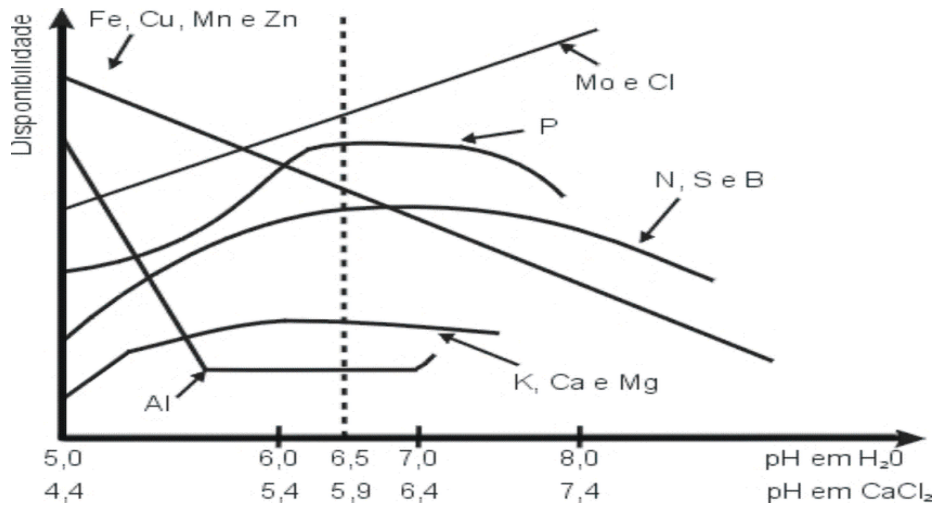


Figura 17 – Relação entre o pH e a disponibilidade dos elementos no solo.  
Fonte: Malavolta (2006).

Para permitir um bom crescimento do sistema radicular, o alfafal deve ser cultivado em solos com alta fertilidade, profundos e bem drenados, por isso a exigência do preparo e correções adequadas da cultura (EMBRAPA, 2006). Os solos podem se tornar mais ácidos, quando a alfafa é ceifada e extraem as bases nutricionais do solo (HONDA e HONDA, 1997). Observe abaixo a remoção de Ca e Mg na produção das Culturas com destaque a Alfafa.

Tabela 3 - Quantidade de Ca e Mg removidas pela cultura da alfafa (*Mendicato sativa*)

PRODUÇÃO t/ha <sup>-1</sup>	REMOÇÃO (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Ca	Mg
20 (feno)	224	45

Fonte: Adaptado de Honda e Honda (1997).

As condições de solo, especialmente quanto à química, estão entre os fundamentais fatores que interferem no cultivo de alfafa no País, em desempenho de baixa a média fertilidade da maioria dos solos no Brasil. Nesse feito, resultados de pesquisas de outros países revelam que o pH para essa cultura deve se situar entre 6,5 e 7,5. Para as cultivares mais adaptadas às condições brasileiras, como as do Sudeste, a correção da acidez dos solos está baseada na saturação por bases,

para a qual o nível de 80% é esperado, cogitando pH na faixa de 6,0 a 6,5 (EMPRAPA, 2006).

#### 2.4.1 Adubação da Alfafa

Adubo é um material incorporado ao solo, altera as propriedades físicas, químicas e biológicas desse solo, concorrendo para o aumento das produtividades e melhorando a qualidade dos produtos, seja por sua ação benéfica sobre as propriedades físicas, químicas ou biológicas do solo, seja por sua ação direta sobre as plantas alimentando-se ou aumentando a sua resistência a pragas e doenças (MALAVOLTA, 2006).

O calcário deve ser aplicado entre três a seis meses antes do plantio da cultura de alfafa em solos ácidos, sempre respeitando a cultura anterior pelo prazo e as análises de solo obtidas (HONDA e HONDA, 1997).

O nitrogênio para a alfafa, como para as demais leguminosas, pode ser suprido por meio da fixação simbiótica de bactérias aeróbicas da espécie *Rhizobium meliloti* (específica para alfafa). Existe uma escassa quantidade de estirpes de *Rhizobium meliloti* nativas nos solos, capazes de nodular a alfafa. Perante essa constatação (RASSINI; FREITAS, 1998), o evento da inoculação da bactéria nas sementes dessa leguminosa forrageira ocorrerá com o uso de estirpes eficientes, que tenham os seguintes atributos: aptidão de ajuste as condições do solo e do clima da região; aptidão de formação de nódulos e de fixação de nitrogênio em todas cultivares de alfafa adaptadas a região; e alta aptidão de sobrevivência no solo e de competição com outras estirpes

A quantidade de nitrogênio fixada simbioticamente pela alfafa varia entre 120 e 330 kg/ha por ano, o que é satisfatório para seu crescimento e para a produção de forragem. Em cultivares mais adaptadas à região Sudeste do Brasil, conferiu-se que a estirpe SEMIA-116 proporcionou excelentes nodulações, não apresentando deficiência de nitrogênio (amarelo-pálido nas folhas) e notou-se plantas com níveis de 20% a 25% de proteína bruta (MOREIRA, et al., 2017).

#### 2.4.2 Adubação de Fertilizante sólido de potássio

Para cultivo de alfafa, deve ser observado as recomendações da



Tabela 4 - Recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura da alfafa, na região Sudeste do Brasil, nas fases de implantação e de manutenção.

P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) – formação				P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) – manutenção			
0 – 6	7 – 15	15 – 40	> 40	0 – 6	7 – 15	15 – 40	> 40
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha			
150	130	100	50	100	100	80	40
K no solo (mmolc/dm <sup>3</sup> ) – formação				K no solo (mmolc/dm <sup>3</sup> ) – manutenção			
0 – 0,07	0,08 – 1,5	1,6 – 3,0	> 3,0	0 – 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0	
K <sub>2</sub> O/ha				K <sub>2</sub> O (kg/t de MS <sup>a</sup> )			
160	130	100	60	35	30	15	

<sup>a</sup> MS – matéria seca colhida. Para pastejo, MS = matéria fresca x 0,20; para feno, MS = feno x 0,85.  
Fonte: adaptado do Boletim Técnico 100 do IAC (1996).

Fonte: Rassini et al (2008).

Houve resposta linear no rendimento de matéria seca da alfafa, para doses de até 100 kg ha<sup>-1</sup> corte de K<sub>2</sub>O em cobertura (Figura 19) (RASSINI; FREITAS, 1998).

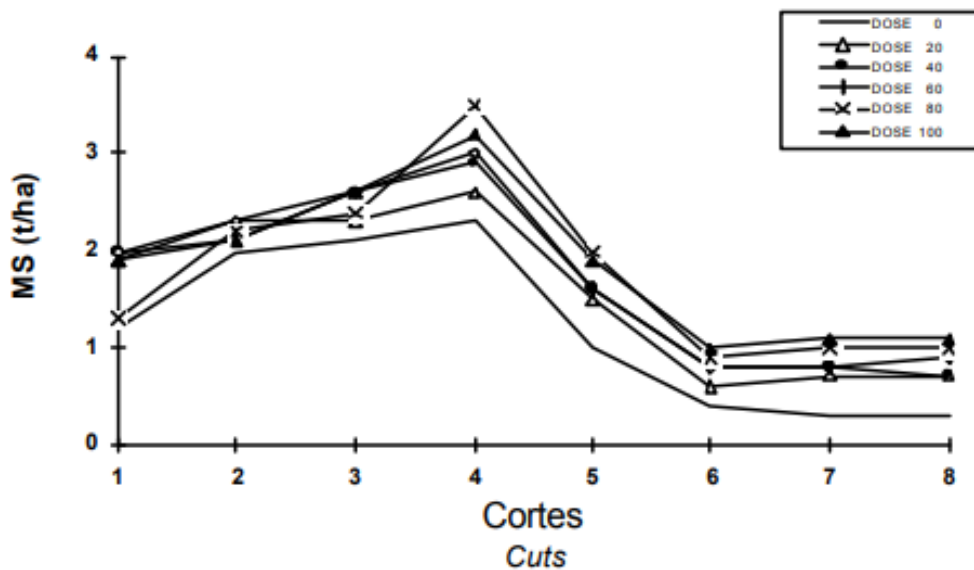


Figura 19 - Doses de K<sub>2</sub>O versus cortes de alfafa  
Fonte: Rassini et al (2008).

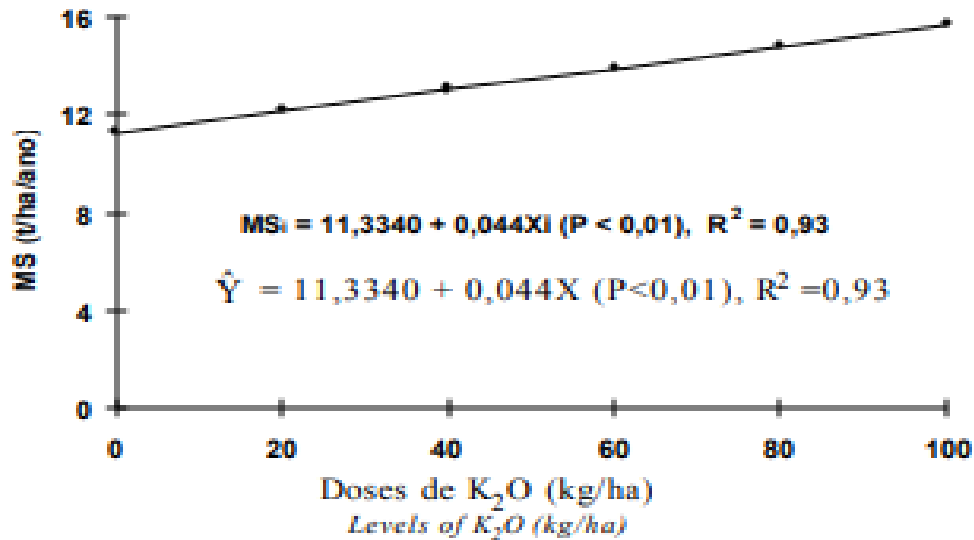


Figura 20 - Doses de K<sub>2</sub>O versus produção de matéria seca da cultura de alfafa  
Fonte: Rassini et al (1998).

Observe a extração de K<sub>2</sub>O extraído kg/ha<sup>-1</sup>, essa revisão aborda as informações efetivas de autores sobre o assunto de fertilidade versus produtividade da cultura de alfafa.

Tabela 5 - Produção, quantidade de K<sub>2</sub>O extraído e porcentagem exportada em relação à produção da Cultura de Alfafa

Cultura	Produção (t/ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O extraído (kg/ha <sup>-1</sup> )	Porcentagem (%)
Alfafa	20 (feno)	493	2,47

Fonte: Adaptado de Honda e Honda (1997).

#### 2.4.3 Adubação de Fertilizante sólido ou Adubação Orgânica (cama de frango)

As utilizações em excesso de fertilizantes minerais na agricultura brasileira contribuem para o aumento do custo de produção, desta forma alternativa para minimizar ou ainda realizar aplicações de forma em conjunto com fertilizantes orgânicos podem contribuir para uma diminuição dos custos para os produtores de alfafa de nossa região.

Os biofertilizantes, estudados por Dias e colaboradores (2003), melhoraram a produtividade das plantas de alfafa em relação a testemunha. Os fertilizantes orgânicos como a cama de frango têm contribuído nesse aspecto, para o aumento da produtividade e controle de pragas e doenças das plantas vem

crescendo em todo o país.

A bibliografia contempla determinados resultados positivos da aplicação de biofertilizantes no aumento da produtividade do feijão (OLIVEIRA *et al.*, 1986), milho e (SILVA *et al.*, 1995), alface (BRUNE; RIBEIRO, 1985), bem como, no controle de pragas e doenças (SANTOS 1992; TRATCH; BETTIOL, 1997), na decomposição de matéria orgânica com elevada relação C/N (NAKAGAWA *et al.*, 1991), na melhoria das características físico-químicas do solo (SILVA *et al.*, 1995) e no baixo custo de seu uso (SILVA *et al.*, 1995; MELLO *et al.*, 1998).

Avaliaram-se o efeito da aplicação de cama de aviário na cultura de alfafa (NUERNBERG, 1990), a atividade agrícola provoca uma variável quantidade de resíduos, os quais na sua grande maioria de origem orgânica, todos passíveis de reutilização na fertilização agrícola, desde que perfeitamente manejados.

Portanto, a adubação orgânica permite a reciclagem de resíduos de atividades agrícolas (restos vegetais, esterco, alimentos em decomposição, entre outros), após transformá-los em fertilizantes, na produção de plantas. Esta atividade tem dois pontos adequados básicos: a transformação de resíduos com pouca ou nenhuma destinação em fertilizantes orgânicos e a utilização destes fertilizantes orgânicos na produção agrícola, reduzindo os custos de produção (ECKHARDT, 2015).

No Brasil, com o aparecimento de alta oferta de resíduos orgânicos provenientes de atividades diversas, há uma necessidade de se estudar seus efeitos e consequências benéficas sobre o sistema solo-planta (MELLO & VITTI, 2002). Os distintos fertilizantes devem ser conexos, aferindo-se o potencial dos fertilizantes orgânicos e a obrigação de complementação com outras fontes orgânicas ou inorgânicas, (FERREIRA, *et al.*, 2015), a cama de frango tem sido muito empregada nas lavouras pelo fato de ter grandes quantidades de nutrientes que podem auxiliar no crescimento da cultura da alfafa por exemplo, (DIJKINGA *et al.*, 2019).

A adubação com composto a base de cama de frango é uma boa fonte de nutrientes para o solo e para as plantas, fornecendo vários nutrientes, como nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre, entre outros, porém as adubações somente com o composto orgânico não foram suficientes de forma isolada, necessitando a combinação com fertilizantes químicos para suprir toda a necessidade da cultura de alfafa (DIJKINGA *et al.*, 2019).

Realizado por Conceição *et al.*, (2013), a adubação com cama de

frango apresentou uma maior produção, possivelmente pela sua mais rápida disponibilização dos nutrientes, contudo, não foi o satisfatório para se diferenciar das produções obtidas com as demais adubações, mas sendo superior a testemunha não adubada.

A utilização de distintas fontes de adubação orgânica para o cultivo de alfafa mostrou-se como uma boa alternativa de adubação para a cultura de alfafa, pois apresentou um bom rendimento de matéria seca, independente da fonte utilizada, demonstrando os benefícios da adubação orgânica mesmo em outras culturas como composto orgânico propicia efeito residual sobre produção de alface, cultivada de 80 a 110 dias após a aplicação do composto, o aumento de adubo orgânico aumenta os teores de bases e de P, e a CTC do solo, quando comparamos com o adubo mineral não propicia efeito residual sobre a produção de alface, (CONDE, et al. 2001).

Trabalho realizado por Venturin et al. (2011), demonstraram resultados alcançados, constituiu de forma positiva rematar que a cama de aviário e o esterco líquido de suínos podem ser usados para suprir o adubo químico na cultura da alfafa. O adubo orgânico apresentou as maiores PMS (Peso de Matéria Seca), principalmente com a CA (Cama de aviário) que apresentou 1623,70 kg ha<sup>-1</sup> na dose de 2,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em cobertura (T8), onde, se comparado com a testemunha a PMS de 1623,70 kg ha<sup>-1</sup>, foi superior em 150%, porém os resultados dos níveis de adubação orgânica, química e a testemunha, estatisticamente não tiveram diferença significativa.

Observe as considerações abaixo:

Tabela 6 - Adubação química e orgânica na Cultura de Alfafa

Nível de Adubação	PMV kg ha <sup>-1</sup>	PMS kg ha <sup>-1</sup>	PB kg ha <sup>-1</sup>
T 01	3.866 a	1079 a	200 a
T 02	4.269 a	1134 a	224 a
T 03	4.233 a	1191 a	213 a
T 04	4.753 a	1230 a	234 a
T 05	4.613 a	1241 a	237 a
T 06	4.973 a	1387 a	269 a
T 07	6.086 a	1602 a	278 a
T 08	5.993 a	1623 a	289 a
T 09	4.493 a	1201 a	223 a

T 10	4.640 a	1219 a	229 a
CV (%)	17,083	18,321	17,641

T 01= testemunha; T 02 = adubação química (110 kg ha<sup>-1</sup> de super fosfato simples e 300 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio; T 03 = 12,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> DLS ano em cobertura; T 04 = 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> DLS ano em cobertura; T 05 = 37,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> DLS ano em cobertura; T 06 = 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> DLS ano em cobertura; T 07 = 1,25 t ha<sup>-1</sup> CA ano em cobertura; T 08 = 2,5 t ha<sup>-1</sup> CA ano em cobertura; T 09 = 3,75 t ha<sup>-1</sup> CA ano em cobertura; T 10 = 5 t ha<sup>-1</sup> CA em cobertura.

Fonte: Venturin et al. (2011).

#### 2.4.4 A importância dos Fertilizantes líquidos a base de Ácidos Húmicos e Fúlvicos no solo e sua origem

A matéria orgânica do solo exerce um papel essencial na manutenção das funções do solo, dado o seu controle na estrutura e estabilidade do solo, retenção de água, biodiversidade e como fonte de nutrientes para as plantas. A ela também se deve ao fato de o solo ser um enorme consumidor de carbono.

Para Andrade (2011), um solo pobre em matéria orgânica pode adquirir situações inadequadas de qualidade tais como;

- Compactação;
- Concentração de Nutrientes na superfície;
- Baixa retenção de água;
- Sistema radicular superficial (efeito stress maior em veranicos);
- Menor atividade de microrganismos.

Todavia, um solo rico em matéria orgânica tem características adequadas de qualidade tais como;

- Descompactado;
- Nutrientes em profundidade;
- Alta taxa de retenção de água (reduz a influência de calor e seca);
- Sistema radicular profundo;
- Alta população de microrganismos.

Isso se deve à vida no solo – biodiversidade e abundância, sendo compostas por bactérias, fungos, arqueia, vírus, nematoides, insetos e minhocas (GERVAZIO, 2019). Uma das melhores formas de estruturar o solo e aumentar os teores de matéria orgânica e introduzir o sistema de plantio direto da propriedade,

pois traz benefícios como:

- a) Controle da erosão;
- b) Melhoria da estrutura do solo;
- c) Aumento dos teores de matéria orgânica do solo;
- d) Redução das perdas de água do solo;
- e) Redução da variação de temperatura do solo;
- f) Aumento da atividade biológica do solo;
- g) Menor número de operação com maquinários

Na cultura de alfafa, temos essa dificuldade de implementar o sistema de plantio direto (SPD), uma vez que a cultura exige o preparo do solo, devido a sua semente ter pouca reserva para romper o solo e também a palhada. Porém deve-se realizar um manejo adequado antes da implantação da cultura e para manter essas condições de solo e umidade, é essencial que se tenha uma alta atividade de microrganismos trabalhando no solo, para tanto esse processo necessita de um componente importantíssimo, os ácidos húmicos e fúlvicos no processo. Os ácidos húmicos e fúlvicos tem origem na matéria orgânica.

#### ÁCIDO FÚLVICO É O PRINCÍPIO ATIVO DA MATÉRIA ORGÂNICA



Figura 21 - Ciclo e Origem dos Ácidos Húmicos e Fúlvicos  
Fonte: do autor, 2020.

Os ácidos húmicos e fúlvicos têm como principais benefícios melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, aumenta microrganismo de solo, melhora mineralização da palhada e matéria orgânica e

disponibiliza nutrientes imobilizados no solo, estimula o enraizamento, atua na estruturação do perfil de solo (WAMBER et. al, 2014). Definições usadas na química dos húmus apresentam as referências de material húmico/ húmus substâncias de cor escura, alto peso molecular, estrutura complexa e indefinida, resultado da decomposição de vegetais e animais.

Essas substâncias húmicas presentes no solo, com baixo peso molecular, composição e estrutura definida, como aminoácidos, carboidratos, ceras, lipídeos, resinas, ácidos graxos, etc. Outra parte concentra a Humina, que é o material orgânico presente no solo, de cor escura, insolúvel em bases e ácidos. Bioestimulante condicionador de solo material colorido remanescente, após separação dos AH por precipitação em meio ácido húmico em material orgânico de cor escura. Sendo extraído do solo por vários reagentes e é insolúvel em meio ácido (pH < 2) segundo Rocha, Rosa e Cardoso (2009).

Os condicionadores de solo são conteúdos orgânicos com cadeias carbônicas iguais ou semelhantes aos atuais na natureza. Estes compostos são oriundos da extração de turfas ou de minas e também podem ser sintetizados industrialmente. Aqueles extraídos da natureza apresentam composição modificada, porém, de forma geral, são fontes de ácidos húmicos e fúlvicos. Os ácidos húmicos e fúlvicos fazem parte da composição orgânica do solo (húmus) e os condicionadores do solo tendem a simular esta composição. Os húmus são formados a partir da decomposição da biomassa do solo em compostos orgânicos (Castro et.al 2019).

As substâncias húmicas têm alta capacidade de troca de cátions e estão presentes em solos, águas e sedimentos com matéria orgânica estável, sendo originadas da deposição e/ou da degradação de resíduos orgânicos vegetais e animais, do metabolismo biológico destes compostos, da ciclagem do C, H, N e O da matéria orgânica do solo, pela biomassa microbiana (Campos et.al 2019). As substâncias húmicas são constituídas de ácido húmico, Bioestimulante condicionador de solo, huminas e ácidos himatomelânicos. Os ácidos fúlvicos são solúveis em água, soluções ácidas e alcalinas.

#### 2.4.5 Adubação e Fertilizantes Sólidos Calcário e Hidróxido de Cálcio e Magnésio

Os materiais acatados como corretivos da acidez dos solos são

aqueles que contêm como "constituintes neutralizantes" ou "princípios ativos": carbonatos, óxidos, hidróxidos ou silicatos de cálcio e ou de magnésio, isto é, compostos de cálcio e ou de magnésio de caráter alcalino e disponíveis economicamente em diversos materiais (ALCARDE, 1983).

