



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

ANDRESSA PINTO DOS SANTOS

**DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DOS SOLOS SOB CULTIVO DE ALFAFA NA
LOCALIDADE DE RINCÃO DE SÃO PEDRO, NO MUNICÍPIO DE SÃO LUIZ
GONZAGA-RS**

CERRO LARGO – RS

2015

ANDRESSA PINTO DOS SANTOS

**DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DOS SOLOS SOB CULTIVO DE ALFAFA NA
LOCALIDADE DE RINCÃO DE SÃO PEDRO, NO MUNICÍPIO DE SÃO LUIZ
GONZAGA-RS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
bacharel em Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO – RS

2015

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Santos, Andressa Pinto dos
DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DOS SOLOS SOB CULTIVO DE
ALFAFA NA LOCALIDADE DE RINCÃO DE SÃO PEDRO, NO
MUNICÍPIO DE SÃO LUIZ GONZAGA-RS / Andressa Pinto dos
Santos. -- 2015.
50 f.:il.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
agronomia , Cerro Largo, RS, 2015.

1. Fertilidade do solo. 2. Deficiência nutricional.
I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Homero Prestes dos Santos e Margarida Pinto dos Santos, pelo incentivo e força.

A minha irmã e colega Venesa, a qual me acompanhou ao longo dos cinco anos de estudos.

Aos professores Douglas Rodrigo kaiser, Renan Costa Beber Vieira e Gilmar R. Meinerz, pela participação na banca examinadora deste trabalho.

Agradeço ao aluno Anderson Stolben por sempre ser solícito, inclusive na etapa de destorroamento de solo meu TCC.

Agradeço a Gustavo Brunetto do Laboratório de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, por ter se disposto realizar as análises de solo sem custo algum.

Ao professor Douglas Rodrigo Kaiser por ter aceitado orientar-me e pela dedicação.

Agradeço aos agricultores que permitiram a realização da coleta de solo dispondo de suas áreas e tempo

Agradeço a também ao professor Benedito da Silva Neto, do qual fui bolsista grande parte da graduação, e a todos meus colegas e professores ao longo do curso.

ANDRESSA PINTO DOS SANTOS

**DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DOS SOLOS SOB CULTIVO DE ALFAFA NA
LOCALIDADE DE RINCÃO DE SÃO PEDRO, NO MUNICÍPIO DE SÃO LUIZ
GONZAGA-RS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
26 / 11 / 2015

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS

Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira - UFFS



Prof. Dr. Gilmar Roberto Meinerz – UFFS

RESUMO

ANDRESSA PINTO DOS SANTOS. **Diagnóstico da fertilidade dos solos sob cultivo de alfafa na localidade de Rincão de São Pedro, no município de São Luiz Gonzaga-RS.**

Conhecida pelo seu alto valor nutritivo, a alfafa representa uma das forrageiras mais cultivadas no mundo, em função da sua potencialidade como alimentação animal. No Brasil, a área produzida é bastante diminuta, principalmente em função de características edáficas, tendo maior expressão e representatividade na região sul, em especial na Região das Missões, no Estado do Rio Grande do Sul. Contudo, nesse local são evidenciados produtividade aquém do esperado para a cultura. O trabalho tem objetivo realizar um diagnóstico da fertilidade do solo em áreas conduzidas sob cultivo de alfafa na localidade de Rincão de São Pedro, através da avaliação dos parâmetros de acidez e dos teores de nutrientes da cultura em três diferentes profundidades de solos. As amostras foram coletadas em lavouras de alfafa já estabelecidas nas camadas 0-10, 10-20 e 20-30 cm e encaminhadas ao Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, onde foram analisados o teor de argila, pH em água, índice SMP, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, Al trocável, matéria orgânica, saturação por bases, saturação por alumínio. Os resultados obtidos mostraram que a disponibilidade de nutrientes nos solos amostrados, na camada superficial (0-10 cm) apresenta condições satisfatórias para o crescimento e desenvolvimento das plantas, visto que, todas as amostras apresentam saturação por bases maior que 65%, aliado a ausência de Al trocável, teores alto a muito alto de K, teores altos de micronutrientes e enxofre. Por outro lado, as camadas inferiores apresentaram limitações superiores à camada superficial (0-10 cm) principalmente em relação ao teor de P no solo, onde mais da metade das amostras possuem teores baixos deste nutriente, consistindo no principal limitante químico. Em suma, os teores de micronutrientes, cálcio, magnésio, enxofre, apresentaram níveis adequados para a cultura em todas as profundidades avaliadas (0-10, 10-20 e 20-30 cm) apresentando índices altos destes nutrientes, em grande parte até elevados. Portanto, os níveis de fósforo foram considerados insuficientes, constituindo-se no principal limitante químico. Sendo a alfafa uma cultura altamente responsiva a aplicação deste nutriente, a hipótese levantada inicialmente que a baixa produtividade é oriunda de deficiência nutricional, possivelmente se deve a valores insuficientes de fósforo.

Palavras-Chave: *Medicago sativa* L. Produtividade. Atributos químicos.