Corretivos da acidez dos solos são produtos apropriados para neutralizar (diminuir ou eliminar) a acidez dos solos e ainda carrear nutrientes vegetais ao solo, especialmente cálcio e magnésio (ALCARDE, 1986). A acidez de um solo acontece por um processo natural, mas também devida à presença de  $H^+$  livres, gerados por componentes ácidos presentes no solo (ácidos orgânicos, fertilizantes nitrogenados, etc.). A neutralização da acidez consiste em neutralizar os  $H^+$ , o que é feito pelo ânion  $OH^-$ . Assim, os corretivos de acidez devem ter componentes básicos para gerar  $OH^-$  e promover a neutralização

Apesar de o pH do solo ser um excelente indicador de acidez do solo, porém não é determinante para a necessidade de calcário. A precisão em determinar o uso do calcário está relacionada a sua capacidade tamponar ou ainda sua capacidade de troca catiônica (CTC), a quantidades totais de argila e de matéria orgânica em um solo são determinantes para tomada de decisão. Essa capacidade tampão é aumentada em solos argilosos e são menores em solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica (HONDA e HONDA, 1997). Involuntariamente o método usado na determinação da quantidade de calcário, o uso do corretivo deve ser baseado em análises de solo e teores de Ca e Mg.

As formas de correção (Carbonato de Cálcio e de Hidróxido de Cálcio) devem ser utilizadas e aplicadas de preferência de forma antecipada na cultura de alfafa. Existe uma diferença química entre o Carbonato de Cálcio e Hidróxido de Cálcio, sendo que o primeiro é um composto inorgânico de fórmula química  $CaCO_3$ , um sal praticamente insolúvel em água. A reação é responsável pela formação de cavernas de calcário, nas quais são encontradas estruturas de carbonato de cálcio superiores, conhecidas como estalactites, e inferiores, que recebem o nome de estalagmites (ALCARDE, 1983).

No seu estado puro, o carbonato de cálcio é um composto sólido, tem forma de pó fino cristalino, de cor branca, inodoro, de propriedades alcalinas, decomposto a uma temperatura de  $470^\circ C$ , de densidade de  $2,65 \text{ g/cm}^3$ , estável, não inflamável, não corrosivo, não bioacumulativo e atóxico.

Comete-se, que a capacidade de neutralização de um corretivo é

obtida através de uma determinação analítica denominada Poder ou Valor de Neutralização (PN ou VN): fundamenta-se em fazer uma amostra de corretivo exercer toda a sua capacidade de neutralização sobre uma quantidade conhecida e em excesso de ácido clorídrico; em seguida determina-se o excesso de ácido e, por diferença, tem-se a quantidade de ácido neutralizada, que é quimicamente equivalente à quantidade de constituintes neutralizantes presente na amostra de corretivo. Para qualquer natureza de corretivo, convencionou-se considerar o constituinte neutralizante como sendo o  $\text{CaCO}_3$  e o resultado é também expresso em "equivalente em carbonato de cálcio -  $\text{ECaCO}_3$ " (ALCARDE, et al;1996).

Por outro lado, o hidróxido de cálcio, cuja fórmula molecular é o  $\text{Ca(OH)}_2$ , compete à classe das bases e é também chamado como cal hidratada, cal apagada, adquire a fórmula através da reação de calcinação (aquecimento a altas temperaturas, cerca de  $900^\circ\text{C}$  para carbonatos de alto teor de pureza) do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que forma (CaO) que ao reagir com água leva a formação de  $\text{Ca(OH)}_2$  (FERREIRA, 2020). O hidróxido de cálcio tem uma ação neutralizante da cal hidratada é muito similar à da cal virgem: a cal virgem “se hidrata” no solo utilizando água nele contida, enquanto a cal hidratada é hidratada industrialmente. O corretivo mais eficiente é aquele que proporciona maior lucro. Para isso é necessário levar em conta aspectos técnicos e econômicos.

Aos feitos técnicos e econômicos, devem apreciar que há situações que precisam de corretivos com maior reatividade, como no caso de atraso na calagem, calagem em terrenos arrendados temporariamente, hortas, solos muito ácidos; há situações que necessitam de efeito residual como no caso de calagem para implantação de culturas perenes como a da alfafa.

Tais circunstâncias carecem de corretivos com reatividade e efeito residual em níveis intermediários. Precisa-se ponderar também a natureza química do produto e a granulometria, porque estabelecem diversos cuidados na aplicação: cal virgem, cal hidratada e calcário calcinado devem ser incorporados logo após a aplicação para não se empedrarem, assim como exigem maior proteção das pessoas que os aplicam quanto ao contato com a pele e os olhos; e produtos de granulometria fina exigem equipamentos adequados para aplicação, assim como podem apresentar acentuadas perdas devido ao vento (ALCARDE,2005).

Hidróxido de cálcio agrícola ou cal extinta: é obtida industrialmente pela hidratação da cal virgem, fornecendo Ca e Mg no solo após realizado a

aplicação no solo (PRIMAVESI et al., 2004).

#### 2.4.6 Adubação de Fertilizante Líquido Oxicloreto de cobre

Os micronutrientes são tão importantes para a nutrição das plantas quanto aos macronutrientes primários e secundários, mesmo que a cultura de alfafa necessite de poucas quantidades. Os nutrientes considerados essenciais para as plantas são sete micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl), ferro (Fe), Manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), a deficiência de um deles no solo pode restringir o desenvolvimento das plantas (HONDA e HONDA, 1997).

Os óxidos de cobre são os materiais mais comuns e mais diversos em relação às suas propriedades estruturais, físicas e químicas. Quando conferidos com outros materiais, os óxidos de cobre têm uma estrutura cristalina e eletrônica mais complexa, ocasionada por uma grande variedade de estados de oxidação, número de coordenação, etc. Os materiais dessa classe podem apresentar-se características isolantes, semicondutores, condutores ou magnéticas (RANGEL, 2014).

O aumento da produtividade da alfafa extrai maior quantidade de micronutrientes proporcionalmente, desta forma supri-los é de fundamental importância. Um dos elementos químicos que faz parte desse universo de micronutrientes está o cobre (Cu), que em sua maioria se encontra na forma de fertilizante sólida para comercialização, todavia, existem produtos fitossanitários a base de fungicidas que tem em sua formulação o cobre (Cu) como componente.

O uso de fertilizantes líquidos a base de cobre (Cu), deve ser utilizado se houver constatação através da análise de solo, análise foliar, ou em ensaios de demonstração de resultados no local, esse sistema é detectado na ferramenta de manejo ou vistoria de um profissional da agricultura.

O cobre é um micronutriente fundamental na agricultura. Ele atua em vários processos fisiológicos das plantas, como a fotossíntese, a respiração, no metabolismo de proteínas e entra em processos de ativação de resistências das plantas (fito-alexinas). Com deficiência de cobre as folhas novas apresentam uma ondulação, deixando as nervuras salientes na página inferior. Com deficiência mais grave as folhas mais velhas ficam cloróticas e aparece uma área amarelada a partir do pecíolo, se alongando ao longo e ao lado da nervura principal, abordando a se

tornar esbranquiçada (MALAVOLTA, et al., 1989).

As folhas deficientes são muito sensíveis à escaldadura pelo sol. As folhas ficam anormalmente voltadas para baixo (MATIELLO, et al., 2006). Todavia, os óxidos de cobre mais comuns, alguns estudos ponderam o CuO mais efetivo do que o oxicloreto de cobre (I) (Cu<sub>2</sub>O), indicando como vantagens a sua melhor estabilidade em temperatura ambiente e seu melhor rendimento nos processos de adsorção em bactérias, pois seu sistema cristalino monoclinico é apontado como superior ao sistema cúbico do Cu<sub>2</sub>O (RANGEL, 2014).

O pH do solo afeta, a disponibilidade dos micronutrientes, essa disponibilidade diminui à medida que o pH aumenta com exceção do molibdênio. A Tabela 7 indica a faixa de pH do solo ideal de disponibilidade do micronutriente cobre (Cu).

Tabela 7 - faixa de pH do solo ideal de disponibilidade do micronutriente cobre (Cu)

Micronutriente	Faixa de pH para disponibilidade máxima
Cobre (Cu)	5,0 a 7,0

Fonte: Adaptado Honda e Honda (1997).

O cobre é imprescindível para formação de clorofila nas plantas, catalisa vários processos metabolismo vegetal e é agente de promoção de diversas reações, embora não faça parte do produto formado. Os solos orgânicos têm tendências a apresentar deficiências de cobre, são apresentados na análise de solo, porém estão indisponíveis para planta, ficando de forma retida.

Solos arenosos têm baixos teores de matéria orgânica, também podem apresentar-se deficientes em cobre (Cu), devido à perda por lixiviação. Solos argilosos, tendem a apresentar menores deficiências de cobre (Cu), devido a sua origem e formação.

Outros elementos que também podem afetar a disponibilidade do cobre (Cu) são os metais (ferro, manganês, alumínio, etc.), pois em excesso ou falta acabam desequilibrando a absorção dos demais metais como cobre. Existem diversas fontes de Cobre comercializadas no mercado Brasileiro, abaixo a citação de algumas fontes de cobre (Cu).

Tabela 8 - Algumas fontes de cobre (Cu)

Fonte	Garantia mínima	Forma de Nutriente	Observação
Sulfato de cobre	13% de Cu	Sulfato	Solúvel em água e 16 a 18% de enxofre (S)
Fosfato cúprico amoniacal	32% de Cu	Fosfato de amônio e cobre (CuNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O)	34 a 36% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + Solúvel em água
Cloreto cúprico	16% de Cu	Cloreto (CuCl <sub>2</sub> )	Solúvel em água e 50 a 52% de cloro
Óxido cúprico	75% de Cu	Óxido (CuO)	-
Óxido cuproso	89% de Cu	Óxido (Cu <sub>2</sub> O)	-
Quelato	5% de Cu	Ligado a EDTA e HEDTA	Solúvel em água

Fonte: Adaptado Honda e Honda (1999).

O micronutriente cobre (Cu) é essencial para o crescimento das plantas, no Brasil os teores de cobre e de outros micronutrientes são analisados pelos extratores; DTPA-TEA, pH 7,0 e Mehlich 1. No Estado do Paraná, o extrator utilizado é Mehlich 1. A Tabela abaixo demonstra os limites dos teores de interpretação do micronutriente cobre (Cu) no solo com o Extrator Mehlich 1.

Tabela 9 - Limites dos teores de interpretação do micronutriente cobre (Cu) no solo com o Extrator Mehlich 1

Micronutriente Cobre (Cu) mg/dm <sup>3</sup>				Classificação
Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto
<_0,3	<_0,4 -0,7	0,8 – 1,2	1,3 – 1,8	> 1,8

Fonte: Adaptado Alvarez Venegas et al. (1999).

No processo de formação das plantas, as proteínas contêm o elemento cobre que desempenha um papel importante tal como atuar na fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxido e lignificação. Quando há deficiência de cobre, as atividades dessas enzimas ficam drasticamente reduzidas. A diminuição do transporte fotossintético de elétrons, como consequência principalmente dos menores teores da plastocianina, uma proteína contendo cobre, atenua a taxa de fixação de CO<sub>2</sub>, de tal modo que o teor de amido e de carboidratos solúveis (principalmente sacarose) é diminuído. Este é o principal fator que causa a redução da produção de matéria seca em plantas que sofrem deficiência de cobre

durante o desenvolvimento vegetativo.

A falta de fornecimento de carboidratos para os nódulos das leguminosas, causando crescimento restrito e deficiência de N na planta hospedeira, também parece ser um efeito indireto da deficiência de cobre, pois não há evidência de que o cobre seja requerido especificamente no processo de fixação de N<sub>2</sub>, porém se torna um micronutriente fundamental da cultura de alfafa (INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, 2018).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área Experimental da Fazenda São Carlos, no município de Bandeirantes - Paraná, localizado entre as coordenadas 50° 29' 44" a 50° 09' 43" W e 23° 17' 5" a 23° 00' 59" S.

A implantação do projeto iniciou-se em julho de 2018, com a escolha da área e posterior coleta da análise de solo. Baseado na análise de solo, foi realizado a adubação mineral orgânica e correção de acordo com MOREIRA et al., (2007). Iniciou-se o preparo do solo, sendo primeiro ocorrido foi o revolvimento do solo com arado de discos, e para descompactação das camadas mais profundas do solo foi utilizado subsolador. Com o solo revolvido foi realizada gradagem no local para o nivelamento do terreno.

As obtenções, tanto da cama de frango quanto dos fertilizantes líquidos e sólidos, foram realizadas pela doação de produtores da região. A cama de frango é proveniente de seis lotes de frango de corte abatidos com idade de aproximadamente 45 dias, respeitando o período de maturação da cama de frango. A cama de frango foi analisada quanto a qualidade química e microbiológica e granulada. Os fertilizantes líquidos e sólidos foram adquiridos de embalagens comerciais lacradas.

Abaixo a formulação e a concentração dos fertilizantes líquidos e sólidos utilizados no experimento e ainda o resultado da análise da cama de frango.

Tabela 10 - Formulação e Concentração dos Fertilizantes Líquidos e Sólidos Utilizados

Fertilizantes Líquidos e Sólidos	Concentração	Empresas/Origem
Calcário Calcítico (%)	CaO 30 + MgO 3/5	Diversas
Bioestimulante condicionador de solo g L <sup>-1</sup>	Carbono Total 115,00 Nitrogênio 126,00 Potássio 11,5	Aminoagro (Moltop)
Hidróxido de Cálcio e Magnésio (%)	Ca (OH) <sup>2</sup> 30 Mg (OH) <sup>2</sup> 2,5	Nutribios (NPH)
Oxicloreto de Cobre (%)	Cu 20	Diversas
Cama de Frango g kg <sup>-1</sup>	pH 6,00 – N 12,1 - P 5,7 – K 2,08 - Ca 7,9 - Mg 3,1 - S 5,5 - Relação C/N 11/1	Aviário
Cloreto de Potássio (KCl) (%)	60 KCl	Diversas

O solo da área é classificado como latossolo vermelho eutroférico e, apresentava as seguintes características químicas e físicas: pH em H<sub>2</sub>O, 5,8; pH em CaCl<sub>2</sub>, 5,7; MO, 24 g/kg; P, 22 mg dm<sup>-3</sup>; K, 0,22 cmolc/dm<sup>3</sup> Ca, 6,2 cmolc/dm<sup>-3</sup>; Mg, 2 cmolc/dm<sup>-3</sup>; Al, 0 cmolc/dm<sup>-3</sup> e V, 72 % e textura (0-20 cm) g kg<sup>-1</sup> Areia 84, Silte 236, Argila 680 (MOREIRA et al., 2017). De acordo com o resultado da análise de solo pelo método descrito pela EMBRAPA circular número 046 (RASSINI; FERREIRA; MOREIRA, 2006) foi realizada as correções de solo antes da implantação do experimento.

A semeadura da cv. Crioula de alfafa (*Medicago sativa* L.) conforme Rassini e Freitas (1998) foi realizada em 20/08/2018, de forma mecanizada, em sulcos espaçados de 0,20 m, utilizando-se 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes inoculadas, com uma mistura de estirpes de *Rhizobium meliloti* (BR 7407, BR 7408 e BR 7409), recomendadas pela Embrapa Sudeste. Segue abaixo os tratamentos e seus respectivos produtos utilizados no experimento.

#### Composição dos tratamentos nutrientes.

Tabela 11 – Tratamentos e produtos utilizados no experimento

Tratamentos	Produto
01 A/B/C	Calcário Calcítico/Bioestimulante condicionador de solo/Cama de Frango
02 A/B/C	Calcário Calcítico/Cama de Frango/Cloreto Potássio
03 A/B/C	Bioestimulante condicionador de solo/Cama de Frango/Hidróxido de Cálcio e Magnésio
04 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Cama de Frango/Cloreto Potássio
05 A/B/C	Testemunha
06 A/B/C	Calcário Calcítico/Bioestimulante condicionador de solo/Oxicloreto de Cobre/Cama de Frango
07 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Cama de Frango
08 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Oxicloreto de cobre/Cloreto Potássio/Cama de Frango
09 A/B/C	Cama de Frango
10 A/B/C	Calcário Calcítico/Bioestimulante condicionador de solo/Oxicloreto de cobre/Cloreto Potássio/Cama de Frango
11 A/B/C	Oxicloreto de cobre/Cama de Frango/Cloreto Potássio
12 A/B/C	Cloreto Potássio/Cloreto Potássio
13 A/B/C	Bioestimulante condicionador de solo
14 A/B/C	Bioestimulante condicionador de solo/Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Cama de Frango/Cloreto Potássio
15 A/B/C	Calcário Calcítico/Cama de Frango
16 A/B/C	Calcário Calcítico
17 A/B/C	Oxicloreto de cobre
18 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio
19 A/B/C	Calcário Calcítico/Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Bioestimulante condicionador de solo/Cloreto Potássio/Cama de Frango

20 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Bioestimulante condicionador de solo/Oxicloreto de cobre
21 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/ Bioestimulante condicionador de solo

Fonte: do autor 2019.

Antes de cada corte, foram medidas as alturas de 20 plantas por parcela, dentro de um ( $m^2$ ), sendo da base da planta até a primeira folha abaixo da floração, utilizando uma régua métrica. Foi avaliado o índice de área foliar (IAF)  $m^2 m^{-2} = (AF.NP) / AT$  em que: AF - área foliar e NP - número de plantas por metro quadrado (plantas  $m^2$ ); AT - área total considerada 1 ( $m^2$ ) de forma trivial (FERRAGINE, et al., 2004). O diâmetro de caule foi medido com um paquímetro na altura do segundo nó na planta.



Figura 22 – a) e b) Altura de planta medida com uma régua métrica



Figura 23 – c) 20 plantas para medir (IAF); d) 130 plantas metros linear.



Figura 24 – e) Diâmetro de caule no segundo nó da planta

Os resultados são referentes a 14 meses e quando a planta apresentava uma idade entre 39 a 51 dias em relação ao corte anterior; puderam ser realizados 7 cortes no período.

Os rendimentos médios de matéria seca, foram realizados em amostragens feitas no campo, em 7 (sete) cortes, na altura de 0,05 a 0,08 m do solo. Primeiro corte do alfafal: de 80 a 90 dias após emergência, em florescimento pleno, isto é, acima de 80% de florescimento. Os demais cortes, quando a cultura estivesse com 10% de florescimento, que na prática se constata quando visualmente se observam as primeiras flores no alfafal (RASSINI; FERREIRA; MOREIRA, 2006).

As amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada à 65°C, até o peso constante, a fim de se determinar o peso seco da amostra. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com 3 repetições, sendo as parcelas de 9 m<sup>2</sup> (3 x 3 m) e espaçamento de 20 centímetros entre linhas, constituindo 21 tratamentos. Para a coleta do material foi respeitado 0,5 m de bordadura, sendo coletado, 1 m<sup>2</sup> em cada parcela. As aplicações, dos fertilizantes líquidos com a solução, foram distribuídas no solo, por meio de um pulverizador costal manual da marca Jacto, sendo diluído o fertilizante na calda do pulverizador

na dosagem recomendada pelo fabricante na tabela 12, utilizando ponta de pulverização cerâmica Magnojet (AD110<sup>0</sup>02) cor amarela. A aplicação dos fertilizantes sólidos, tais como; cloreto de potássio, hidróxido de cálcio e magnésio e cama de frango peletizada, com o equipamento mecânico de uma caixa de adubo de arrasto manual. O calcário calcítico, por ser único fertilizante em pó, foi aplicado a lanço conforme dosagem da tabela 12.

Foram coletadas, antes da aplicação dos tratamentos, em 14 de dezembro de 2018, e ao final do experimento em outubro de 2019, três subamostras de solo, com uma amostra composta final de 0 a 20 centímetros de profundidade de cada parcela experimental, totalizando 63 amostras. As amostras de solo para estudar possíveis diferenças dos nutrientes, utilizando os equipamentos de análise de solo como furadeira com lança de 0 a 20 cm de profundidade com copo coletor, com recipiente de saco plástico para envio ao laboratório de análise de solo.

Na análise de dados, para as variáveis de altura de plantas, diâmetro de caule e índice de área foliar. Nestas variáveis ocorreram diversas observações numericamente iguais, o que causa o erro matemático onde divisões por zero incorrem em impossibilidade matemática. Por isso, nestas variáveis os dados são discutidos baseados em barras de erro padrão analisando as correlações entre os fatores.

Para análise dos dados de matéria seca foram verificados os pressupostos da análise de variância utilizando os métodos gráficos. Para a normalidade de resíduos utilizou-se um qq-plot dos erros versus valores esperados. Para a homogeneidade de erros foi observado os valores dos resíduos padronizados versus valores ajustados. Uma vez confirmados os pressupostos, foi realizada análise de variância com posterior aplicação do teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Na análise dos cortes individualmente, foi apropriadamente alocada a estrutura de erro da parcela subdivida no tempo na ANOVA fatorial.

Para aplicação da análise de variância, são necessários alguns pressupostos, sendo elas:

- ✓ As observações são independentes, ou seja, cada elemento amostral (unidade) deve ser independente;
- ✓ Os grupos comparados apresentam a mesma variância;
- ✓ Os erros são independentes e provenientes de uma distribuição normal com média igual a zero e variância constante.

Todas as análises foram realizadas em ambiente R (R Core Team, 2019) utilizando os pacotes Scott-Knott (JELIHOVSCHI et al 2014) e para a parte gráfica o pacote ggplot2 (WICKHAM, 2016).

Conforme tratamentos e produtos na tabela 10 acima, foi retirado uma análise de solo de cada parcela antes da aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos com os seguintes resultados:

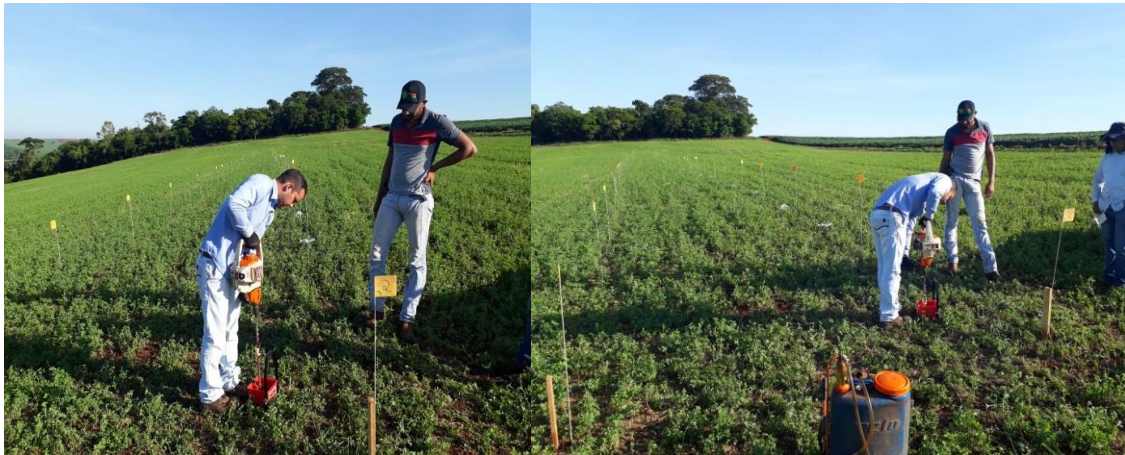


Figura 25 - Análise de Solo  
Fonte: do autor, 2020.