ABSTRACT

ANDRESSA PINTO DOS SANTOS. **Diagnosis of soil fertility under cultivation of alfalfa in the Rincão de São Pedro, in the city of São Luiz Gonzaga-RS.**

Known for its high nutritional value, alfalfa is one of the most cultivated fodder in the world. In Brazil, the area produced is almost minimal, mainly due to the characteristics of the soil, having greater expression and representation in the southern region, especially in the region of the Missões in the State of Rio Grande do Sul. However, productivity in this location are shown below expectations for the crop. The work is aimed at making a diagnosis of soil fertility in areas conducted under alfalfa cultivation in Corner of the town of San Pedro, by assessing the acidity parameters and crop nutrient content in three different depths of soil. Samples were collected from alfalfa crops established in the layers 0-10, 10-20 and 20-30 cm and referred to the Soil Chemistry Laboratory of the Federal University of Santa Maria - UFSM, which analyzed the clay content, pH in water, SMP index, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, Al, organic matter, base saturation, aluminum saturation. The results showed that the availability of nutrients in the sampled soils at the surface layer (0-10 cm) presents favorable conditions for the growth and development of plants, since all samples exhibit base saturation greater than 65%, coupled with absence of Al touchable, high levels very high K, high levels of micronutrients and sulfur. On the other hand, the lower layers limitations presented above the surface layer (0-10 cm) mainly in relation to the P content in the soil, where over half of the samples have low levels of this nutrient, consisting of the main chemical limiting. In short, the micro-nutrient content, calcium, magnesium, sulfur, showed adequate levels for culture in all measured depths (0-10, 10-20 and 20-30 cm) with high levels of these nutrients in large part to high . Therefore, phosphorus levels were found to be deficient, being the main limiting chemical. Alfalfa being a highly responsive culture applying this nutrient, the initial hypothesis that low productivity is derived from nutritional deficiency, possibly due to insufficient phosphorus values.

Keywords: *Medicago sativa* L. Yield. Chemical Properties;

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Interpretação de valores de pH em água, saturação por bases e por alumínio	27
Tabela 2: Interpretação de teores de argila e de matéria orgânica e CTC a pH 7,0	27
Tabela 3: Interpretação dos teores de Ca e Mg trocáveis e de enxofre extraível do solo.....	27
Tabela 4: Interpretação dos teores de micronutrientes do solo	28
Tabela 5: Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1	28
Tabela 6: Interpretação do teor de potássio em função da CTC a pH7	29
Tabela 7: Valores de pH em água (1:1), alumínio trocável e saturação por base (V%).....	32
Tabela 8: Valores de saturação por alumínio	33
Tabela 9: Valores de matéria orgânica e CTC pH7.....	35
Tabela 10: Valores de cálcio, magnésio e enxofre	37
Tabela 11 : Valores de micronutrientes	38
Tabela 12: Valores de fósforo (P) e teor de argila e classe textural dos solos	40
Tabela 13: Valores de K e CTC pH7.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre o rendimento relativo de culturas e o teor de fósforo no solo extraído pela solução de Mehlich-1.....	28
Figura 2. Relação entre o rendimento relativo de culturas e o teor de potássio no solo extraído pela solução de Mehlich-1.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA:	11
1.2 HIPÓTESE:	11
1.3 OBJETIVO GERAL:.....	11
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	11
1.5 JUSTIFICATIVA:	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DE ALFAFA (<i>Medicago sativa</i> L.) E INSERÇÃO DA CULTURA PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.....	12
2.2 ESCOLHA DA ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ALFAFAL	13
2.3 AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO	13
2.4 ASPECTOS GERAIS DA FERTILIDADE DO SOLO PARA A CULTURA DA ALFAFA.....	14
2.5 PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A FERTILIDADE	15
2.5.1 Acidez e calagem.....	15
2.5.2 Nitrogênio	17
2.5.3 Potássio	18
2.5.4 Fósforo	19
2.5.5 Enxofre	21
2.5.6 Cálcio e magnésio	22
2.5.7 Micronutrientes e matéria orgânica	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	25
3.2 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS COLETADAS DE SOLOS:	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. PARÂMETROS DE ACIDEZ DO SOLO	30
4.2 MATÉRIA ORGÂNICA (MO), CTC pH7 E MICRONUTRIENTES	34
4.3 CÁLCIO (Ca), MAGNÉSIO (Mg) E ENXOFRE (S)	36
4.4 MICRONUTRIENTES	37
4.5 FÓSFORO E POTÁSSIO.....	39
5 CONCLUSÕES	444
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Considerada a primeira forragem domesticada, a alfafa (*Medicago sativa* L.) é uma cultura conhecida pelo seu alto valor nutricional (EMBRAPA, 2007), sendo assim uma das forrageiras mais cultivadas no mundo, em função da sua potencialidade como alimentação animal, tanto na forma de feno, quanto como pastagem. Contudo, especialmente para o caso do Brasil sua produção é baixa especialmente em função das características edáficas e também devido ao baixo nível de conhecimento dos fatores de produção e pela falta de cultivares adaptadas às principais pragas e doenças (EMBRAPA, 2007).

No País, a região sul destaca-se na produção de alfafa, onde cabe ressaltar o papel da Região das Missões, para o Estado do Rio Grande do Sul, apontada com maior área implantada do Estado, caracterizada por propriedade pequenas (inferiores a 4 ha), refletindo no uso intensivo de mão-de-obra, especialmente no momento do corte (MITTELMANN et al., 2008).

De forma geral, a alfafa produz em média 20.000 kg/ha de matéria seca por ano (EMBRAPA, 2007), chegando facilmente a 25-30 toneladas (FONTES et al., 1993; MITTELMAN et al., 2008). Contudo para a região das missões, mais especificamente para o município de São Luiz Gonzaga não passa de 10.000 kg/ha de feno por ano (MITTELMANN et al., 2008). Considerando que o feno de alfafa tem entre 15 a 20 % de umidade, numa média 18% (EMBRAPA, 2007), as 10 t de feno de alfafa descontando os 18 % de umidade correspondem a somente 8,2 t de matéria seca, valor este muito inferior a metade que se espera para a cultura. Nesse sentido, problemas com a fertilidade e acidez do solo são vistos como limitantes do cultivo de alfafa no país (RASSINI; FERREIRA; MOREIRA, 2006, REBELATO, 2014).

Assim sendo, estima-se que a produtividade do alfafal poderia aumentar cerca de 50 %, caso fossem corrigidos características dos solos atuantes como limitantes ao desenvolvimento, crescimento e produção, aliado ao fornecimento adequado de nutrientes plantas (MOREIRA; BERNADI; RASSINI, 2008). Por este motivo, segundo estes autores a correção da fertilidade do solo e o fornecimento de nutrientes minerais de forma equilibrada se constitui uma prática de grande impacto sobre a produtividade da alfafa, sendo uma forma de garantir produtividades maiores, melhorando a qualidade da forragem, aumentando a longevidade e reduzindo os custos.

1.1 PROBLEMA:

A problemática do estudo em questão gira em torno da produtividade verificada no município muito aquém do esperado para a cultura.

1.2 HIPÓTESE:

A hipótese para o trabalho é que o rendimento muito aquém do esperado para a cultura dentro do município de São Luiz Gonzaga, em específico para a localidade de Rincão de São Pedro seja resultado de um manejo nutricional deficitário.

1.3 OBJETIVO GERAL:

Diagnosticar a fertilidade do solo em áreas conduzidas sob cultivo de alfafa no distrito de Rincão de São Pedro, interior do município de São Luiz Gonzaga-RS, através da avaliação dos parâmetros de acidez e dos teores de nutrientes do solo em três diferentes profundidades (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm).

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Enquadrar os valores obtidos pelos laudos de solo em faixas de valores recomendados para a cultura, baseados no manual de adubação e calagem do RS e SC (2004).
- Avaliar se os valores obtidos relativos aos parâmetros de acidez, macro e micronutrientes enquadram-se nos valores adequados para a cultura.
- Avaliar qual (is) o (s) principal (ais) limitante (s) químicos que afetam a produtividade da cultura em questão.

1.5 JUSTIFICATIVA:

O trabalho justifica-se pela necessidade de determinar os nutrientes mais limitantes, além de estabelecer estratégias de manejo da fertilidade e da adubação de forma a manter os teores de nutrientes dentro de faixas adequadas para a cultura, garantindo melhor desenvolvimento da mesma e conseqüentemente proporcionando uma maior rentabilidade aos agricultores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DE ALFAFA (*Medicago sativa* L.) E INSERÇÃO DA CULTURA PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

A alfafa é reconhecida como a primeira forrageira domesticada no mundo (MITTELMANN et al., 2008) sendo que na literatura, Ásia Menor e sul do Cáucaso são apontadas como os centros de origem da cultura, de onde se espalhou para Europa a partir da Grécia e Itália e posteriormente para o resto do mundo (BARCELLOS, 1990; EMBRAPA, 2007).

Já para o Brasil, as evidências sugerem que a chegada da cultura ao país ocorreu em meados do século XIX, no Estado do Rio Grande do Sul, vinda provavelmente da Europa e/ou de países fronteiriços como a Argentina e Uruguai (SAIBRO, 1985 apud MITTELMANN et al., 2008) sendo introduzida primeiramente nos vales dos rios Caí, Taquari, Jacuí e Uruguai (SAIBRO, 1984 apud BIEZUS, 2013).

Por possuir ampla adaptabilidade em relação ao solo e clima, a alfafa se encontra disseminada em praticamente todo o mundo, sendo a mesma caracterizada por apresentar um ciclo perene (RASSINI et al., 2006; BARCELLOS, 1990; MOREIRA et al., 1999). Contudo, a mesma também pode ser descrita como semiperene por Vasconceles (1993).

Dentre sua importância, a cultura é conhecida como “rainha das forrageiras”, por ser muito tenra e possuir elevada palatabilidade e alto valor nutritivo, podendo alcançar entre 20% a 25% de proteína bruta na matéria seca (RASSINI et al., 2006). Deste modo, a alfafa induz ao aumento de consumo por parte dos animais, o que resulta em incremento na produção de carne ou de leite (MOREIRA et al., 1999). Por outro lado, a cultura também tem como ponto forte o desenvolvimento regional relacionado à sua capacidade de geração de trabalho no meio rural, sendo apontado por Mittelman et al. (2008) a criação de 1,5 empregos para cada hectare de alfafa em sistemas menos mecanizados.

Por estes motivos, é uma das forrageiras mais cultivadas no mundo, sendo os Estados Unidos o maior produtor mundial com mais de 10 milhões de há cultivados (EMBRAPA, 2007), seguido da Argentina a maior produtora do hemisfério sul e segunda em nível mundial com cerca de sete milhões de hectares cultivados (RASSINI et al., 2007).

No Brasil, o seu cultivo é pouco significativo, sendo a área cultivada de apenas 26.000 hectares (EMBRAPA, 2007), o que não condiz com a relevância desta cultura. Assim sendo, fatores como baixo conhecimento da cultura por parte dos agricultores em relação às exigências de fertilidade do solo e quanto à correta forma de manejo, práticas de irrigação,

e principalmente a limitada produção de sementes e a inexistência de cultivares adaptadas às principais pragas e doenças dificultam sua expansão no Brasil (EMBRAPA, 2007).