As aplicações ocorreram em duas etapas; Etapa 1 (um) no dia 15 de dezembro de 2018, e a Etapa 2 (dois) no dia 15 de abril de 2019, com a dose dividida na metade em cada aplicação na referida tabela 12. As condições climáticas, temperatura média (° C) e precipitação pluviométrica (mm), sob as quais o experimento foi conduzido encontram-se abaixo medidas através da estação meteorológica PLUGFIELD, medições realizadas entre os cortes.

Tabela 12 – Condições climáticas

<b>Intervalo entre cortes</b>	<b>Em dias</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
Início (12/12/18)	0	34,5	126
1º corte (20/01/19)	39	29,3	176
2º corte (02/03/19)	41	27,7	123
3º corte (12/04/19)	41	27,5	189
4º corte (19/05/19)	42	25,3	112
5º corte (25/06/19)	35	27	89
6º corte (15/08/19)	51	20	10
7º corte (30/09/19)	45	35,5	0

Fonte: da pesquisa (2019)

Nesta tabela, observa-se a quantidade de chuva no período entre os cortes, bem como, as temperaturas médias.

O trabalho avaliou o efeito de diferentes fertilizantes líquidos e sólidos todos em cobertura  $\text{ha}^{-1}$  ano, na produção de matéria seca (PMS), da cultura de alfafa (*Medicago sativa*), contribuindo para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva da agricultura, seguindo os tratamentos e dosagens inseridas na tabela abaixo.

Tabela 13 - Tratamentos e Produtos e Doses Utilizados no Experimento

Tratamentos	Produto	Dose $\text{kg/L/ha}^{-1}$
01 A/B/C	Calcário Calcítico/Bioestimulante condicionador de solo/Cama de Frango	2000/5/4000
02 A/B/C	Calcário Calcítico/Cama de Frango/Cloreto Potássio	2000/4000/100
03 A/B/C	Bioestimulante condicionador de solo/Cama de Frango/Hidróxido de Cálcio e Magnésio	5/4000/200
04 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Cama de Frango/Cloreto Potássio	200/4000/100
05 A/B/C	Testemunha	0
06 A/B/C	Calcário Calcítico/Bioestimulante condicionador de solo/Oxicloreto de Cobre/Cama de Frango	2000/5/0,5/4000
07 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Cama de Frango	200/4000
08 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Oxicloreto de cobre/Cloreto Potássio/Cama de Frango	200/0,5/100/4000
09 A/B/C	Cama de Frango	4000
10 A/B/C	Calcário Calcítico/Bioestimulante condicionador de solo/Oxicloreto de cobre/Cloreto Potássio/Cama de Frango	2000/5/0,5/100/4000
11 A/B/C	Oxicloreto de cobre/Cama de Frango/Cloreto Potássio	0,5/4000/100
12 A/B/C	Cloreto Potássio/Cloreto Potássio	100/100
13 A/B/C	Bioestimulante condicionador de solo	5
14 A/B/C	Bioestimulante condicionador de solo/Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Cama de Frango/Cloreto Potássio	5/200/4000/100
15 A/B/C	Calcário Calcítico/Cama de Frango	2000/4000
16 A/B/C	Calcário Calcítico	2000
17 A/B/C	Oxicloreto de cobre	0,5
18 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio	200
19 A/B/C	Calcário Calcítico/Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Bioestimulante condicionador de solo/Cloreto	2000/200/5/100/4000

Potássio/Cama de Frango		
20 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Bioestimulante condicionador de solo/Oxicloreto de cobre	200/5/0,5
21 A/B/C	Hidróxido de Cálcio e Magnésio/ Bioestimulante condicionador de solo	200/5

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 26, estão representados os resultados da produção total de massa seca dos 21 tratamentos verificados em todo o período de condução do experimento de julho de 2018 a outubro de 2019 com 7 (sete) cortes. Verifica-se que o tratamento T19 aonde foi utilizado os fertilizantes líquidos e sólidos de forma conjunta sendo com as seguintes bases, calcário calcítico, hidróxido de cálcio e magnésio, bioestimulante condicionador de solo, cloreto potássio e cama de frango houve a maior produtividade de matéria seca de  $8175 \text{ kg ha}^{-1}$ , superior aos demais tratamentos. No tratamento T5 (testemunha), não houve aplicação de quaisquer fertilizantes líquidos e sólidos.

Os tratamentos T08, T20, T04 e T10 nesta ordem, também de forma conjunta, obteve-se a produtividade de matéria seca entre  $6000 \text{ kg ha}^{-1}$  a  $8175 \text{ kg ha}^{-1}$  e os tratamentos T09, T13, T16 e T18, que foi utilizado fertilizantes líquidos e sólidos de forma individual com as seguintes bases, cama de frango, bioestimulante condicionador de solo, calcário calcítico e hidróxido de cálcio e magnésio nesta ordem, obteve-se os resultados de peso de matéria seca entre  $6000 \text{ kg ha}^{-1}$  a  $8000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Todavia, o tratamento 12 com base de cloreto de potássio obteve um resultado de peso de matéria seca abaixo de  $6000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Por fim, o tratamento 17 com fertilizante líquido a base de oxicloreto de cobre, utilizado de forma individual, não houve diferença significativa quando comparado com a testemunha tratamento T05. Em relação à análise pelo método gráfico plotando os resíduos padronizados contra os valores ajustados do modelo, onde não foi observado nenhuma tendência, o modelo estatístico adotado é satisfatório. Desta forma foi implantado o Índice Tecnológico da Cultura de Alfafa, baseando-se na utilização de produção de matéria seca (PMS) versus o retorno econômico baseado no custo dos fertilizantes líquidos e sólidos na cultura de alfafa, para facilitar ao produtor rural a escolha para a sua melhor tecnologia e investimento a ser implantado.

Também foi realizado o teste de Shapiro wilk, obtendo o resultado 0,19, o que é satisfatório para a análise realizada. Resultados acima de 0,05 entende-se que os erros do modelo não diferem do comportamento normal esperado e que de fato, o erro é aleatório.

#### 4.1 MASSA SECA TOTAL POR TRATAMENTOS (SOMANDO OS 7 CORTES)

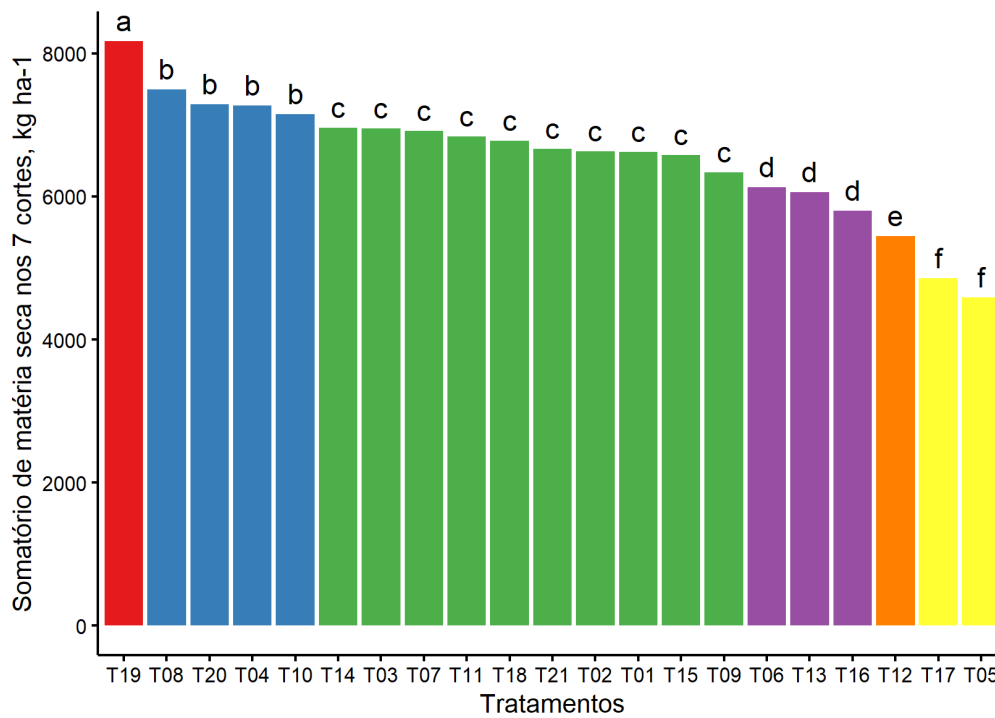


Figura 26 - Produtividade acumulada em 7 cortes de alfafa sob o efeito de diversos manejos tecnológicos.

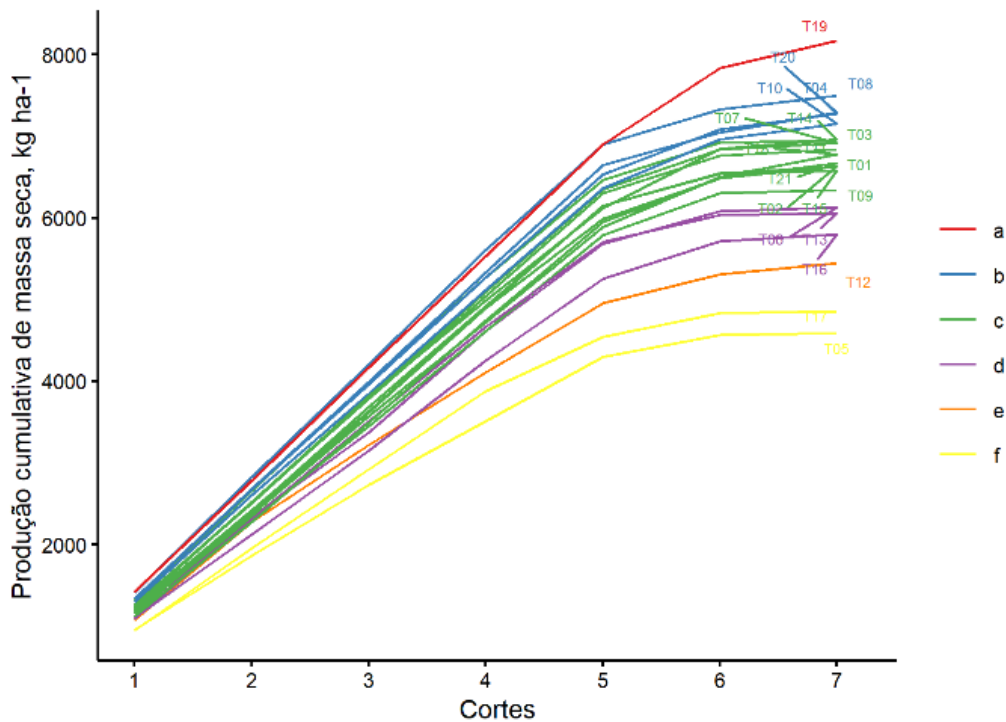


Figura 27 - Produtividade acumulada ao longo de 7 cortes de alfafa. Letras e cores representam o agrupamento de médias de Scott Knott a 5% de probabilidade da produtividade acumulada.

O manejo de fertilidade do solo e das condições nutricionais é

advento de grande impacto na produtividade da cultura de alfafa. Contudo para alcançar altas produtividades e qualidade da alfafa, por período mais longo do ciclo da cultura, o objetivo dos produtores rurais é diminuir custos de manutenção, com baixo impacto ambiental, através de alta produção de feno, com adubação equilibrada e maior valor de retorno investido.

Com base nestas informações, foi inserido o Índice Tecnológico da Cultura de Alfafa, objetivando facilitar ao produtor rural a visualização da melhor tecnologia a ser implementada, conforme o nível de investimento e retorno em peso de matéria seca de sua propriedade rural.

Sendo calculado o custo dos fertilizantes versus a produtividade de cada tratamento, tendo como base preço médio do kg ha<sup>-1</sup> de feno produzido.

Para tanto, seja necessário que se tenha as seguintes informações; a) peso de matéria seca (PMS); considerando (Baixo) acima de 4000kg ha<sup>-1</sup>, (Médio) acima 6000kg ha<sup>-1</sup> e (Alto) acima de 8000kg ha<sup>-1</sup>; b) custo de investimento dos fertilizantes líquidos e sólidos com preços médios kg L<sup>-1</sup>; b.1) calcário calcítico - R\$ 0,20/kg b.2) hidróxido de cálcio e magnésio – R\$ 1,80/kg, b.3) Bioestimulante condicionador de solo – R\$ 27,00/L, b.4) cloreto potássio – R\$ 2,00/kg, b.5) cama de frango – R\$ 0,18/kg, b.6) Oxicloreto de cobre – R\$ 40,00/L; c) preço médio do kg ha<sup>-1</sup> de feno produzido R\$1,00/kg, importante conceituar as palavras na tabela 13; a) conjunto; tratamentos com mais de um fertilizante líquido e sólido; b) individual; tratamento com único fertilizante líquido ou sólido.

Tabela 14 - Índice Tecnológico da Cultura de Alfafa.

Fertilizantes Líquidos e Sólidos (Conjunto ou Individual)	Custo em R\$ por ha <sup>-1</sup>	* Nível de Produção (PMS) em 7 cortes	Dose kg L ha <sup>-1</sup>	Tratamentos	% Custo do investimento por ha <sup>-1</sup>	% do Retorno do Investimento
Calcário				19	22,69	77,31
Calcítico/Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Bioestimulante condicionador de solo/Cloreto Potássio/Cama de Frango	1815,00	Alto Conjunto	2000/200/5/100/4000			
Hidróxido de Cálcio e	1300,00	Médio	200/5/0,5/100/4000	T08, T20,	21,77	78,33

Magnésio/Oxicloreto de cobre/Cloreto Potássio/Cama de Frango		Conjunto		T04, T10		
Bioestimulante condicionador de solo	135,00	Médio Individual	5	T13	2,25	97,75
Cama de Frango	720,00	Médio Individual	4000	T09	12	88,00
Calcário Calcítico	400,00	Médio Individual	2000	T16	6,67	93,33
Hidróxido de Cálcio e Magnésio	360,00	Médio Individual	200	T18	6	94,00
Cloreto Potássio/Cloreto Potássio	200,00	Baixo individual	100/100	T12	3,34	96,66

\* Nível de investimento (PMS) em 7 cortes – T019 Alto Conjunto: acima de 8000 kg ha<sup>-1</sup>; T08, T20, T04, T10 Médio Conjunto: Acima 6000 kg ha<sup>-1</sup>; T09, T13, T16, T18 Médio Individual: Acima 6000 kg ha<sup>-1</sup>; T12 Baixo Individual: Acima 4000 kg ha<sup>-1</sup>.

O resultado do experimento apresentou de forma significativa o maior incremento de matéria seca (PMS) no tratamento 19, obteve a maior resposta quando utilizou os fertilizantes de forma conjunta, os demais tratamentos obteve resultado positivo em forma conjunta e ainda conforme tabela 13, ficou caracterizado que os fertilizantes líquidos e sólidos aplicados de forma individual apresentou-se um resultado positivo, tanto no que diz respeito a peso de matéria seca, quanto em custo versus benefício ao produtor rural da cultura de alfafa.

Nos Tratamentos 16 e 18, aonde se utilizou de forma individual os fertilizantes a base de calcário calcítico e hidróxido de cálcio e magnésio respectivamente, obteve-se peso de matéria seca acima de 6000 kg ha<sup>-1</sup> e ainda com um custo de médio investimento.

Os corretivos são produtos apropriados para neutralizar a acidez do solo e ainda fornecer nutrientes. Entre os materiais que podem ser utilizados para tal objetivo estão aqueles que contêm, como constituinte neutralizante ou princípio ativo, óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos (CARVALHO et al., 1994).

Em seu estudo (RANDO,1992), verificou um aumento no número de brotos totais por planta de alfafa de 11,3 para 20,8 quando o pH (H<sub>2</sub>O) do solo passou de 5,8 para 6,8, sendo utilizado Ca e Mg na aplicação na cultura de alfafa com o aumento de produtividade.

O mesmo ocorreu com o tratamento 09, aonde apresentou um peso de matéria seca superior a  $6000 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo utilizado cama de frango como fertilizante sólido para o aumento de produtividade da cultura de alfafa e ainda com um custo médio de implantação, quando comparado a outros tratamentos do trabalho, o que comprova que a matéria orgânica traz benefícios para o solo e consequentemente para o aumento de produtividade da cultura de alfafa.

Resultado semelhante foi encontrado por (JANEGITZ, et al., 2019) utilizando a dose de  $5000 \text{ kg ha}^{-1}$  de cama de frango, apresentou melhores resultados de massa seca na cultura de alfafa.

A capacidade de troca de cátions é uma propriedade de absorver eletrostaticamente nutrientes catiônicos como potássio, cálcio, magnésio, manganês, ferro, cobre, zinco e outros, designando-os em seguida às raízes das plantas (MINORGAN, 2010).

A partícula de húmus é tão imperceptível que recebe o nome especial de micela coloidal húmica, ela possui cargas elétricas negativas que são balanceadas por cátions, sendo esses absorvidos pelos húmus e são menos lavados ou lixiviados pela água da chuva que transpõe o perfil do solo (KIEHL, 2008), sendo que essas cargas estão presentes na cama de frango e bioestimulante condicionador de solo usados nos tratamentos do trabalho.

O manejo da alfafa requer adubação orgânica, uma vez que, além de aprimorar as propriedades físicas do solo, essa adubação melhora a fertilidade, principalmente em termos de micronutrientes. A perda de amônia, em decorrência da mistura de esterco e de corretivo (calcário), é irrelevante, uma vez que o N deve ser oriundo da fixação simbiótica do nitrogênio (RASSINI, 1998).

Honda & Honda (1990) enfatizaram que o potássio é o fertilizante importante para aumentar o peso de matéria seca e a alta qualidade da alfafa, uma vez que, se bem nutridas, as plantas ampliam sua capacidade de utilizar melhor o nitrogênio e de transformá-lo em proteína. Para diminuir as perdas, a adubação potássica deverá ser feita no plantio e em cobertura, parceladamente após cada 2 (dois) cortes para equilibrar o custo benefício. Na produtividade de matéria seca (PMS) de alfafa, em função a seis doses de potássio, Rassini et.al (1998), obteve resultado de 16 toneladas de matéria seca por hectare com adubação de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Resultados semelhantes foram encontrados para conhecer as

necessidades da cultura no norte do Paraná, Rando (1993) constatou que a adubação potássica realizada no cultivar Crioula em Latossolo Roxo eutrófico aumentou a produção de matéria seca em todos os oito cortes realizados.

As aplicações de 150, 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O resultaram em aumentos de 22%, 41% e 45%, respectivamente, no rendimento de matéria seca (Rando, 1993).

No tratamento 13, obtivemos um aumento significativamente da produtividade da alfafa em reação ao controle e mesmo sendo um dos manejos de menor custo entre os estudados e assim se mostrando como uma boa alternativa para aumentar a produtividade com boa relação custo/benefício com a aplicação do bioestimulante condicionador de solo, uma vez que, esse elemento é uma das aplicações de menor custo dos tratamentos apresentados conforme tabela 13.

O tratamento 13, tendo como base o bioestimulante condicionador de solo, se observou um grande incremento em produtividade em relação ao controle, apresentando produtividade de 6059 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca acumulada.

As substâncias húmicas e fúlvicas são compostos orgânicos provenientes da decomposição de resíduos vegetais e animais do ambiente, que podem ser aproveitados como insumos rotativos para o manejo de diversas culturas. Suas propriedades podem garantir um aumento na produtividade em função dos benefícios que provoca na estrutura física, química e biológicas do solo, além do efeito direto no metabolismo da planta (CASTRO et al., 2019).

Mesmo tendo paridade estrutural aos ácidos húmicos, apresentam menor peso molecular, maior quantidade de compostos fenólicos e de grupos carboxílicos e uma menor quantidade de estruturas aromáticas (CASTRO et al., 2019). São usadas como insumos com a finalidade de melhorar as condições do solo para o desenvolvimento, principalmente, do sistema radicular das culturas implantadas.

Estudos realizados, demonstraram que através do uso de bioestimulante condicionador de solo, houve aumento do poder tampão dos solos, reduzindo as variações de pH do meio. O aumento de fósforo solúvel através da complexação de Fe<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> em solos ácidos e do Ca<sup>2+</sup> em solos alcalinos, também são características dos ácidos húmicos e fúlvicas. Com isso, tem-se que as substâncias húmicas promovem melhoria na agregação do solo e, assim, redução da densidade, maior capacidade de retenção de água, estabilidade no pH, aumento

da CTC e da matéria orgânica, menor perda de nutrientes potenciais e redução na perda de nitrato (CASTRO et al., 2019).

Em *Vicia faba*, a aplicação de ácido húmico suprimiu os efeitos tóxicos do alumínio sobre o desenvolvimento das raízes laterais e principais e ao mesmo tempo admitiu uma maior absorção de nutrientes. Para o caso do alumínio isto possui importância, uma vez que o sintoma clássico é a inibição do desenvolvimento radicular (Campos et al., 2019).

Observou-se diferença na produção de matéria seca (PMS) entre os cortes 1 (um) e 5 (cinco), com a produção entre 673 a 1418kg ha<sup>-1</sup>, com índice pluviométrico de 815(mm) no período de 5 meses. Todavia, entre o corte 6(seis) até 7(sete) a produção foi entre 17 a 933kg ha<sup>-1</sup>, com uma precipitação de apenas 10(mm) no período de dois meses. Isso fez com que a média de produção da cultura de alfafa, ficasse abaixo da média da produção de anos normais de produção e de outros trabalhos científicos, contudo observa-se que os tratamentos que tenha como base cama de frango, bioestimulante condicionador de solo e hidróxido de cálcio e magnésio, sempre manteve a produtividade acima dos tratamentos com oxiclreto de cobre, cloreto de potássio e o controle tratamento 005.

A cultivar crioula, mais difundida no país e que de acordo com a literatura (BOTREL et al., 2001) é a de melhor produção em vários ensaios, mesmo sendo um material tolerante a estresses hídricos, nesse trabalho foi acentuada a falta de chuva nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro de 2019. Observe na Tabela 14 a queda de produtividade a partir do 5(quinto) corte, na mesma sequência a diminuição da precipitação de chuvas a partir do mês de junho e se estendendo até o mês de outubro de 2019 como apresentado na tabela 11.

Tabela 15 - Produtividade de alfafa em diferentes cortes.

Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4		Corte 5		Corte 6		Corte 7	
Trat.	Média	Trat.	Média	Trat.	Média	Trat.	Média	Trat.	Média	Trat.	Média	Trat.	Média
T19	1418 a*	T08	1415 a	T08	1382 a	T08	1400 a	T19	1369 a	T19	933 a	T19	340 a
T08	1410 a	T19	1368 a	T19	1380 a	T19	1368 a	T20	1318 a	T14	732 b	T18	273 a
T04	1339 a	T20	1348 a	T03	1338 a	T20	1337 a	T08	1290 a	T18	612 b	T20	242 a
T20	1333 a	T03	1343 a	T20	1313 a	T04	1302 a	T04	1266 a	T10	602 b	T10	188 a
T03	1314 a	T04	1338 a	T14	1291 a	T07	1297 a	T11	1263 a	T04	553 c	T04	188 a
T10	1294 a	T10	1316 a	T07	1290 a	T02	1283 a	T07	1257 a	T21	533 c	T21	184 a
T07	1270 a	T14	1293 a	T04	1288 a	T15	1273 a	T15	1247 a	T09	513 c	T08	169 a
T11	1254 a	T11	1271 b	T01	1277 a	T03	1271 a	T10	1244 a	T02	496 c	T02	144 a

T14	1231 a	T07	1239 b	T11	1260 a	T10	1268 a	T01	1233 a	T07	483 c	T12	141 a
T01	1224 a	T06	1227 b	T10	1240 a	T11	1254 a	T21	1213 a	T16	463 c	T14	111 b
T15	1213 a	T18	1223 b	T02	1224 a	T21	1243 a	T03	1197 a	T03	460 c	T16	83 b
T09	1193 a	T02	1222 b	T21	1216 a	T06	1240 a	T09	1174 a	T11	458 c	T07	82 b
T02	1167 b	T13	1215 b	T15	1208 a	T01	1233 a	T18	1169 a	T08	432 c	T11	79 b
T18	1150 b	T15	1212 b	T13	1198 a	T14	1170 a	T14	1133 b	T01	400 d	T01	75 b
T21	1123 b	T12	1201 b	T18	1195 a	T09	1165 a	T02	1093 b	T20	400 d	T06	48 b
T06	1103 b	T01	1181 b	T09	1120 b	T13	1160 a	T06	1073 b	T06	398 d	T09	38 b
T16	1097 b	T21	1157 b	T06	1040 b	T18	1153 a	T13	1037 b	T15	391 d	T15	34 b
T13	1093 b	T09	1136 b	T16	1023 b	T16	1102 a	T16	1003 b	T12	350 d	T03	27 b
T12	1073 b	T16	1028 c	T17	963 b	T17	953 b	T12	847 c	T13	332 d	T13	24 b
T05	957 c	T17	1016 c	T12	947 b	T12	890 b	T05	785 c	T17	290 d	T05	23 b
T17	942 c	T05	909 c	T05	866 b	T05	778 b	T17	673 c	T05	268 d	T17	18 b

\*Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre grupos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A experimentação com a cultura de alfafa visando a produção de matéria seca e a correlação dos índices trabalhados, tais como; índice de área foliar, altura de planta e diâmetro de caule. Devido aos cortes serem periódicos e constantes entre 39 a 51 dias, as plantas apresentam-se em permanente estágio vegetativo, sendo que o primeiro corte do alfafal: de 90 dias após semeadura, em florescimento pleno, isto é, acima de 80% de florescimento. Os demais cortes, quando a cultura estivesse com 10% de florescimento, que na prática se constata quando visualmente se observam as primeiras flores no alfafal (RASSINI; FERREIRA; MOREIRA, 2006), e a velocidade com que a biomassa cresce após cada corte torna-se um indicador da produtividade e da vida econômica do cultivo.

Variáveis relacionadas ao crescimento e a quantidade de caule, área foliar e diâmetro de caule da planta são fundamentais, visto que a cultura de alfafa se colhe a planta inteira, só respeitando 0,05 a 0,08 m a altura de cada corte.

Correlações positivas significativas foram encontradas entre caracteres vegetativos, tais como diâmetro, altura, número de folhas por planta, número de planta por m<sup>2</sup> e o peso de massa seca.

Por outro lado, foi verificado que essas correlações são válidas desde o início do cultivo, indicando a possibilidade de aplicação de fertilizantes líquidos e sólidos para manter ou mesmo aumentar esses caracteres, uma vez que, foi notado que os melhores tratamentos, também foram os que obtiveram os maiores níveis de diâmetro de caule, altura de planta e índice de área foliar.

Após a coleta dos dados foi realizada a análise correlação, pois a mesma não compara tratamentos, apenas correlaciona as variáveis da matéria seca (MS) aos demais fatores analisados, sendo índice de área foliar (IAF), diâmetro de caule (DC), e altura de planta (AP).

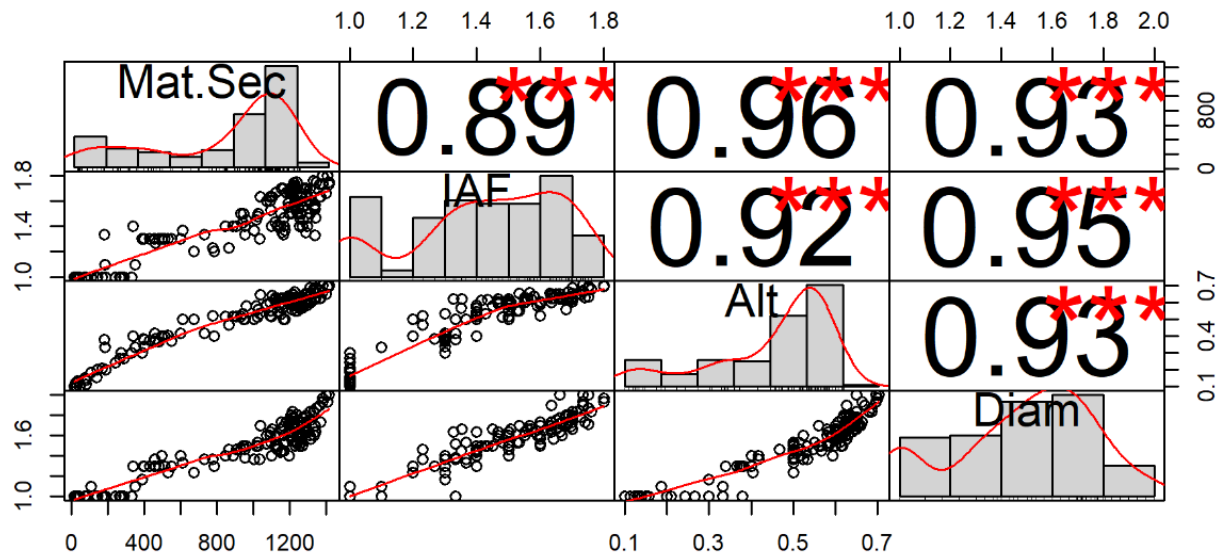


Figura 28 - Matriz de correlação entre as variáveis analisadas. Valores representam a correlação entre as variáveis calculadas a partir das médias de cada tratamento dentro de cada corte. Todas as correlações foram significativas a 0,1%.

Obteve-se o resultado significativo de correlação entre as variáveis (Figura 28) de matéria seca (MS), índice de área foliar (IAF), altura de planta (ALT) e diâmetro de caule (DC). Portanto, ao momento que se observa aumento em peso de massa seca (PMS), também se correlaciona aos demais variáveis analisadas. Isso demonstra, por exemplo, que plantas que mais alta, também possuíam uma maior área foliar e diâmetro de caule. Isso nos permite concluir a maior produção de matéria seca é proveniente de uma ação conjunta do diâmetro de caule e da maior área foliar. Trabalho semelhante foi observada correlação entre os dados para altura de corte e produtividade de matéria seca, que apresentou maior valor de produtividade de matéria seca de  $3542 \text{ kg ha}^{-1}$  (DIAS, et al., 2003).

Resultados similar foi observado na aplicação do biofertilizante estudado, aumentou em 6% a altura da planta e em 15% a produtividade da matéria seca da parte aérea da planta, em relação a testemunha da cultura de alfafa (SOUTO, et al., 2003). A aplicação de biofertilizantes proporcionaram plantas de alfafa mais altas do que a testemunha no experimento (DIAS, et al., 2003).

Os nutrientes do solo são exportados naturalmente por remoção pela parte colhida da planta de alfafa, por lavagem do perfil do solo através da água da chuva (lixiviação), por arraste de partículas (erosão), por imobilização pelos organismos e por fixação pelas partículas do solo como, por exemplo, o elemento Fósforo (P) (MOREIRA, 2007).

Após sucessivos cortes da cultura de alfafa, o rendimento da cultura atenua muito devido à modificação da fertilidade do solo, principalmente na diminuição nos teores de matéria orgânica (MO), N, P, K, Ca e Mg. Contudo, a manutenção de elevado nível de fertilidade do solo para que possa ser conduzida a alfafa em condições ideais os nutrientes devem ser aplicados no solo, através da calagem e da adubação. Portanto, pelo fato de desempenharem uma grande eficácia no aumento da produtividade da cultura de alfafa, os fertilizantes são insumos fundamentais para essa forrageira (Sarmiento et al., 2001, Bernardi et. al, 2010). Analisados cada nutriente no solo antes e depois da aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos, em duas etapas, sendo a primeira aplicação dezembro de 2018 e a segunda aplicação em abril de 2019, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 16 - Resumo da Análise da variância e significância estatística dos valores médios dos nutrientes Ca, Mg, P, K e teores de pH, MO e V% no solo da cultura de alfafa em função dos tratamentos depois de parceladas em 2 (duas) aplicações de fertilizantes líquidos e sólidos em cobertura.

<b>Fertilizantes Líquidos e Sólidos</b>	<b>Dose kg/L/ha<sup>-1</sup></b>	<b>Tratamento</b>	<b>*Significância Estatística</b>	<b>Referências</b>
Calcário Calcítico/Cama de Frango/Cloreto Potássio	2000/4000/100	02	*	pH (CaCl <sub>2</sub> )
Calcário Calcítico/Bioestimulante condicionador de solo /Oxicloreto de Cobre/Cama de Frango	2000/5/0,5/4000	06	*	pH (CaCl <sub>2</sub> )
Hidróxido de Cálcio e Magnésio	200	18	*	pH (CaCl <sub>2</sub> )
Hidróxido de Cálcio e Magnésio/ Bioestimulante condicionador de solo /Oxicloreto de Cobre	200/5/0,5	20	*	pH (CaCl <sub>2</sub> )
Calcário Calcítico/Hidróxido de Cálcio e	2000/200/5/100/4000/0,5	01,02,03,04,06,07, 08,09,10,11,12,13, 14,15,16,17,18,19,	NS	MO

Magnésio/ Bioestimulante condicionador de solo /Cloreto Potássio/Cama de Frango/Oxicloreto de Cobre		20,21.		
Calcário Calcítico/Hidróxido de Cálcio e Magnésio/ Bioestimulante condicionador de solo /Cloreto Potássio/Cama de Frango/Oxicloreto de Cobre	2000/200/5/100/4000/0,5	01,02,03,04,06,07, 08,09,10,11,12,13, 14,15,16,17,18,19, 20,21..	NS	P
Calcário Calcítico/ Bioestimulante condicionador de solo / Oxicloreto de Cobre /Cama de Frango	2000/5/0,5/4000	06	*	K
Cama de Frango	4000	09	*	K
Oxicloreto de Cobre /Cama de Frango/Cloreto Potássio	0,5/4000/100	11	*	K
Bioestimulante condicionador de solo	5	13	*	K
Hidróxido de Cálcio e Magnésio/ Bioestimulante condicionador de solo / Oxicloreto de Cobre	200/5/0,5	20	*	K
Hidróxido de Cálcio e Magnésio/ Bioestimulante condicionador de solo	200/5	21	*	K
Bioestimulante condicionador de solo/Cama de Frango/Hidróxido de Cálcio e Magnésio	5/4000/200	03	*	Ca
Bioestimulante condicionador de solo /Hidróxido de Cálcio e Magnésio/Cama de Frango/Cloreto Potássio	5/200/4000/100	14	*	Mg
Calcário Calcítico	2000	16	*	Mg
Calcário Calcítico/Hidróxido de Cálcio e	2000/200/5/100/4000/0,5	01,02,03,04,06,07, 08,09,10,11,12,13, 14,15,16,17,18,19,	NS	V%

Magnésio/ Bioestimulante condicionador de solo /Cloreto Potássio/Cama de Frango/ Oxicloreto de Cobre	20,21.
--	--------

\*: Significativo pelo teste Shapiro-Wilk normality test data: residuals W = p-value = NS: Não Significativo ao teste Shapiro-Wilk normality test data: residuals W = p-value =

O resultado obtido demonstra que para o do pH do solo, a aplicação dos fertilizantes impactou significativamente nos tratamentos 02, 06, 20, sendo utilizado na aplicação os fertilizantes a base de calcário calcítico; bioestimulante condicionador de solo; cama de frango de forma conjunta e no tratamento 18 com hidróxido de cálcio e magnésio de forma individual. A correção do pH foi possível devido a presença de óxido e hidróxido de cálcio na formulação do calcário calcítico e na cama de frango e hidróxido de cálcio e magnésio.

Resultado semelhante foi observado no cultivo da alfafa em sistema de plantio direto estabilizado, o calcário pode aplicado superficialmente para correção de pH, sendo desnecessárias as operações de aração e gradagem ou de subsolagem para a sua incorporação. Recomenda-se a dose de 2000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário para a cultura de alfafa (GLIENKE, et al., 2013).

Em estudo de cama de frango, fertilizantes, calagem e ou a combinação de todos, sobre o rendimento de alfafa, conclui que a combinação de cama de frango com fertilizantes, obteve-se resultado positivo com aumento de produtividade (KIEHL, 1985).

A dose de cama de frango a 5000 kg ha<sup>-1</sup>, apresentou melhores resultados de massa seca na cultura de alfafa (JANEGITZ, et al., 2020).

A aplicação de 50 t ha<sup>-1</sup> de esterco sem aplicação de cobertura mostrou produtividade equivalente à adubação química, na cultura de milho (CANCELLIER, et al., 2011).

O resultado obtido, devido à alta porcentagem de matéria orgânica já preexistente no solo, nenhum tratamento obteve significância para tanto, porém importante salientar que foi extraído mais de 8000kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, no período de 7 (sete) cortes e o nutriente manteve nos valores ideais.

O resultado alcançado, como base de única fonte de fósforo utilizada foi a cama de frango, porém insuficiente para elevar o teor de fósforo (P) do solo. Não houve diferença significativa entre antes e depois da análise de solo submetida

após as 2(duas) aplicações de fertilizantes líquidos e sólidos.

O resultado adquirido demonstra que a aplicação dos fertilizantes nos tratamentos 06, 09, 11, aumentou significativamente os teores de Potássio (K) no solo. Foram utilizados fertilizantes a base de cloreto de potássio e cama de Frango, tanto de forma conjunta, quanto na forma individual em cobertura. A capacidade da matéria orgânica proporciona para as radículas e pelos absorventes uma superfície específica que quando misturada com o fertilizante líquido ou sólido aplicado ou composto no solo, funciona como um melhorador ou conhecido como condicionador de solo, aumentando a eficiência em fornecer nutrientes aos vegetais (KIEHL, 2008).

Com tudo, também foi observado, resultado positivo na aplicação dos fertilizantes nos tratamentos 13, 20, 21, aonde aumentou significativamente os teores de Potássio (K) no solo. Foram utilizados fertilizantes a base de bioestimulante condicionador de solo e hidróxido de cálcio e magnésio, tanto de forma conjunta, quanto na forma individual em cobertura, cabendo ser notado que o bioestimulante condicionador de solo possui carga negativa por se tratar do ativo da matéria orgânica. Para um desenvolvimento das culturas é necessário boa relação entre a quantidade de potássio equilibrada e o V% seja acima de 70% para a cultura de alfafa como exemplo (MINORGAN, 2010).

Um solo com uma saturação adequada é aquela que a soma de cálcio, magnésio e potássio do seu complexo coloidal argilo-humus coloca-se entre 60 a 80% da saturação, de modo que restem de 20 a 40% para a soma de hidrogênio e alumínio, completando os 100% da saturação de bases (KIEHL, 2008), para cada grama de complexos ácidos húmicos e fúlvicos aplicados no solo, é equivalente a 30 gramas de argila, portanto confere a razão do potássio se liga a matéria orgânica decomposta, fração húmicas sendo mais aproveitada pela planta.

O potássio presente no fertilizante ou no solo, que contém carga positiva, se liga ao condicionador de solo que tem cargas negativas, fica prontamente disponível para planta, através das raízes e diminui a perda de potássio por lixiviação. Estudo similar na cultura de café, citado por (MINORGAN, 2010), a aplicação de fertilizante condicionador de solo aumentou a produção de café em 30% na comparação com a adubação potássica mineral e ainda aumentou em 27% o potássio nas folhas.

Os nutrientes N, K, Ca, Mg, S e Fe na cultura de alfafa responderam

linearmente a doses de bioestimulantes condicionadores de solo aplicados na dose estudada (LEMES, et al., 2016).

As plantas de alfafa adubadas com dois biofertilizantes apresentaram teores de N, P, K, Ca e Mg encontrados no presente experimento foram maiores do que as concentrações consideradas como adequadas para o crescimento normal de plantas de alfafa (SOUTO, et al., 2003).

Semelhante resultados, os biofertilizantes melhoraram a produtividade das plantas de alfafa em relação a testemunha (Dias et al., 2003).

O nutriente Ca (cálcio) presente no fertilizante hidróxido de cálcio e magnésio, além de nutrir as plantas, auxilia no equilíbrio contra a acidez causada pela adubação mineral ou pelo efeito natural que ocorre no solo, nesse sentido de melhora a absorção e aproveitamento de potássio no solo (MALAVOLTA, 2006), conclui que com o pH do solo acima de 6,5 a 7, temos uma absorção acima de 80% do potássio disponível no solo, isso demonstra a importancia de corrigir o pH do solo para melhorar a produtividade da cultura de alfafa, uma vez que é o pH de 6,5 a 7 que a cultura exige.

Foi observado que as aplicações dos fertilizantes no tratamento 3, aumentaram significativamente os teores de cálcio (Ca) no solo que foi utilizado fertilizantes a base de hidróxido de cálcio e magnésio; bioestimulante condicionador de solo; cama de frango de forma conjunta em cobertura.

Resultado semelhante foi observado, o aumento da dose de calcário e a manutenção dos micronutrientes em níveis adequados eleva significativamente a produção de matéria seca da alfafa, fornecendo cálcio no solo (MOREIRA, et al., 2000).

O resultado obtido demonstra que a aplicações dos fertilizantes foram significativas nos tratamentos 14, 16 para aumento dos teores de Magnésio (Mg) no solo, sendo utilizado na aplicação os fertilizantes a base de hidróxido de cálcio e magnésio; bioestimulante condicionador de solo; calcário calcítico, tanto de forma conjunta quanto individual, uma vez que, o calcário calcítico, hidróxido de cálcio e magnésio e cama de frango tem de 3 a 5% de Magnésio em sua composição.

Os resultados indicaram que as práticas da calagem e as adubações com potássio podem contribuir decisivamente com o aumento da longevidade do alfafal. As maiores repostas da alfafa à adubação potássica ocorreram na maior

saturação por bases ( $V = 80\%$ ), ou seja, quando fornecido cálcio e magnésio para a cultura de alfafa (BERNARDI et al., 2010).

O resultado obtido, no que se refere a saturação de bases ( $V\%$ ), nenhum tratamento obteve diferença significativa, porém importante salientar que foi extraído mais de  $8000\text{kg ha}^{-1}$  de matéria seca, no período de 7 (sete) cortes e a saturação manteve nos valores ideais para produção da cultura de alfafa entre 75 a 77%.

## 5 CONCLUSÕES

A aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos em cobertura na cultura de alfafa aumentou a produtividade em 50,05% de matéria seca em relação ao padrão utilizado na cultura.

Os resultados demonstraram que é possível corrigir o pH do solo na cultura de alfafa em cobertura.

A utilização dos fertilizantes a base de hidróxido de cálcio e magnésio, bioestimulante condicionador de solo, cama de frango, calcário calcítico, obtiveram as maiores produtividades de matéria seca, de forma conjunta ou ainda quando aplicados individualmente conforme tratamento dezenove.

Foi comprovado que é possível em corrigir os níveis de Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em cobertura utilizando os produtos à base de cama de frango, cloreto de potássio e hidróxido de cálcio e magnésio respectivamente.

O fertilizante a base de bioestimulante condicionador de solo, aplicado tanto de forma isolada quanto em conjunto, aumentou a produtividade de matéria seca na cultura de alfafa e ainda apresentou o melhor custo benefício.

Foi apresentado como os melhores tratamentos e inseridos no índice tecnológicos da cultura de alfafa o bioestimulante condicionador de solo com 2,25%, cloreto de potássio com 3,34% e o hidróxido de cálcio e magnésio com 6% do custo de investimento versus o retorno da produtividade da massa seca.

A implantação do Índice Tecnológico da Cultura de Alfafa, vem facilitar ao produtor rural a escolha da melhor tecnologia de custo benefício para a sua propriedade rural, podendo ser aplicado imediatamente no sistema de produção.

## REFERÊNCIAS

ALFANUTRI. **Feno de alfafa e nutrição de ruminantes**. Disponível em: <<http://www.alfanutri.com.br/home>>. Acesso: 08 Dez 2019.

ALCARDE, J.C. **Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo**. IN: SIMPÓSIO SOBRE "ACIDEZ E CALAGEM", XV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, Campinas, 1983; Anais. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 11-23.