Dentro do país, as regiões sul e sudeste destacam-se na produção de alfafa (MITTELMANN et al., 2008). Segundo os mesmos autores, no Estado do Rio Grande do Sul a Região das Missões apresenta a maior área cultivada com alfafa, o que é algo em torno de três mil hectares distribuídos entre doze municípios, sendo Rolador, Dezesseis de Novembro e São Luiz Gonzaga os maiores detentores de área cultivada.

Neste sentido, os mesmos autores, colocam que são realizados na região em média de seis a oito cortes por ano, levando em média quatro anos para a renovação da cultura, sendo que quase toda a produção é transformada em feno e comercializada especialmente para a Fronteira Oeste e Região Metropolitana de Porto Alegre, além dos Estados de Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul.

2. 2 ESCOLHA DA ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ALFALAL

Uma vez que a alfafa exporta grande quantidade de nutrientes, seu cultivo requer condições especiais de solo assim a área a ser escolhida para instalação de um alfafal deve possuir um solo de textura média (franco-argiloso), preferencialmente profundo e bem drenado, priorizando locais planos ou de pouca declividade (BARCELLOS, 1990).

Além disso, as áreas recém-desbravadas, com algum tipo de impedância física ou ainda com lençol freáticos muito pertos à superfície devem ser evitadas (MOREIRA et al., 2007). No caso de lençóis freáticos, estes conforme a Embrapa (2007) devem estar situados a mais de dois metros de profundidade, já que a cultura possui um sistema radicular bastante vasto.

Os solos para a implantação do alfafal devem ser férteis e de pH neutro (MITTELMANN et al. 2008), pois além de favorecerem o desenvolvimento da cultura, permitem melhores condições para o bom desenvolvimento das bactérias *Sinorhizobium meliloti* responsáveis pela fixar nitrogênio (Moreira; Bernadi; Rassini, 2008). Deste modo, quaisquer áreas que não atendam os requisitos citados anteriormente, irão resultar no aumento do custo de produção (EMBRAPA, 2007).

2.3 AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

Embora possa haver indicativos de deficiência de nutrientes para a planta de alfafa, como é deixado claro no trabalho de Moreira et al. (2007), a necessidade de adubação inicial e

de correção de acidez do solo sempre deve partir de uma análise de solo e de tecidos vegetais (MITTELMANN et al., 2008). Desta maneira, a amostragem é considerada não só a primeira, mas sim a etapa primordial dentro de um programa de avaliação da fertilidade do solo (FALKOSKI FILHO, 2010), uma vez que erros nesta fase não poderão ser corrigidos, podendo causar distorções nos resultados superiores a 50% (CQFS, 2004).

Após obter uma amostra representativa da área, é realizada a análise em laboratório, interpretação dos resultados analíticos e recomendação de corretivos e de fertilizantes (GUBIANI, 2009). Assim sendo, a interpretação dos resultados gerados pela análise servirão desta forma como indicadores de acidez, além de informações sobre teores de argila e de matéria orgânica, CTC (Capacidade de Troca de Cátions), teores de fósforo (P), de potássio (K), de cálcio (Ca), de magnésio (Mg), de enxofre (S) e de micronutrientes no solo e teores de macro (CQFS, 2004).

2.4 ASPECTOS GERAIS DA FERTILIDADE DO SOLO PARA A CULTURA DA ALFAFA

De modo geral, a maior parte dos solos brasileiros possui baixa fertilidade natural, sendo ácidos, com baixa CTC e elevado grau de saturação de alumínio trocável (BERNARDI; MACHADO; SILVA, 2002). Desta forma, os mesmos autores expõem que tais fatores acabam por contribuir na elevação do poder de fixação de fósforo, tornando o solo deficitário principalmente em N, P, K, Ca, Mg e S, tendo por consequência baixos índices produtivos.

Assim, estima-se que a produtividade do alfafal poderia aumentar cerca de 50 %, caso fossem corrigidos características dos solos atuantes como limitantes ao desenvolvimento, crescimento e produção de plantas (MOREIRA; BERNADI; RASSINI, 2008). Nesse sentido, não só a garantia da produtividade e qualidade elevada da forragem, bem como aumento da longevidade do alfafal, de forma a reduzir custos e minimizar impactos ambientais passa pela correção da fertilidade do solo e o fornecimento adequado dos nutrientes minerais exigidos por parte da planta (BERNARDI; MACHADO; SILVA, 2002).

É importante ainda ressaltar que no caso da alfafa, uma cultura exigente em fertilidade, que absorve grande quantidade de nutrientes do solo (MITTELMANN et al., 2008), em vias gerais é apontado como sendo variável a exigência nutricional tanto por macro quanto por micronutrientes em função do ciclo de desenvolvimento da planta, enquanto que a absorção dos mesmos tende a acompanhar a taxa de acumulação de matéria seca durante o estágio vegetativo até o final da floração (MOREIRA, BERNARDI; RASSINI, 2008).

Na prática, Mittelman et al. (2008) informam que um alfafal com capacidade de mais de 20 t/ha de matéria seca ao ano, extrai em média por hectare em um ano 600 kg ou mais de nitrogênio, 60 kg de fósforo, 450 kg de potássio, 250 kg de cálcio, 40 kg de magnésio e 50 kg de enxofre, quantidades essas que devem ser repostas pela adubação.

Além disso, para a cultura da alfafa o pH representa o principal fator a ser corrigido em um manejo de fertilidade do solo, afetando direta ou indiretamente a cultura, devendo para o caso da alfafa encontrar-se na faixa de 6,5, uma vez que é nesta faixa que se encontra a maior disponibilidade da maioria dos nutrientes requeridos pelas plantas, sendo também constatados os menores teores de alumínio trocável nesta faixa de pH (CARVALHO; SILVA SOUSA; SOUSA, 2005).

2. 5 PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A FERTILIDADE

2.5. 1 Acidez e calagem

A alfafa é uma cultura muito exigente em fertilidade e sensível a acidez do solo (RASSINI et al., 2006; MITTELMANN et al., 2008; MOREIRA; BERNADI; RASSINI, 2008), sendo caracterizada por possuir um sistema radicular vigoroso (pivotante), com a capacidade de atingir grandes profundidades. Devendo assim, levar em consideração tanto para aplicação de calcário quanto de fertilizantes, profundidades que vão de 0 a 40 cm (MITTELMANN et al., 2008; MOREIRA et al., 2007). Assim, para obtenção do máximo potencial de produção estimado, deve-se alcançar na camada arável, os valores de pH de 6,5 tomando com base o índice SMP, sendo que após a aplicação do corretivo, o pH do solo atinge um valor máximo em aproximadamente 3 a 12 meses, tendendo a diminuir após 4 a 6 anos, devido ao processo de reacidificação natural do solo (CFQS, 2004).

A calagem superficial representa uma alternativa viável para corrigir a acidez em subsuperfície, pois tal ação contribui para elevar a saturação de bases ou diminuir a atividade de alumínio na subsuperfície, com isso pode amenizar possíveis barreiras impeditivas ao crescimento radicular, desde que mantidas características físicas adequadas e se mantenham teores suficientes de nutrientes (MARTINAZZO, 2006).

Desta forma, a prática da calagem tem por objetivo a neutralização da acidez do solo, de forma a reduzir os conteúdos de hidrogênio (H^+) e Alumínio (Al^{3+}) e aumentar as concentrações de cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}) (MOREIRA; BERNADI; RASSINI, 2008), o que tende melhorar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, gerando acréscimos de produtividade agrícola (CARVALHO; SILVA SOUSA; SOUSA, 2005), além

de promover o aumento de vários índices como: pH do solo, soma de bases, CTC e percentagem de saturação de bases, teores de molibdênio (Mo) e cloro (Cl), disponibilidade de fósforo, eficiência dos materiais fertilizantes disponibilidade de nitrogênio (N), enxofre (S) e boro (B) (CARVALHO; SILVA SOUSA; SOUSA, 2005). Além disso, a calagem também contribui para a sobrevivência de bactérias como *Sinorhizobium meliloti*, a qual promove a fixação de nitrogênio e conseqüentemente a formação dos nódulos, uma vez que a mesma é extremamente sensível a acidez do solo (MITTELMANN et al, 2008).

Através de estudos realizados em condições de LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, Tanamati et al. (2013) comprovam que o uso de calcário permite tanto reduzir o teor de Al^{3+} , quanto elevar saturação de bases e o teor de Ca^{++} . Entretanto estes valores, não chegam a confirmar-se num aumento de PB (proteína bruta) para a cultura da alfafa. Além disso, Moreira; Bernadi; Rassini (2008) afirmam que a necessidade de calcário serve tanto por aumentar a CTC quanto por aumentar o seu poder tampão.

A maior disponibilidade de micronutrientes como Fe, Cu, Zn e Mn ocorre em solos onde o pH é menor que 5,0, devido ao fato destes elementos encontrarem-se na forma iônica, desta forma o aumento de pH leva a insolubilização desses íons para a forma de óxidos e hidróxidos, tendo como conseqüência a redução da disponibilidades destes nutrientes no solo (CARVALHO; SILVA SOUZA; SOUZA, 2005).

No entanto, a prática de calagem pode por vezes resultar em decorrência do aumento do pH, na redução de Fe, Mn, Cu, Zn, Ni (MOTTA; LIMA, 2006; MOREIRA; BERNADI; RASSINI, 2008), B (MOTTA; LIMA, 2006), devido o fato dos mesmos passarem a ser mais adsorvidos ou formarem compostos menos solúveis no solo, onde se ressalta o Mn como sendo o mais afetado pela elevação do pH, como conseqüência deste fato, não haverá aumento significativo de produtividade (MOTTA; LIMA, 2006).

Por outro lado, em pH muito ácido ou alcalino, verifica-se que há redução da disponibilidade de N, S, B, em conseqüência da diminuição do processo de humificação da matéria orgânica, a qual é a fonte natural destes elementos para a planta. Contudo, a aplicação de corretivo pode ter seu efeito comprometido caso os níveis de Zn e B sejam deficientes (MOTTA; LIMA, 2006).

Apesar da série de benefícios trazidos pela correção da acidez do solo, Carvalho; Silva Sousa e Sousa (2005) fazem ressalvas quanto à prática de subcalagem (aplicação de dosagens de calcário inferior às necessidades do solo) ou supercalagem (dosagens além da necessidade do solo), as quais acabam por ser tão ou mais prejudiciais do que não realizar esta prática.