ALCARDE J.C; A.A. RODELLA; **O Equivalente em Carbonato de Cálcio dos Corretivos da Acidez dos Solos**; *Depto. de Química-ESALQ/USP, C.P. 9, Piracicaba, SP.. 1996.*

ALCARDE, J.C. **Produtos utilizados para a correção da acidez dos solos. Informações Agronômicas**. No 34, junho/86, p.5-9. Instituto Brasileiro da Potassa e Fosfato – POTAFÓS. Piracicaba, SP.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 2005. 21-24 p. (Boletim Técnico, 6).

ALVAREZ VENEGAS, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5.<sup>a</sup> Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.22-32.

ALVES, A. A. **Fontes alternativas de cama de frangos para alimentação de ruminantes**. (Dissertação de Mestrado em zootecnia). UFC. Fortaleza, 1991. 87p.

ANCHÃO, P. P. **Interação microbiológica de fungicidas no tratamento de sementes de alfafa visando a redução da taxa de semeadura**. 1995. 84 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1995.

ANDRADE, F. M. C. de; BONFIM, F. P. G.; HONÓRIO, I. C. G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. de J; SOUZA, D. de B. **Caderno dos microorganismos eficientes (EM): instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2011.

ASSMANN, M.J.; BRAIDA, A.J.; CASSOL, C.L; MAGIERO, C.E.; MANTELI, C.; GRIZ, E.; **Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos**. *Ciência Rural*, v.39, n.8, p.2408-2416, 2009.

BELLETTINI, S.; ANDRZEJEWSKI, S. H. J.; MOUHANNA, M. MOUHANNA; TAJI, Y.C.. Presença Crescente. **Revista Cultivar**, Pelotas, RS, n.254, n. 12, p. 10-11, out. 2019. Soma de Esforços:

BELLETTINI, S.; ROSOLEM, C. A.; VALERIO, M. A. Produção de alfafa em função de espaçamentos e densidades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 12, p. 1273-1280, dez. 1997. Título em inglês: Alfafa yield as affected by row spacing and plant population. Biblioteca (s): Área de Informação da Sede

BENEDETTI, P.M.; FUGIWARA, T.A.; FACTORI, A.M.; COSTA, C.; MEIRELLES, L.R.P.; Adubação com cama de frango em pastagem. **Associação Brasileira de Zootecnistas**. Anais ZOOTEC, Águas de Lindóia. 2009.

BERNARDI, A. C. C.; RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A. **Produção de matéria seca, teores no solo e extração de potássio pela alfafa em função de doses e frequência da adubação potássica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. Conquistas e desafios da Ciência do Solo brasileira. **Anais...** Gramado: SBSCS, 2007. 1 CD-ROM.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. Fertilidade do solo e manejo da adubação das culturas. Porto Alegre: Gênese, 2004. 328 p.

BRODERICK, G.A. **Desirable characteristics of forage legumes for improving protein utilization in ruminants**. Journal of Animal Science, v.73, p.2760-2773, 1995.

BOTREL, M. A.; FERREIRA, R.P.; AVIM, M.J.; XAVIER, D.F. Cultivares de alfafa em área de influência da Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, n.11, p.1435-1440, nov. 2001,

BRUNE, S.; RIBEIRO, V. Q. **Uso de biofertilizante em cultura de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Terezina, PI: UEPAE, 1985. 14p. Pesquisa em Andamento da UEPAE, Terezina, Pi, n.43.

CASTRO, Paulo Roberto de Camargo e **Biorreguladores e bioestimulantes agrícolas** / Paulo Roberto de Camargo e Castro, Gabriela Romêro Campos e Marcia Eugenia Amaral Carvalho. -- Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2019. 59-74 p. (Série Produtor Rural, no. 71).

CAMPOS, Gabriela Romêro, Paulo Roberto de Camargo Castro e **Biorreguladores e bioestimulantes agrícolas** / Paulo Roberto de Camargo e Castro, e Marcia Eugenia Amaral Carvalho. -- Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2019. 59-74 p. (Série Produtor Rural, no. 71).

CANCELLIER, Eduardo Lopes; Leandro Lopes Cancellier; Flávio Sérgio Afférrri; Gentil Cavalheiro Adorian; Hugo Valério Moreira Rodrigues; Aurélio Vaz de Melo; Luiz Paulo Miranda Pires; **Adubação orgânica na linha de semeadura no desenvolvimento e produtividade do milho**: Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 2, p. 527-540, abr/jun. 2011.

CARVALHO, J. G.; ASSIS, R. P.; MOREIRA, A. Necessidade de calagem para cultura da alfafa. In: BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; PASSOS, L. P.; VILELA, D. (Eds.). Workshop sobre potencial forrageiro da alfafa (*Medicago sativa* L.) nos trópicos. Juiz de Fora: CNPGL, 1994. p.117-125.

COMERON, E. A.; ROMERO, L. A. Utilización de la alfafa por vacas lecheras em pastoreo. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la Alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones Inta, 2008.

CONCEIÇÃO, Paulo Cesar; LUCHESE, Augusto Vagheti; MICHELS, Tiago; PAIER, Cristiane Dalagua; ROSA, Jaqueline Kristiane da. **Efeito de diferentes fontes de adubação orgânica sobre a produção de alfafa e teores de Carbono e Nitrogênio total do solo**. IN: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis, 2013.

CONDE, Alcides Reis; CASALI, Vicente Wagner Dias; SILVA, Franceli da; SANTOS, Ricardo Henrique Silva. **Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, nov. 2001

DEL POZO IBAÑEZ, M. **La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento**. 2.ed. revisada y ampliada por Miguel Ibañez Gamborino. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa, 1977.379 p.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; LEAL, M. A. de A.; SCHIMIDT, L. T. **Efeito do biofertilizante líquido na produtividade e qualidade da alfafa (*Medicago Sativa* L.), no município de Seropédica - RJ**. Agronomia, Seropédica/RJ, v. 37, n. 1, p. 16-22, 2003.

DIJ KINGA F. H, SILVESTREIN, A. R.C. **Produção de alfafa adubada com composto orgânico à base de cama de aviário**. VI Reunião Paranaense de Ciência do Solo RPCS, Ponta Grossa –Pr, 2019.

DUARTE, E. R. **II Simpósio de Produção Agropecuária Sustentável**. 2018. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/uenp.edu.br/sipas2018/programacao>>. Acesso em 08 Dez 2019.

ECKHARDT et al.. **Mineralização e índice de eficiência do nitrogênio de fertilizantes de esterco bovino no solo**. Revista Ciência Rural, 2015.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa em Solos**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), p 306, 2006.

FERRAGINE, M. del C.; PEDREIRA, C. G. S.; OTANI, L.; TONATO, F. **Produção estacional, índice de área foliar e interceptação luminosa de cultivares de alfafa sob pastejo**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 39, n. 10, p. 1099-1052, out. 2004.

FERREIRA, R. D.; BOTREL, M. A; PEREIRA, A. V.; CRUZ, C. D. **Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.6, p.995-1002, 1999.

FERREIRA, Reinaldo de Paula; VILELA, Duarte; COMERON, Eduardo Alberto; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; KARAM, Décio. **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Embrapa Pecuária Sudeste. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

FERREIRA, V. R. **Hidróxido de cálcio**: Disponível em : <<https://www.infoescola.com/quimica/hidroxido-de-calcio/>: Acesso em 03 Jan 2020.

FONT QUER, P. **Dicionario de botânica**. Barcelona, España: Editorial Labor, 1989.1244 p.

FONTES, P. C. R.; MARTINS, C. R.; CÔSER, A. C.; VILELA, D. **Produção e níveis de nutrientes em alfafa (*Medicago sativa* L.) no primeiro ano de cultivo, na Zona da Mata de Minas Gerais**. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.22, n.2, p.205-211, 1993.

GERVAZIO, Wagner et al. Uso de Microrganismos Eficientes (Em) na Recuperação de Solos Degradados. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 9, n. 4, feb. 2015. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/16530>>. Acesso em: 27 dez. 2019.

GOPLIN, B. P.; BAENZIGER, H.; BAILEY, L. D.; A. T.; HANNA, M. R. R.; MICHAUD, R.; RICHARDS, K. W.; WADDINGTON, J. **Growing and managing alfalfa in Canada**. Ottawa, Canada: Agricultura e Canada, 1980. 50 p.

HADDAD, C. M.; DAIUB, J. A. S.; CASTRO, F. G. F. C.; TAMASSIA, L. F. M. **Produção de matéria seca, valor nutritivo e a maturidade de *Digitaria decumbens* Stent. cv. Transvala**. Scientia agricola. vol.56 n.3 Piracicaba July 1999.

HANSON,C.H. **Ciencia y tecnologia de la alfalfa**. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur, 1972, 432 p.

HONDA, Carlos S.; HONDA, Ademir S. **A cultura da alfafa**. 2. Ed., editora Iara, 1997.

INTERNATIONAL Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. **As funções do cobre nas Plantas**, n164, 2018.

JANEGITZ MONIKI CAMPOS; RAFAEL DE PAIVA ANDRADE; **Emergência de plântulas de alfafa (*Medicago sativa* L.) Submetidas a diferentes doses de cama de frango**. Faculdades GAMMON, Rua Prefeito Jayme Monteiro, 791, 19700-000, Paraguaçu Paulista, SP. Disponível em: See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/331635133>>. Acesso 01 mai. 2020.

JELIHOVSCHI, Enio G., FARIA, José C.; ALLAMAN, Ivan Bezerra. 2014. ScottKnott: A Package for Performing the Scott-Knott Clustering Algorithm in R. Trends in Applied and Computational Mathematics 15(1), 3-17. Disponível em: <<http://www.sbm.org.br/tema/seer/index.php/tema/article/view/646/643>>.

Glienke Carine Lisete; Letícia Cristina Bertusso Toffoli; Tangriani Simioni Assmann; André Brugnara Soares; Alceu Luiz Assmann; Jussara Maria Ferrazza; **Produção de matéria seca de alfafa cultivada em sistema de plantio direto sob formas de incorporação e doses de calcário**: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo 28 de julho a 02 de agosto de 2013. Florianópolis –SC.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Ed. Agronômica Ceres Ltda., Piracicaba, 1985, 492p.

KIEHL, E. J. Fertilizantes organominerais. [4. ed. atual. ]. Piracicaba: Degaspari, 2008. 148 p.

Biblioteca(s): Embrapa Solos. Biblioteca(s): Embrapa Agrobiologia; Embrapa Hortaliças; Embrapa Solos.

**KOPPERT** Biological Systems. Disponível em: <<https://www.koppert.com.br/produtos-e-solucoes/>>. Acesso em 09 Dez 2019.

LEMES Rodrigo Luis; Cecílio Viegas Soares Filho<sup>3</sup>; Manoel Garcia Neto; Reges Heinrichs. **Biofertilizante na qualidade nutricional da alfafa (*Medicago sativa* L.)** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 37, n. 3, p. 1441-1450, maio/jun. 2016.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ed. Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3ª Ed. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1981, 595p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **A adubos, corretivos e defensivos para a lavoura cafeeira: indicações de uso**. Brasília, DF: MAPA: Fundação do Café: Embrapa Café, 2006. 56-89 p. il.

MELLO, P. C.; FERNANDES, A. R.; EVANGELISTA, AW.P. **Efeito do biofertilizante Lithothamnium, na redução do custo da adubação química na cultura de milho (*Zea mays* L.)**. In: FERTBIO-98, Caxambu, 1998, p.712.

MELLO, S. C.; VITTI, G. C. **Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 20, n 3, p. 452-458, 2002.

**MINORGAN**; Fertilizante Orgânico Mineral. **Boletim Técnico 2 Edição**, Minorgan Ind. e Com. De Fertilizantes Ltda. Estrada São Pedro, 685. Mandaguari – Pr, 2010.

MONTEIRO, A. L. G.; CORSI, M.; CARVALHO, D. D. **Frequências de Corte e Intensidades de Desfolha em Duas Cultivares de Alfafa (*Medicago sativa*, L)**. 1. Peso, Número, Produção Estacional e Dinâmica de Aparecimento das Brotações Basilares. Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, n.3, p.446-452, 1999.

MOREIRA, Adônis, et al. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017.

\_\_\_\_\_. **Fertilidade do solo e estado nutricional da alfafa cultivada nos trópicos** [Recurso eletrônico]. — São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

MOREIRA, A.; BERNARDI, A. C. C.; RASSINI, J. B. Correção do solo, estado nutricional e adubação da alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.

MOREIRA, Adônis; BERNARDI, Alberto Carlos de Campo; RASSINI, Joaquim Bartolomeu; FERREIRA, Reinaldo de Paula; OLIVEIRA, Patrícia Perondi Anção de. **Fertilidade do solo e estado nutricional da alfafa cultivada nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

MOREIRA ADÔNIS, JANICE GUEDES DE CARVALHO, LARISSA ALEXANDRA CARDOSO MORAES, JOÃO ODEMIR SALVADOR. **Efeito da relação cálcio e magnésio do corretivo sobre micronutrientes na alfafa**. Pesq. agropec. bras. v.35 n.10 Brasília out. 2000.

NAKAGAWA, J.; PROCHNOW, L.I.; BULL, L.T.; VILLAS BÔAS, R.L. **Estudo de obtenção de composto orgânico com o uso de biofertilizantes**. *Científica*, S. Paulo, v.19, n.2, p.119-128, 1991.

NUERNBERG, N.J.; MILAN, P.A; SILVEIRA, C.A.M. **Manual da produção de alfafa**. Florianópolis: EMPASC, 102p. 1990.

OLIVEIRA, I. P.; SOARES, M.; MOREIRA, J.A. A.; ESTRELA, M. F. C.; AL´ACQUA, F. M.; PACHECO FILHO, O. **Resultados técnicos e econômicos da aplicação de biofertilizante bovino na cultura de feijão, arroz e trigo**. Goiânia, CNPAF, 1986. 24p. Circular Técnica, 21.

PAIM, N.R. **Utilização e melhoramento da alfafa**. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIALFORRAGEIRO DE ALFAFA (MEDICAGOSATIVA L.) NOS TRÓPICOS, 1994, Juiz de Fora. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1994. p.141-147.

PEREIRA, O.G.; GOBBI, K.F.; PEREIRA, D.H.; RIBEIRO, K.G.; **Conservação de forragens como opção para o manejo de pastagens**. Anais de Simpósios da 43ª Reunião da SBZ –João Pessoa –PB, 2006.

PRIMAVESI, Ana Cândida; PRIMAVESI, Odo, **Características de corretivos agrícolas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 10p.; 21 cm. -- (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 37).

PIRES, A. J. V.; REIS, R. A.; CARVALHO, G. G. P. de; SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F.; RUGGIE - RI, A. C.; **Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 643-648, abr. 2006.

R CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RANDO, E. M. Adubação da alfafa (*Medicago sativa L.*) com potássio e enxofre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. Anais... Goiânia: SBCS, UFG, 1993. p. 67-68.

RANDO, E.M. Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa L.*) em diferentes níveis de pH, potássio e enxofre no solo. Piracicaba: Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1992. 220p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

RANGEL, W. M. **Síntese de Nanopartículas de Óxido De Cobre (II) Pelo Método De Coprecipitação**: Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. p-38, 08 de dezembro de 2014.

RASSINI, Joaquim Bartolomeu; FERREIRA, Reinaldo de Paula; MOREIRA, Adônis. **Circular Técnica 46**: Recomendações para o cultivo de alfafa na região Sudeste do Brasil. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006.

RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. **Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa L.*) sob diferentes doses de adubação potássica.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 487-490, 1998.

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P.; CAMARGO, A. C. Cultivo e estabelecimento da alfafa. In: FERREIRA, R. P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 39-79

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A. A. 2009. Introdução à Química Ambiental. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, p. 195-216.

RODRIGUES, A. A.; COMERON, E. A.; VILELA, D. Utilização de alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. In: FERREIRA, R. P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.

RODRIGUEZ, N. E.; EROLES, S. F. Morfologia da alfafa. In: FERREIRA, R. P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.

SARMENTO, P.; CORSI, M.; CAMPOS, F. P. **Resposta da alfafa a fontes de fósforo associadas ao gesso e à calagem.** Scientia Agricola, v. 58, p. 81-390, 2001.

SANTOS, AG.V. **Biofertilizante líquido:** o defensivo agrícola da natureza. Niterói: EMATER-RJ, 1992. 16p.

SEAB, Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Alfafa de Bandeirantes conquista o mercado nacional.** Disponível em: <<https://www.folhadelondrina.com.br/norte-pioneiro/alfafa-de-bandeirantes-conquista-o-mercado-nacional-881164.html>>. Acesso em 08 dez. 2019.

SILVA, Gerarda Beatriz Pinto da. **Alfafa:** leguminosa forrageira excelente para a alimentação animal. Disponível em: <<https://institutoagro.com.br/alfafa/>>. Acesso: 26 dez 2019

SILVA, M.S.L.; SILVA, A. S.; DALTRO, M.J.S. **Efeito do biofertilizante nas características do solo e na produção de milho e de caupí.** In: 25° CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Viçosa, 1995.

SIMONDS, A. O. Histological Studies on the development of the root and crown of Alfafa. **Journal of Science** v.9, n4. P.641-659. 1935.

OLIVEIRA, P. P. A.; LEDO, F. J. S. O uso de alfafa para pastejo bovino. Tecnologias para a produção de alfafa no Rio Grande do Sul. Pelotas, RS/Juiz de Fora, MG: Embrapa, 2008. p. 33-56.

STEWART, G. **Alfalfa growing in the:** United States and Canada. New York: USA: MacMillian, 1926.

TEUBER, L.R.; BRICK, M. A **Morphology and anatomy.** In: Alfalfa and alfalfa improvement. 1988.p.125-162 (Agronomy Monograph, 29).

TRATCH, R.; BETTIOL, W. **Efeito de biofertilizantes sobre o crescimento micelial e a germinação de esporos de alguns fungos fitopatogênicos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília,v.32, n.11, p.1131-1139, 1997.

VENTURIN, F.; LEDESMA, G. S.; TEIXEIRA, A. J.; TOMAZELI, M.; CECHIN, D. **Utilização de adubação orgânica no cultivo de alfafa.** Revista Perspectiva, Erechim, vol. 35, no131, pág. 109-116, Setembro de 2011.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E. **Adubação potássica.** In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

VILELA, Duarte. **Feno: Um mercado promissor no mundo e pouco explorado no Brasil.** Revista on-line <https://alavoura.com.br/pesquisa-inovacao/tecnologia-agricola/feno-um-mercado-promissor-no-mundo-e-pouco-explorado-no-brasil/>. Acesso abril. 2020.

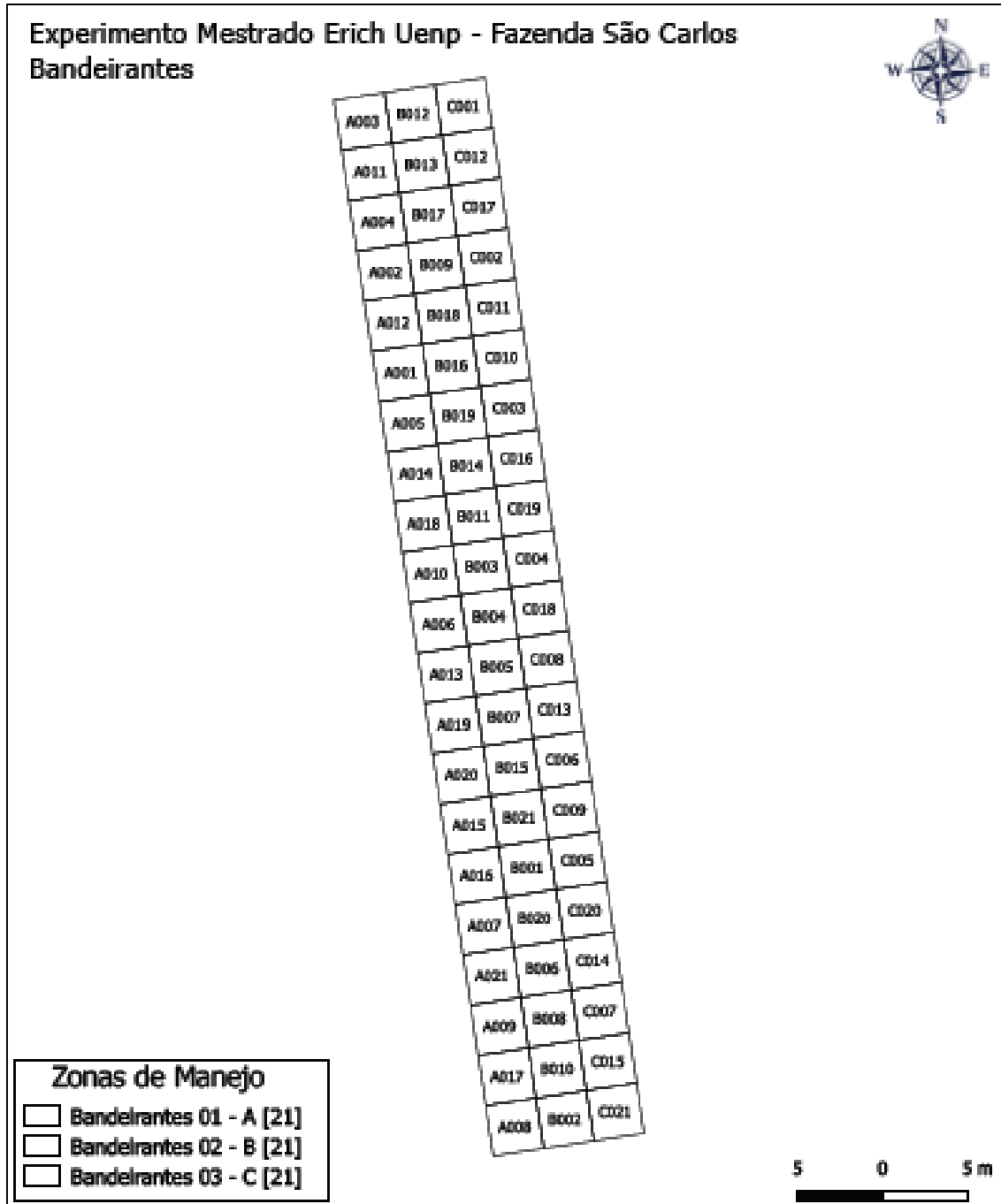
WAMBER, Broni de Souza; SANTANA. Genilson Pereira. **Substâncias húmicas:** Importância, estruturas químicas e interação com mercúrio, Scientia Amazonia, v. 3, n.3, 80-88, 2014 Revista on-line <http://www.scientia.ufam.edu.br> Set-Dez ISSN:2238.1910 2014. Acesso dez 2019.

WICKHAM, H. ggplot2: **Elegant Graphics for Data Analysis.** Springer - Verlag New York, 2016.

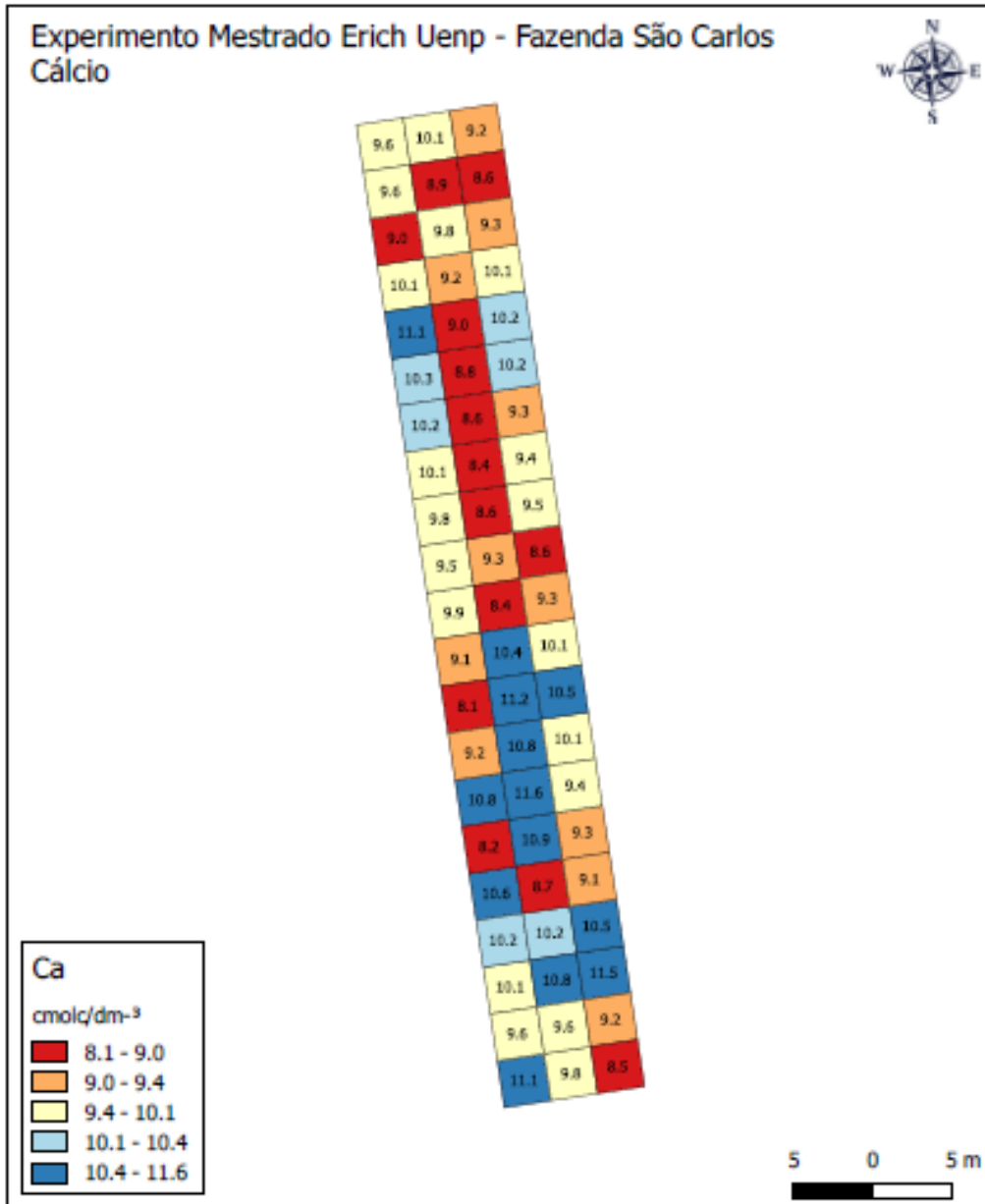
## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Croqui de localização do experimento

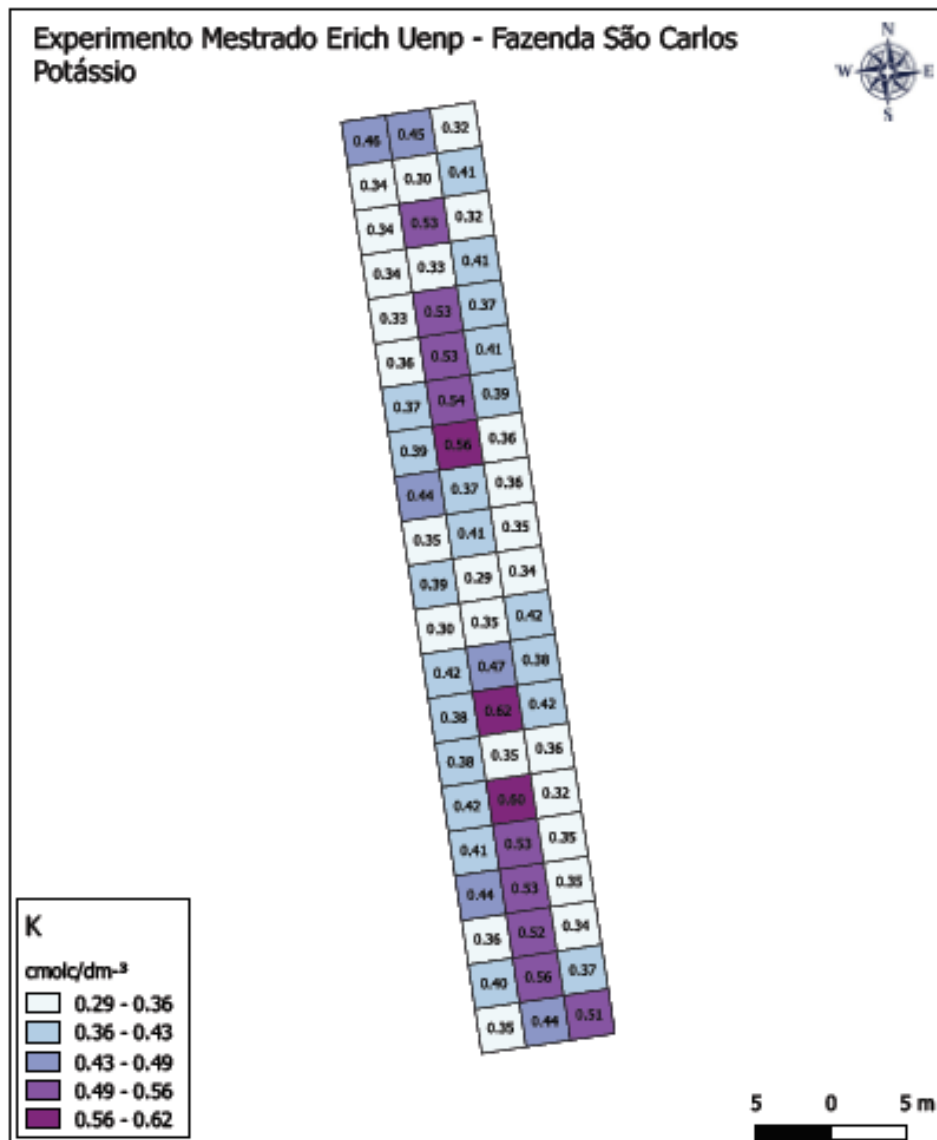
## Zonas de Manejo



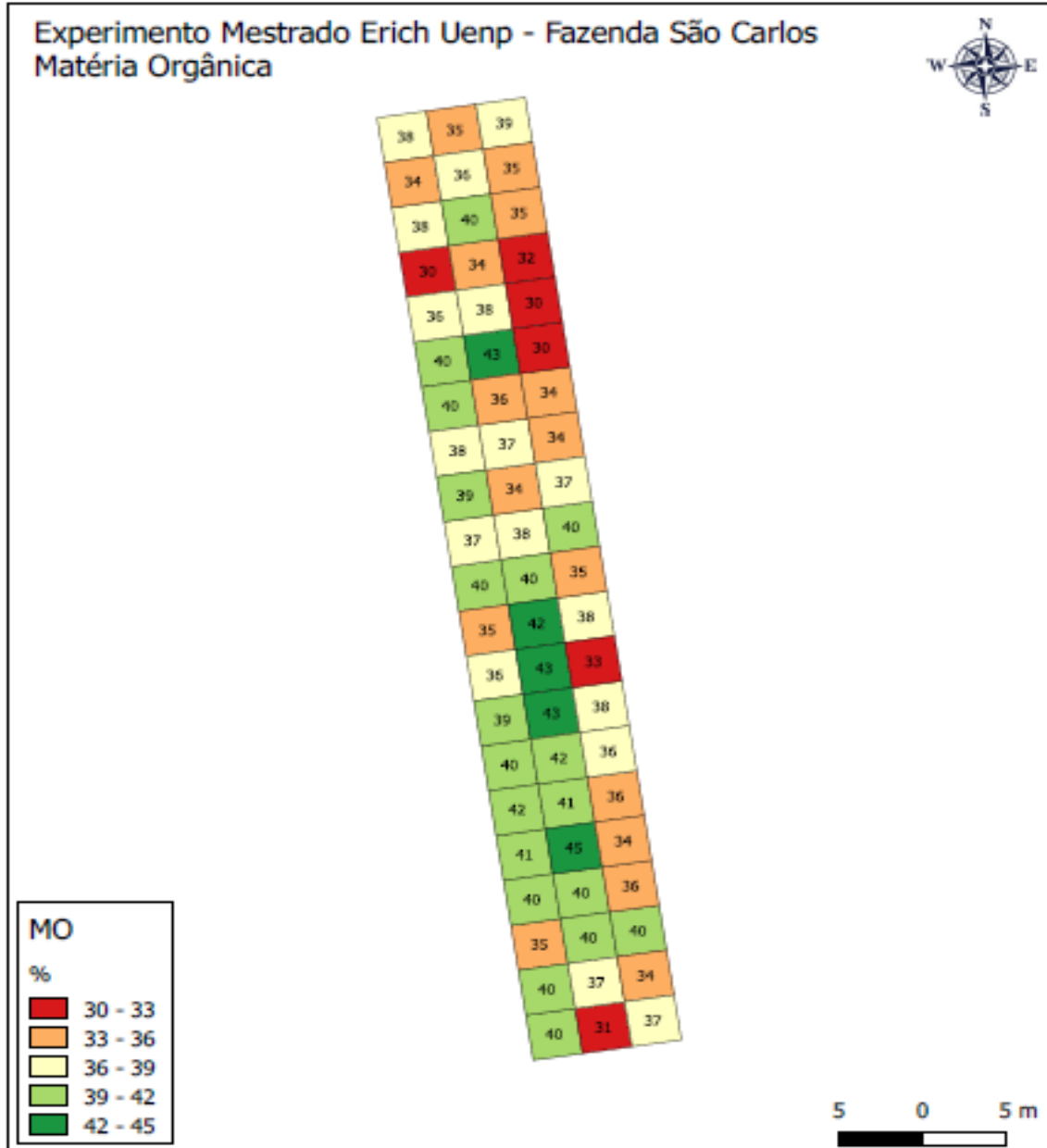
APÊNDICE B – Análise de Solo: cálcio



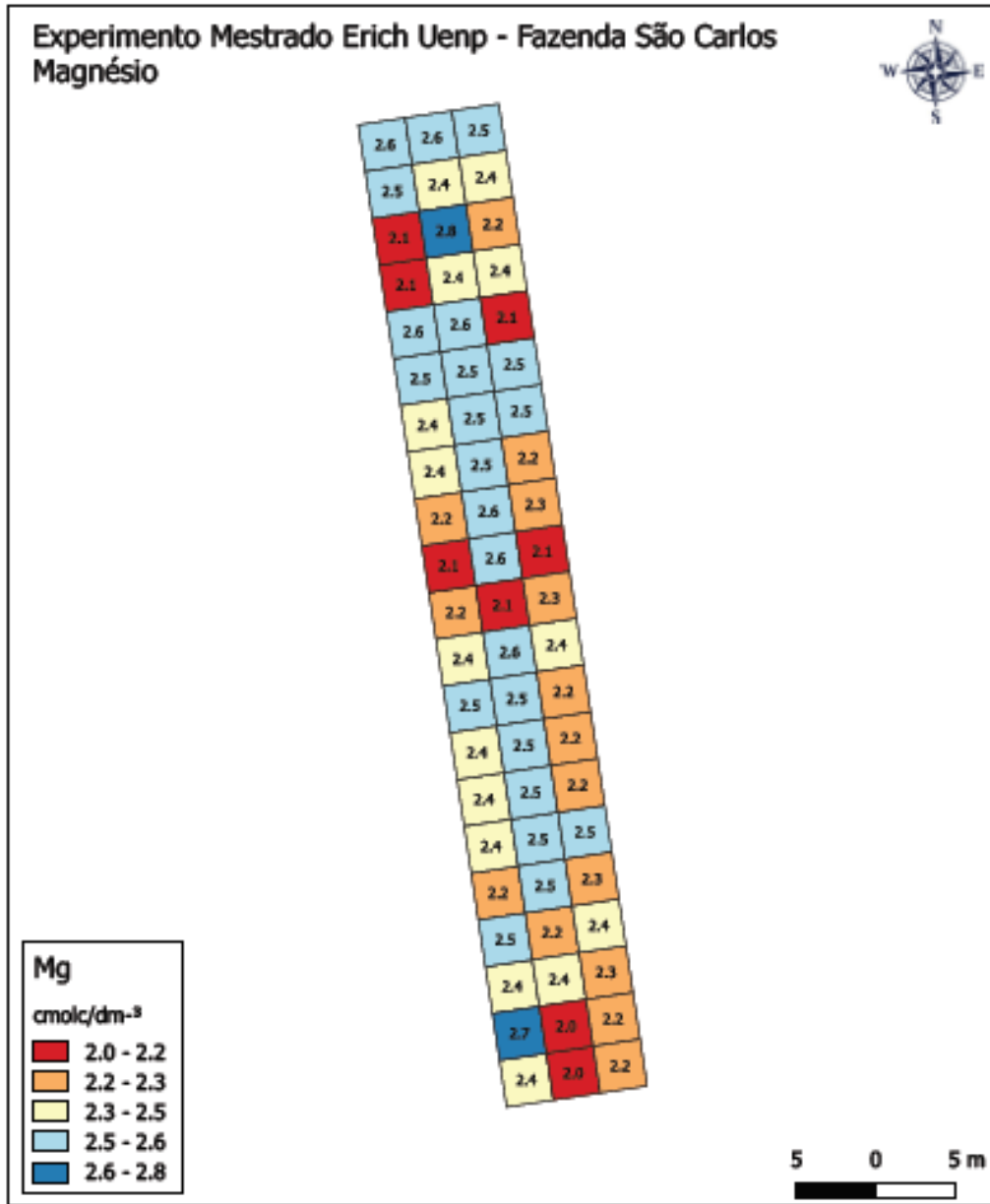
## APÊNDICE C – Análise de Solo: Potássio



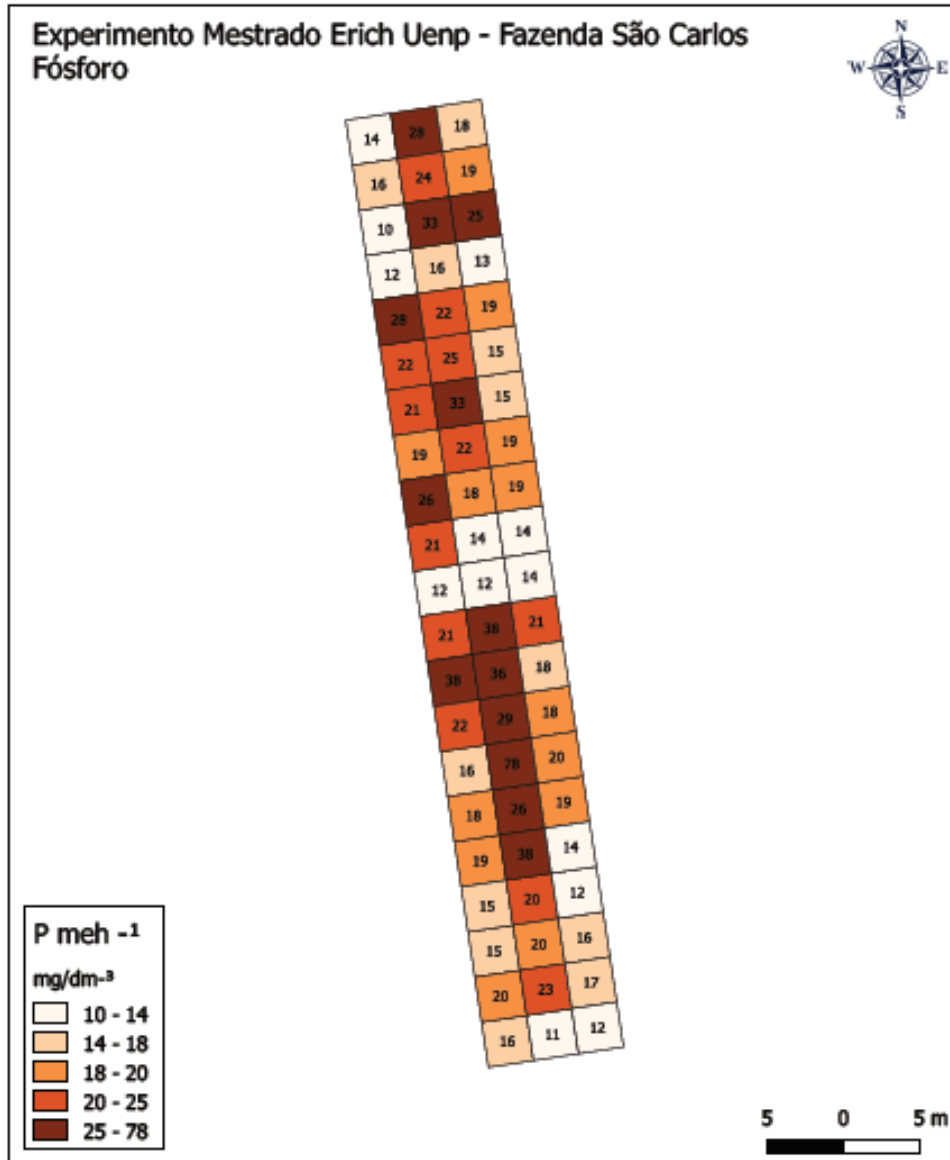
APÊNDICE D – Análise de Solo: Matéria Orgânica