Cabe ressaltar que antes da implantação da cultura, a análise de solo é de fundamental importância, não só para interpretação de como andam a acidez e teores macronutrientes do solo, mas para indicar os níveis de micronutrientes como boro, cobalto e molibdênio, além do ferro, zinco, cobre e manganês, que embora menos representativos, podem com aumento do pH do solo virem a se tornar gradativamente indisponibilizados (MITTELMANN et al., 2008). É importante ficar atento quanto às fontes usadas para correção de acidez, sendo a mais usual o calcário, o qual é comprovadamente eficaz para aumentar o pH do solo (CQFS, 2004).

Apesar de não aumentar o pH do solo (ALCARDE, 2005) como é propagado de maneira empírica por muitos, na prática o gesso agrícola tende a reduzir o efeito tóxico que o Al tem sobre as raízes e deficiência de Ca radicular (LOPES; GUILHERME, 2007), podendo ser empregado como fonte de cálcio e enxofre (CARVALHO; SILVA SOUSA; SOUSA, 2005) e não com o intuito de elevar o pH do solo.

2.5. 2 Nitrogênio

A associação simbiótica entre a alfafa e bactéria *Sinorhizobium meliloti* possui a capacidade de fixar em média cerca de 140-210 kg/ha de N₂ por ano tendo um potencial estimado de até 550 kg/ha por ano (PROVOROV; TIKHONOVICH, 2003). No entanto, a quantidade de nitrogênio fixada depende do número de cortes realizados (OLIVEIRA, 2003), sendo que nas regiões Sul e Sudeste do Brasil podem ser fixados aproximadamente 900 kg/ha/ano de nitrogênio atmosférico (OLIVEIRA et al., 1999 apud MOREIRA; BERNADI; RASSINI, 2008).

Devido a essa capacidade de fixar grandes quantidades de nitrogênio atmosférico, a prática de adubação nitrogenada para a alfafa não é muito comum. No entanto, pequenas quantidades de nitrogênio no solo são exigidas ao desenvolvimento inicial das plantas (MITTELMANN et al., 2008), sendo também necessária a adubação nitrogenada diante de comprovada ineficiência da inoculação, neste caso se faz necessário a aplicação de doses que variam de 20 a 40 kg de N/ha após cada corte, dependendo do desenvolvimento da cultura (CQFS, 2004).

Se por um lado, a falta de nitrogênio é prejudicial à cultura, de outro seu excesso, tem demonstrado que em condições a campo o mesmo afeta negativamente o processo simbiótico, com conseqüente redução da nodulação e atividade da enzima nitrogenase, sem contar que não possui nenhum efeito positivo sobre a produção de matéria seca, teor de nitrogênio e proteína da alfafa (OLIVEIRA, 2004 e MITTELMANN et al., 2008), contrariando o

experimento de Fontes (1992), o qual afirma que o aumento das doses de nitrogênio no solo podem resultar em aumento de matéria seca e proteína bruta.

Assim, Rassini; Ferreira; Camargo (2008) e Rassini (2000) juntamente com autores citados anteriormente, manifestam ser desnecessário o uso de adubação nitrogenada na cultura já estabelecida, uma vez que a inoculação de sementes seria suficiente para suprir a necessidade desse nutriente pela cultura. Por outro lado, se faz necessário para que tal premissa seja verdadeira que a inoculação seja eficiente. Para isso, o solo não deve ser ácido, de modo não afetar a sobrevivência das bactérias e a nodulação deve ocorrer em locais onde a temperatura diurna do ar, esteja entre 20 a 32 °C, uma vez que temperaturas menores tendem a retardar a formação dos nódulos, enquanto que temperaturas maiores a formação de nódulos ocorre de maneira ineficiente, afetando a capacidade das bactérias em retirar o nitrogênio do ar.

Outro fator que também afeta a eficiência da inoculação e estabelecimento da simbiose é a umidade do solo, onde a água exerce papel fundamental no transporte das bactérias pelo solo, ao passo que em excesso, reduz a aeração do solo, o que conseqüentemente reduz a retirado de nitrogênio atmosférico, por outro lado em situações de baixa umidade do solo, ocorre a morte das bactérias *Sinorhizobium meliloti*. Uma vez que solos extremamente compactados, assim como no caso do excesso de umidade, implicam na redução da aeração do solo, ocorre à diminuição da eficiência do processo de nodulação, ocasionada pela menor capacidade das bactérias fixarem o nitrogênio atmosférico (MITTELMANN et al., 2008).

2.5. 3 Potássio

O potássio é absorvido pelas raízes na forma iônica K^+ (SFREDO; BORKERT, 2004) sendo considerado o nutriente mais requerido pela alfafa após o nitrogênio (KROLOW et al., 2004) e também o mais negligenciado no manejo de adubação, agravando em casos de deficiência os problemas com plantas daninhas em função da redução do vigor das plantas. Para contornar isso, é necessária a adubação de cobertura, devido à elevada extração de potássio (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008), a qual é estimada em mais de 500 kg/ha de K_2O em produções de 20 t/ha/ano de matéria seca de alfafa, sendo assim de suma importância a reposição anual em razão dos sucessivos cortes realizados (EMBRAPA, 2007).

Entre os benefícios da adubação potássica estão: o incremento na produção de matéria seca (BIEZUS, 2013 e ORIOLE JÚNIOR et al., 2014), aumento da longevidade e persistência do alfafal (BERNARDI et al., 2013 e LI et al., 1997), aumento da nodulação (número e tamanho dos nódulos) e fixação de nitrogênio (COLLINS et al., 1986 apud MOREIRA et al.,

2007) e estímulo ao crescimento da parte aérea das plantas (LI et al., 1997). Entretanto estudos de Krolow et al. (2004) refutam o fato do potássio aumentar a produção de matéria seca e a eficiência da nodulação, contudo sugerem que este fato se deva provavelmente a uma elevada disponibilidade desse nutriente no solo.

Além disso, estudos de Carvalho; Silva Sousa; Sousa (2005) apontam que doses altas de potássio em solos pobres de magnésio, tendem reduzir os teores de magnésio, passando a solução do problema conforme o mesmo autor, pela calagem previamente efetuada antes da adubação potássica.

Por outro lado, Coutinho Neto et al., (2010) em experimento avaliando a eficiência do uso de termofosfato magnésiano potássico sobre a produção de massa seca da alfafa, constataram que o aumento das doses de K resultaram em um aumento significativo na produção de massa seca da parte aérea.

Os teores de potássio aumentam com a fixação biológica do nitrogênio (MOREIRA; BERNADI; RASSINI, 2008), contudo, de forma geral se preconiza o parcelamento da adubação de reposição de 400 kg/ha de K_2O em duas épocas: sendo 1/3 aplicado no outono e o restante na primavera, procedimento este que deve ser realizado junto à aplicação de fósforo. No entanto, caso o solo tenha baixa CTC, esse parcelamento de ser dividido igualmente em três parcelas (início do outono; início da primavera e no início do verão), cabendo ressaltar que a dose de potássio no primeiro ano deve ser menor que à reposição, já que na fase de estabelecimento, a expressão de potencial produtivo não está completa (CQFS, 2004), sendo esse parcelamento o qual pode ser feito no plantio e em cobertura e após cada corte ajuda minimizar perdas da adubação potássica (MOREIRA et al., 2007).

A deficiência de potássio se constituiu uma preocupação crescente para o cultivo da alfafa. Entretanto, em levantamento da fertilidade dos solos do Rio Grande do Sul estabelecido por Rheinheimer et al. (2001) apud Martinazzo (2006), é destacado que aproximadamente 60% das amostras em todo o Estado apresentavam teores de K acima do nível de suficiência.

2.5. 4 Fósforo

Ainda que exigido em menor quantidade que N, K e Ca (PRADO, 2008; MOREIRA et al., 2007), como a maioria dos solos tropicais sofrem pela deficiência de fósforo, o mesmo passa a ser tido como o principal limitante da produtividade (MOREIRA; BERNADI; RASSINI, 2008), sendo desta forma fundamental o fornecimento deste nutriente com base

nos resultados de análise química, para que se possam obter altos rendimentos de forragem (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008).

Desta forma, aplicação do nutriente apresenta maiores e mais frequentes respostas pela cultura, o que pode ser explicado por Sarmiento et al. (2001), em função de que a longevidade e produção da cultura são diretamente dependentes da adubação fosfatada para o estabelecimento e a manutenção da população de plantas.

Visto isso, se recomenda para as condições dos solos do Rio Grandes do Sul e Santa Catarina que se proceda à adubação de reposição de fósforo no início da primavera, com utilização de fosfatos solúveis, devendo a cada dois anos, aplicar fertilizante fosfatado que contenha enxofre ou outra fonte deste nutriente (CQFS, 2004), como é o caso super fosfato simples em virtude da adição de enxofre e micronutrientes (MITTELMANN et al. 2008).

Desta maneira, Krolow et al. (2004) através de estudo sobre o efeito do fósforo e do potássio sobre o desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas, incluindo a alfafa, apontam para um aumento da eficiência da nodulação da mesma, através da adubação fosfatada. Além disso, sugerem que os teores de P devem ser de 3 a 4 vezes acima do que é recomendado para cultura.

Nesse sentido, avaliando a influência da relação P:Mg na fertilidade do solo e na produção de matéria seca da alfafa em LATOSSOLO VERMELHO Amarelo distrófico autores como Moreira, Heinrichs; Freitas (2008) e Moreira et al. (2006) obtiveram resultados semelhantes, evidenciando acréscimos da produção de matéria seca, a partir de um aumento das doses de P e de Mg .

Em outro trabalho realizado avaliando o efeito do P sobre na produção de matéria seca, teor e conteúdo foliar de P na alfafa e centrosema cultivadas em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico, de Moreira, Malavolta (2001) constatados que as doses de P aumentaram a produção de matéria seca total (MS) e o teor de P na MS.

Além disso, em experimento avaliando o efeito da relação P:Mg sobre o teor e conteúdo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na alfafa cultivada em vaso em condições de LATOSSOLO VERMELHO Amarelo distrófico, a partir dos seguintes tratamentos: doses de P (0; 100; 200 e 400 mg/kg), na forma de superfosfato triplo e de doses de Mg (0; 100 e 200 mg /kg), na forma de cloreto de magnésio, nas proporções de 0; 0,5; 1; 2 e 4. Moreira et al. (2006) obtiveram que incrementos da relação P:Mg, proporcionaram acréscimos de produção de massa seca, sem contudo afetar teores de Mn e de Zn.