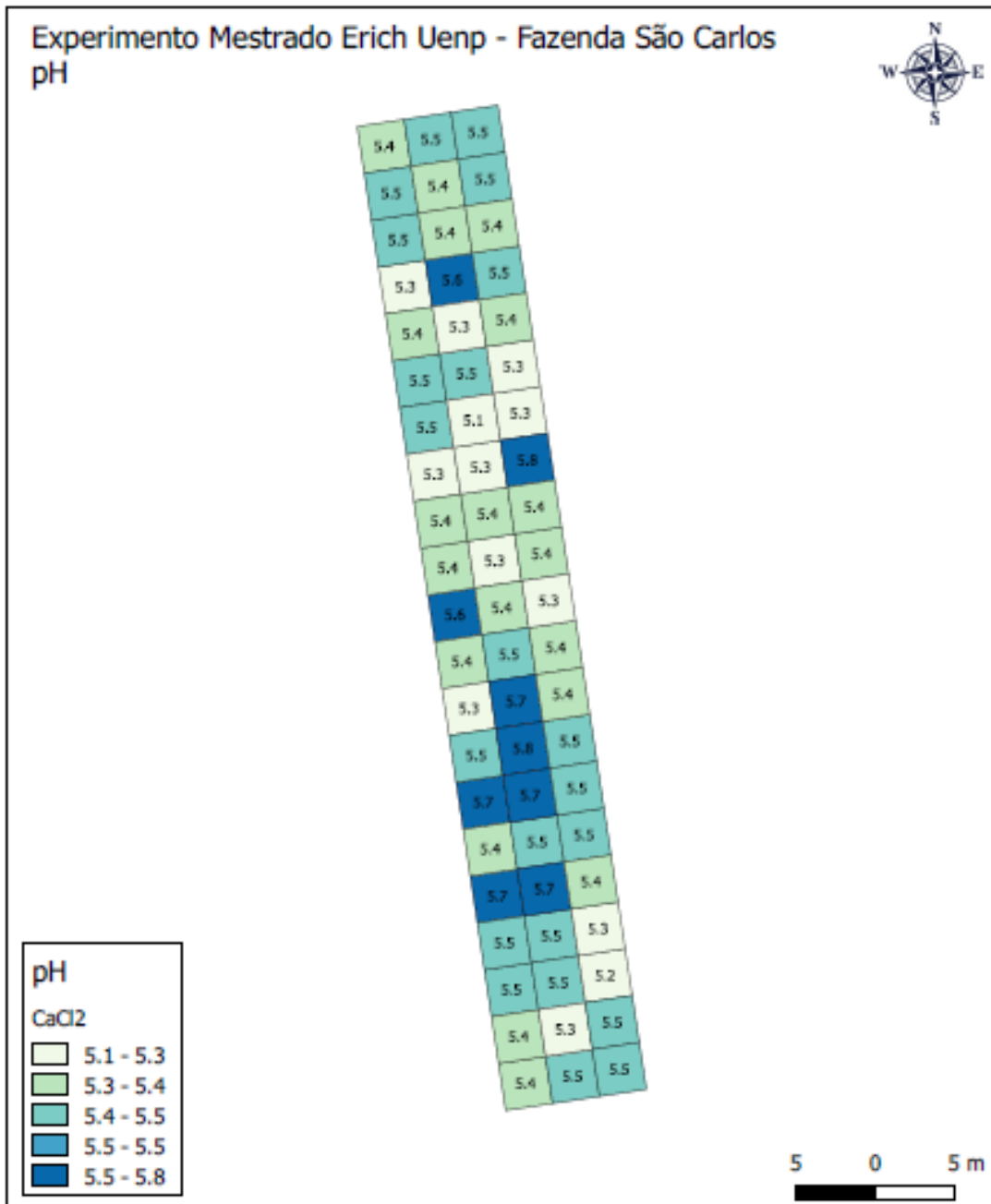
APÊNDICE E – Análise de Solo: Magnésio



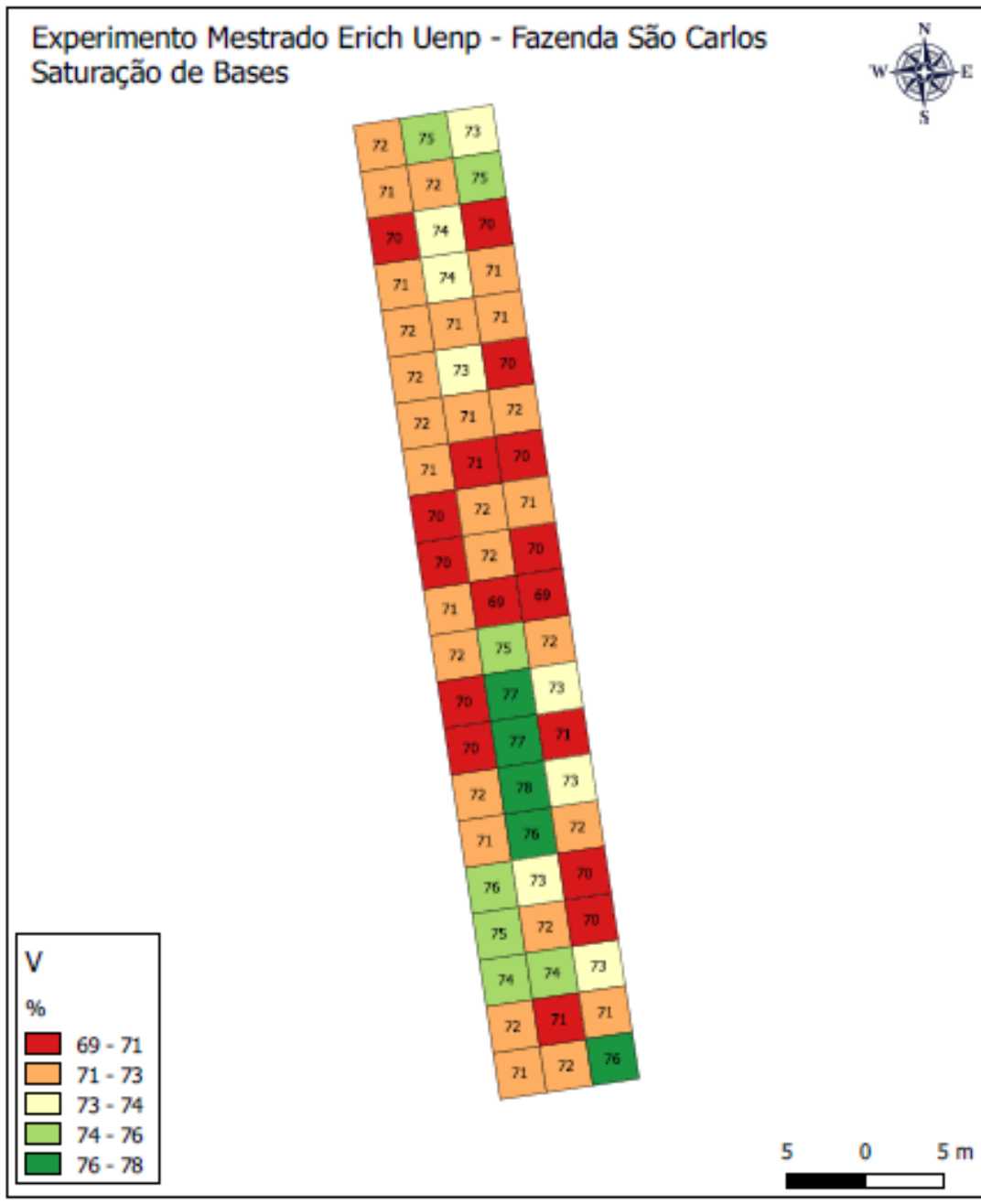
APÊNDICE F – Análise de Solo: Fósforo



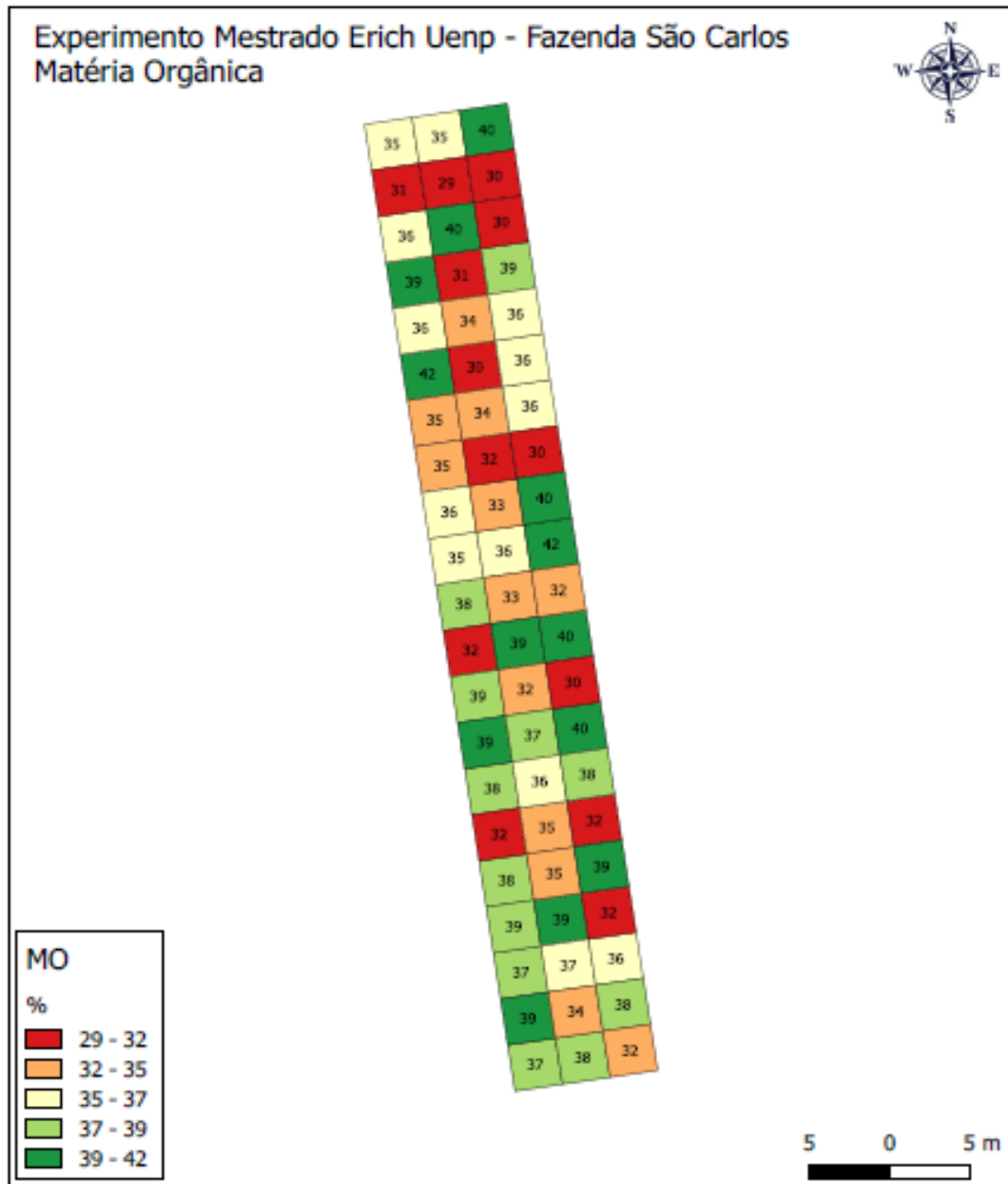
APÊNDICE G – Análise de Solo: pH



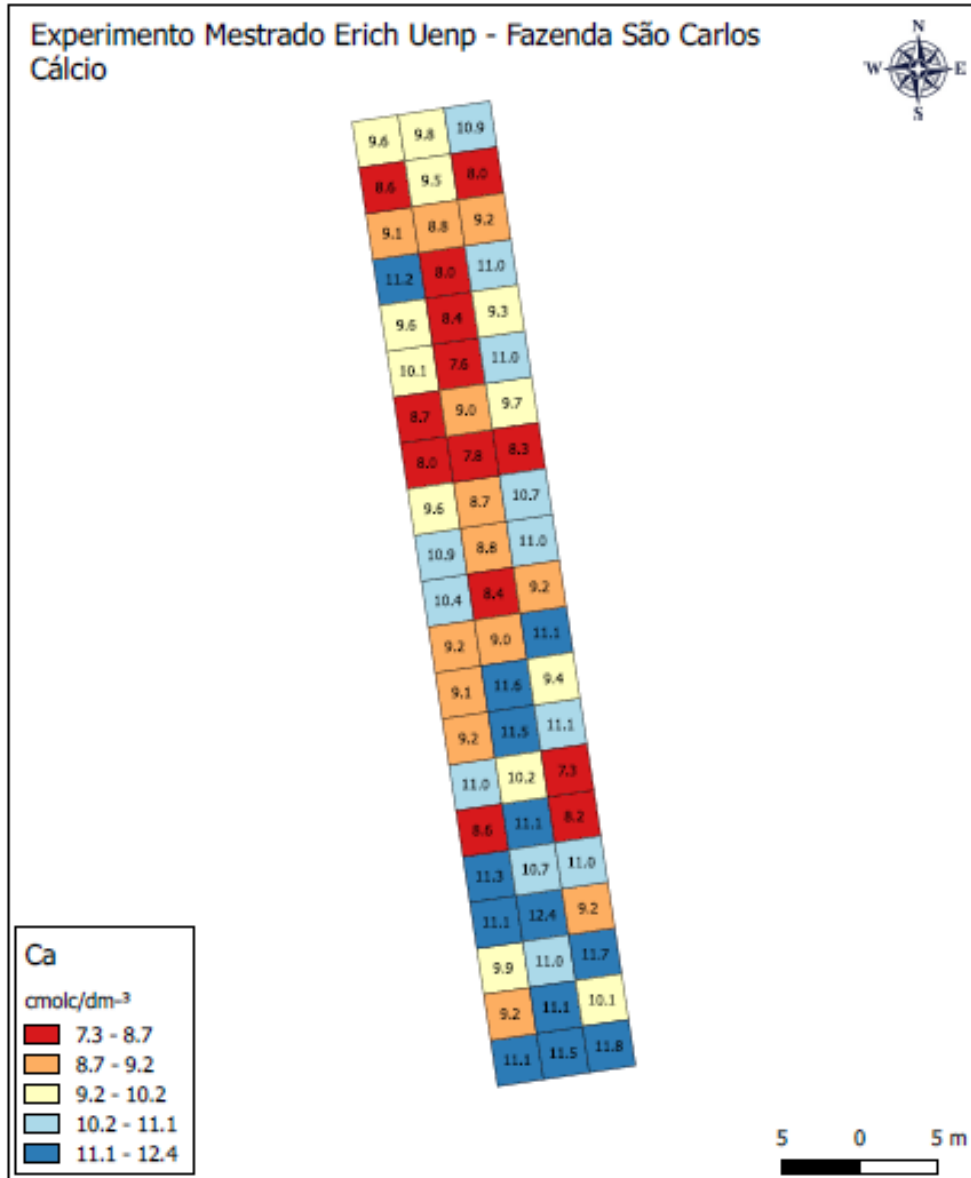
APÊNDICE H – Análise de Solo: Saturação de Bases



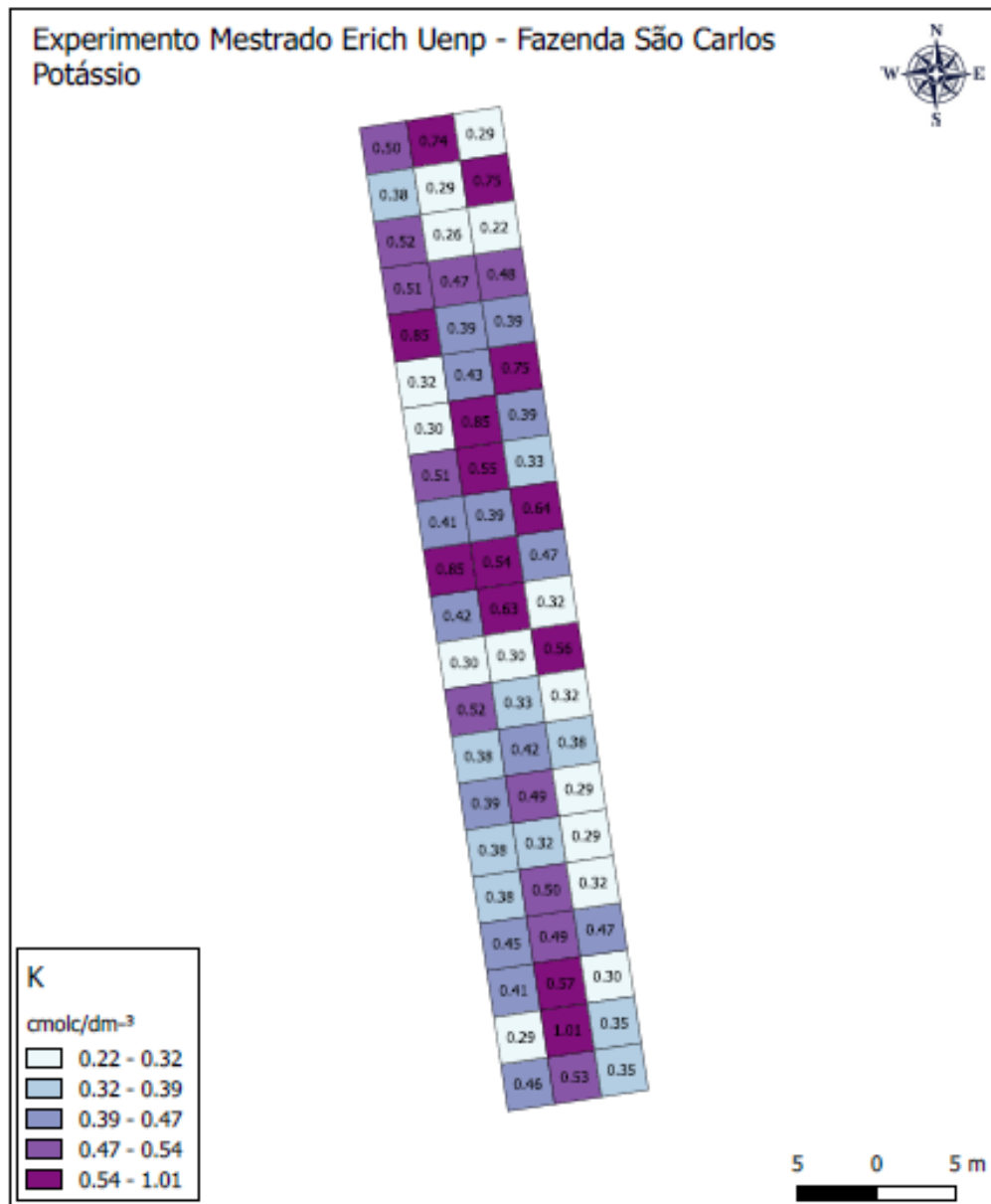
APÊNDICE I – Análise de Solo após 2 aplicações: Matéria Orgânica



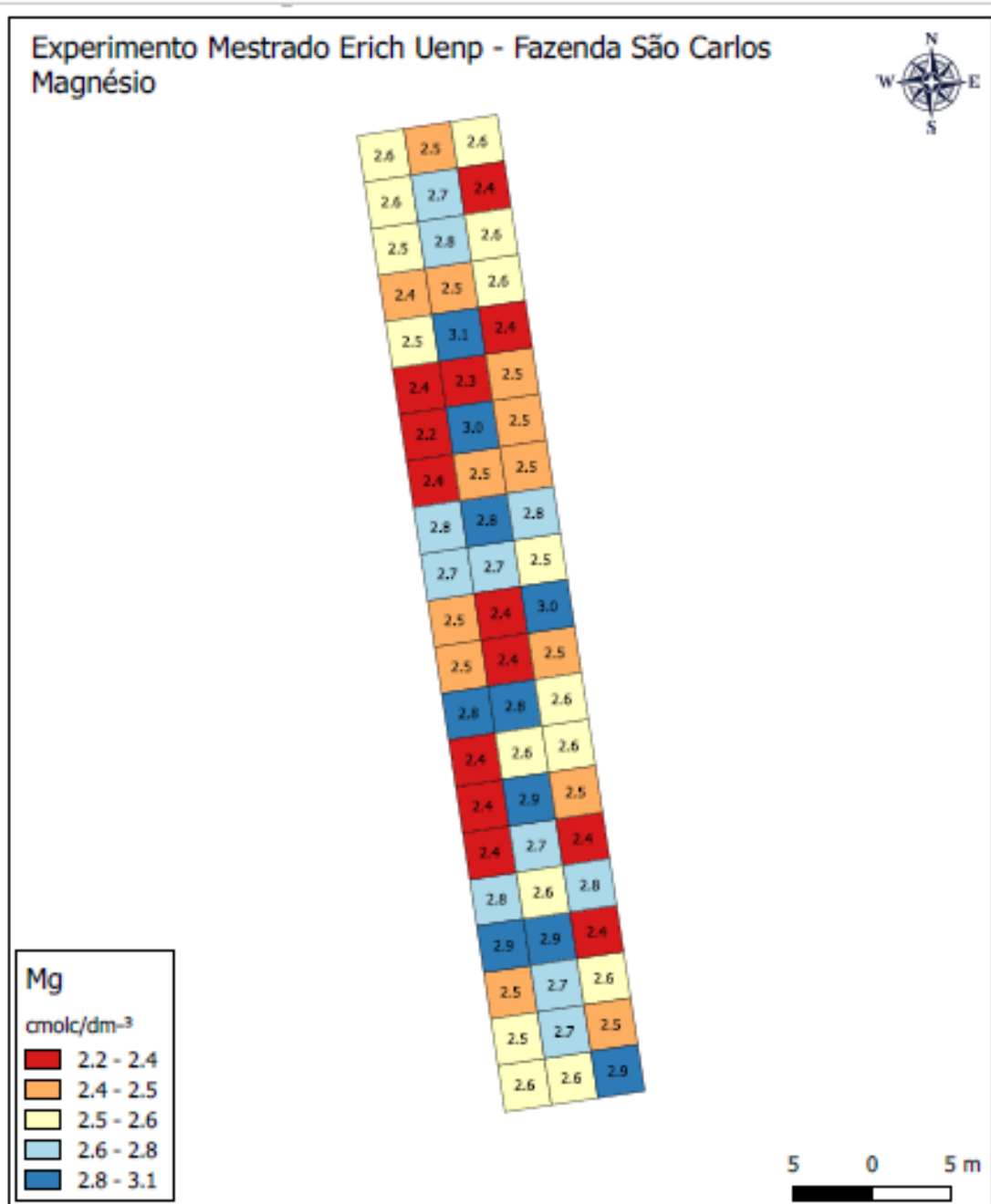
APÊNDICE J – Análise de Solo após 2 aplicações: Cálcio



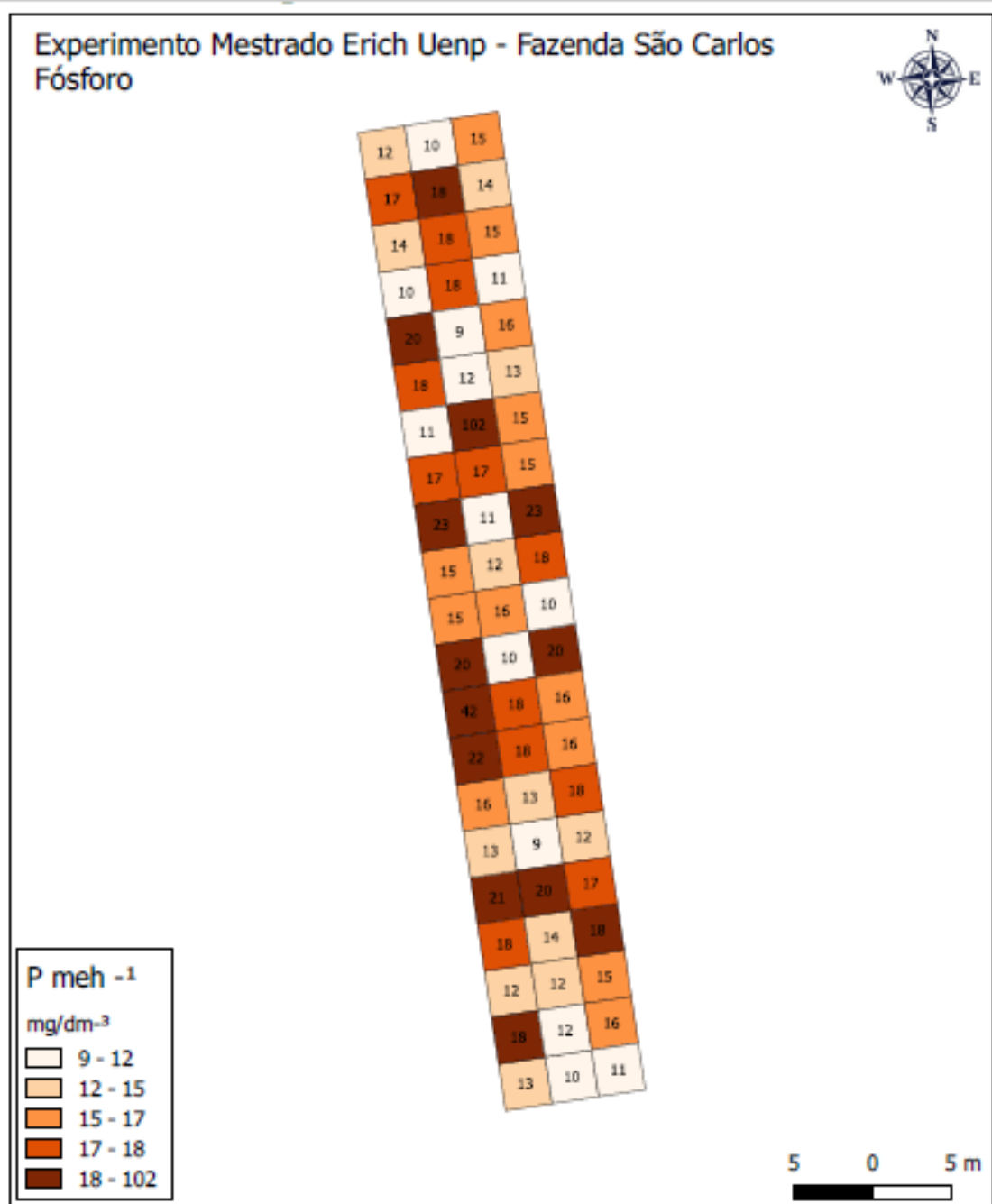
## APÊNDICE K – Análise de Solo após 2 aplicações: Potássio



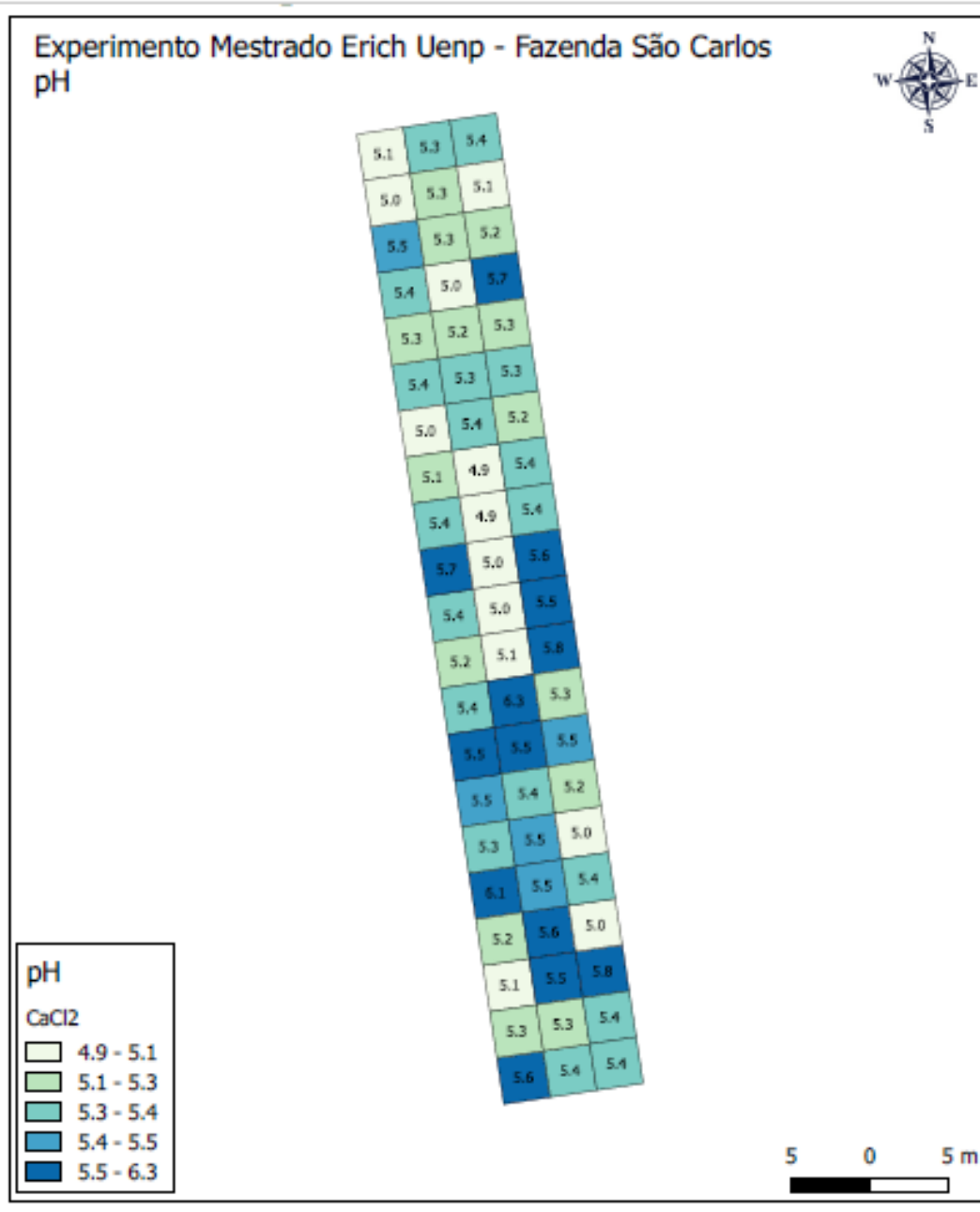
APÊNDICE L – Análise de Solo após 2 aplicações: Magnésio



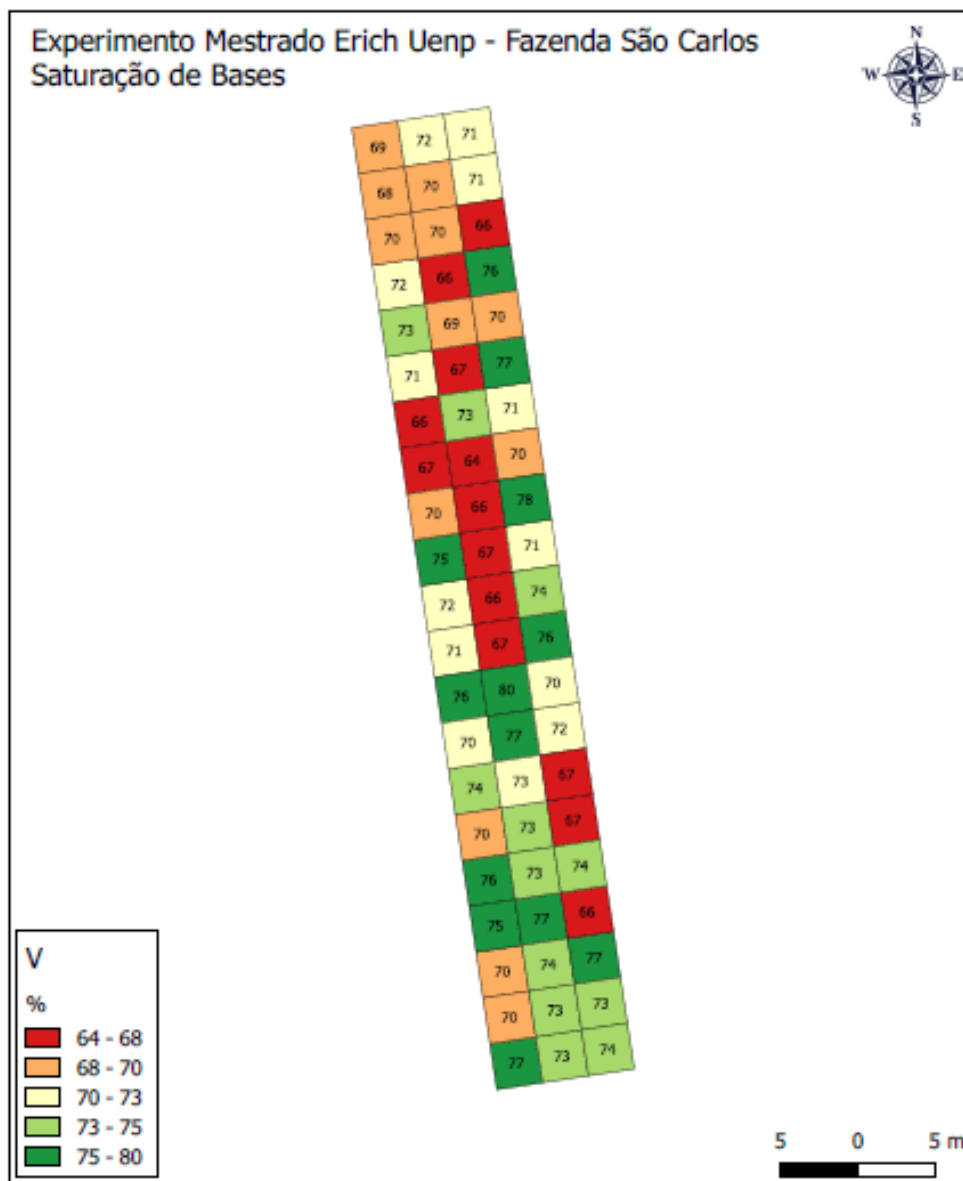
APÊNDICE M – Análise de Solo após 2 aplicações: Fósforo



## APÊNDICE N – Análise de Solo após 2 aplicações: pH

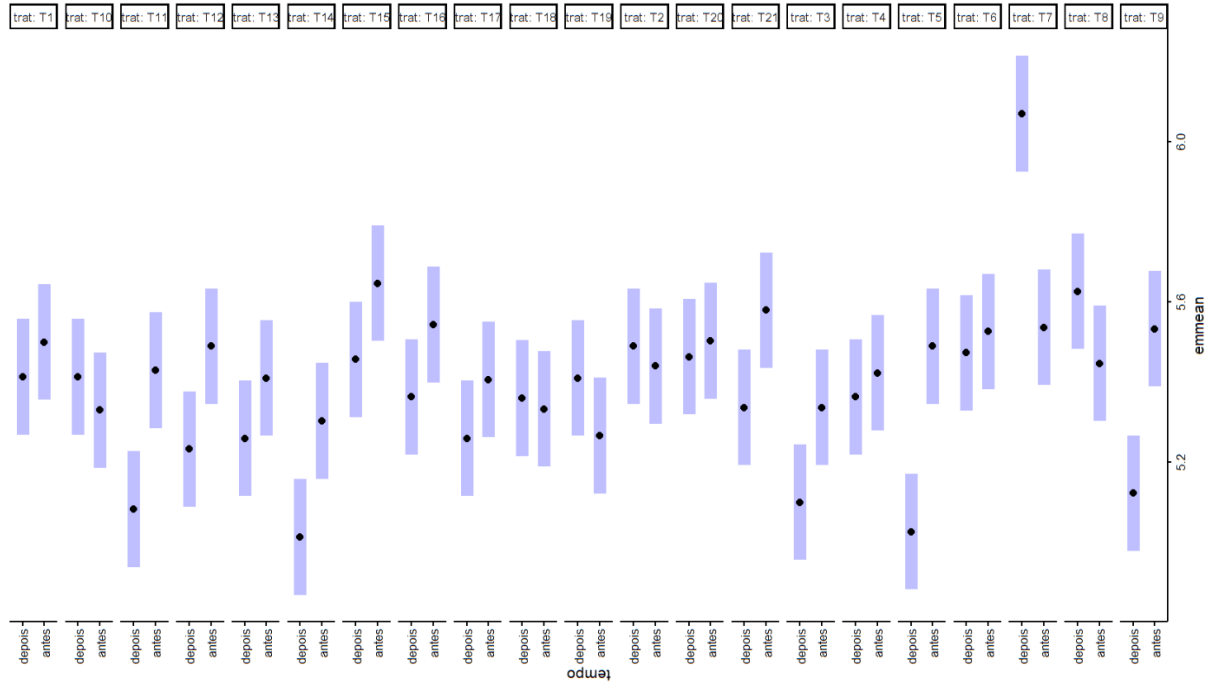


APÊNDICE O – Análise de Solo após 2 aplicações: Situação de bases

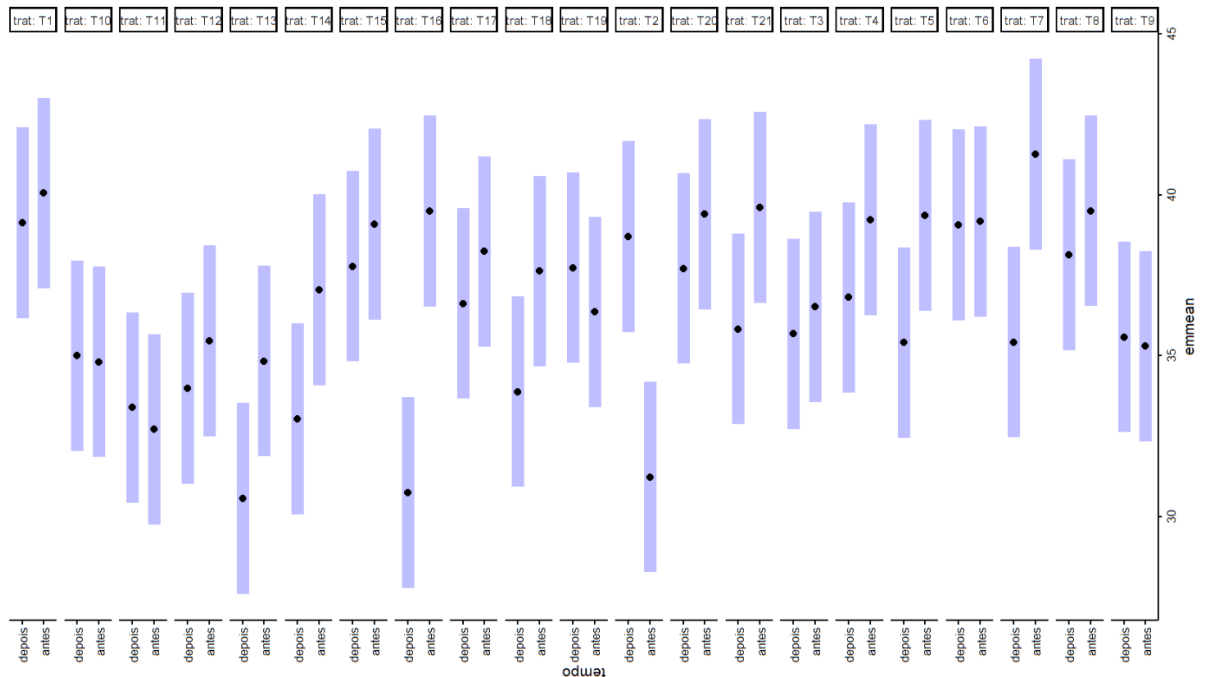


APÊNDICE P – Resultados estatísticos, antes e depois das aplicações dos Fertilizantes líquidos e sólidos em cobertura.

a) pH do Solo antes e depois da aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos

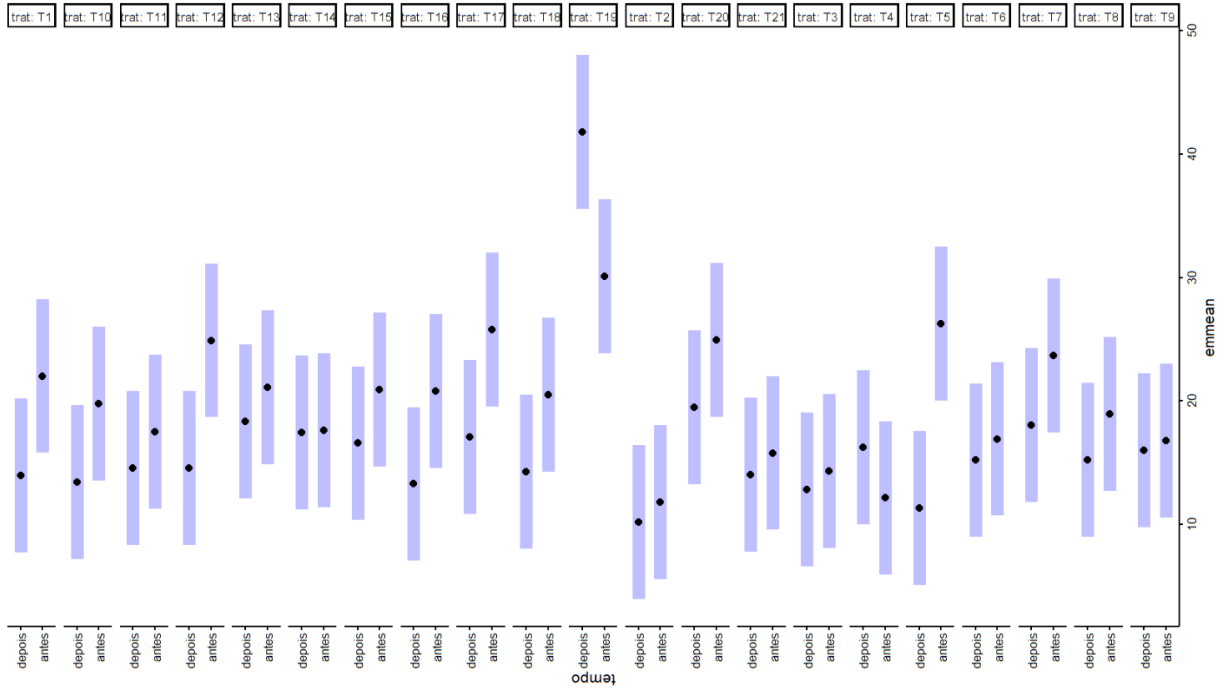


b) Matéria orgânica (mo) do solo antes e depois da aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos.

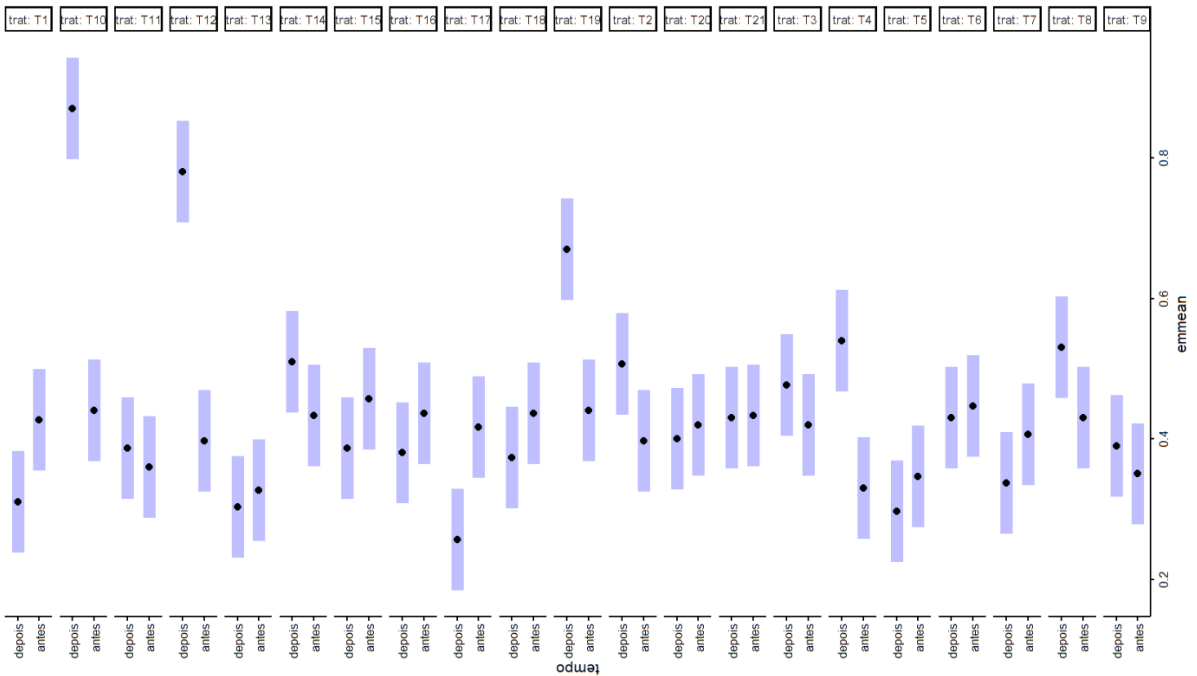


c) Teor de fósforo disponível (Mehlich) no solo antes e depois da aplicação dos

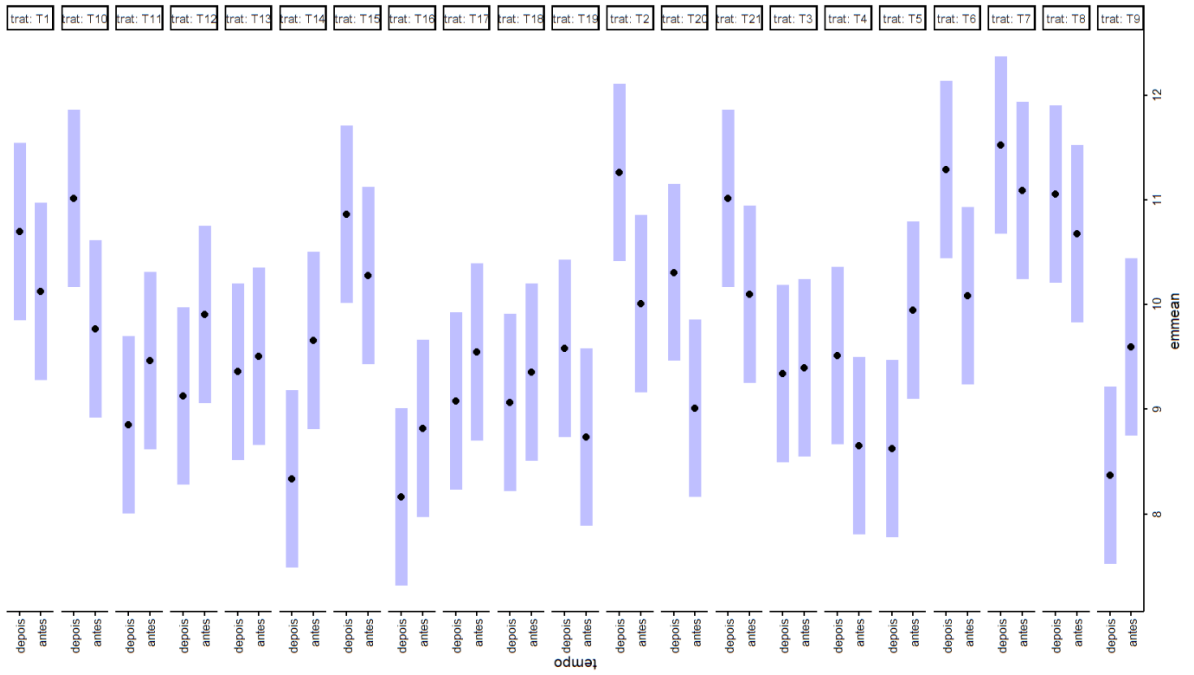
fertilizantes líquidos e sólidos.



d) Teor de potássio no solo antes e depois da aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos.



e) Cálcio no solo antes e depois da aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos.



f) Magnésio (Mg) no Solo antes e depois da aplicação dos fertilizantes líquidos e sólidos.