A absorção de fósforo pelo solo é dependente de seu poder tampão, sendo em geral o poder tampão de fósforo em solos argilosos maior do que em solos arenosos, além de maior

parte do fósforo aplicado no solo ser adsorvido na forma não-trocável, o que é agravado em solos argilosos, devido uma maior presença de minerais que têm a propriedade de reter P na superfície (MARTINAZZO, 2006). Desta forma, ocorrendo à redução da chance deste nutriente retornar à solução do solo e conseqüentemente de ser aproveitado pelas plantas (BERNARDI; MACHADO; SILVA 2002).

Assim sendo, para que haja melhor eficiência da adubação fosfatada Bernardi; Machado; Silva (2002) apontam que deve ser reduzido a capacidade do solo em fixar o íon-fosfato antes mesmo da aplicação no solo, explicar como além disso, a aplicação de fósforo segundo os mesmos autores depende da quantidades adicionadas, o tempo e o volume de contato do fertilizante com o solo, o tipo e a quantidade de minerais presentes no solo, e o pH do solo.

2.5. 5 Enxofre

O enxofre é um dos elementos mais exigidos pela alfafa, sendo que quantidades consideráveis ficam retidas na matéria orgânica e posteriormente se convertem em produtos disponíveis as plantas pela ação da microbiota do solo (MOREIRA et al., 2007). Assim sendo, os fatores que afetam a atividade desta microbiota, devem ser conhecidos de modo a favorecer o processo da mineralização (C/S <200) e o aumento da aeração, o que conseqüentemente resultam no incrementa do S-disponível e na absorção pela planta (PRADO, 2008). Além disso, conforme os mesmos autores no caso das leguminosas, a deficiência de S leva a inibição fixação biológica do N que resulta na redução de crescimento e produtividade da alfafa.

De tal forma, a alfafa por se tratar de uma espécie de exploração intensiva terá com o uso de gesso agrícola uma fonte de enxofre, além de favorecer o aprofundamento das raízes, sendo desta maneira importante em casos de déficit hídrico (CQFS, 2004). Além disso, seu uso quando também associado ao calcário com poder relativo de neutralização total (PRNT) superior a 80% e de análises anuais tanto de solo quanto de tecidos tendem a prolongar a longevidade do alfafal, baseados no princípio, de que estes fatores tendem de melhorar a absorção de água, nutrientes por parte do mesmo (MOREIRA et al., 2007).

Contudo, o teor total de enxofre no solo é variável; sendo maior nas regiões de clima temperado e menor, nas regiões tropicais (CARVALHO; SILVA SOUSA; SOUSA, 2005). Assim sendo, Carvalho; Silva Sousa; Sousa (2005) e Moreira; Bernadi; Rassini (2008) afirmam que o sulfato (SO_4^{2-}), principal forma de absorção do enxofre pelas plantas pode

ainda atuar como carreador de cátions (K, Ca e Mg) nos perfis do solo, porém em caso de solos com baixos teores de bases trocáveis, o sulfato pode reduzir os teores dos mesmos.

Além disso, o enxofre assim como o boro e o Nitrogênio, em situações de pH muito alcalino ou ácido tem seus teores reduzido no solo em função da redução do processo de humificação da matéria orgânica, uma vez que a matéria orgânica é fonte natural destes nutrientes (CARVALHO; SILVA SOUSA; SOUSA, 2005). Por humificação da matéria orgânica entende-se o processo que engloba “as reações bioquímicas de formação de compostos orgânicos mais complexos, baseada na síntese e/ou ressíntese dos produtos da mineralização dos compostos orgânicos que chegam ao solo”(MIRANDA, 2005, p.27).

2.5. 6 Cálcio e magnésio

Dentre as leguminosas, a alfafa é considerada uma das culturas que mais remove Ca e Mg, (Moreira et al. , 2007), sendo que a não restituição do teor de Ca removido no processo de colheita da forragem e a falta de correção da acidez, afetam o desenvolvimento das bactérias e conseqüentemente a eficiência da fixação de N (LIMA, 1959 apud MOREIRA et al., 2007).

Assim sendo, Carvalho; Silva Sousa; Sousa (2005) informam que a disponibilidade do cálcio e magnésio como também do potássio é maior quando o pH do solo está acima de 5,5, pois em pH muito baixo ocorre diminuição dos seus conteúdos, em virtude do processo de lixiviação. No entanto, conforme a CQFS (2004) o rendimento da maior parte das culturas não é afetado por relações Ca:Mg.

Contudo, esta relação afeta outros fatores, o que pode ser confirmado no trabalho realizado por Moreira et al. (2000) que ao avaliar o efeito da relação Ca:Mg do corretivo sobre micronutrientes realizado para as condições de solo de Lavras-MG, obtiveram que a dosagem de 7.800 kg /ha de Ca:Mg (3:1) de calcário, promoveu decréscimo nos teores de B, Fe, Mn e Zn, sendo esta redução mais drástica para os teores de Mn, não relatando nenhum efeito sobre o Cu. Além disso, o mesmo estudo demonstrou que a relação K/(Ca+Mg) levou também a redução do índice de pH e aumento da acidez potencial do solo. No entanto, independentemente dos tratamentos, o índice de pH e os teores trocáveis de Ca e Mg diminuíram com a sucessão de cortes da alfafa (MOREIRA; CARVALHO; EVANGELISTA, 2005).

Ainda testando o efeito da relação Ca:Mg para as condições de um LATOSSOLO VERMELHO Amarelo álico, Gomes et al. (2002) demonstraram que o aumento da concentração de Mg (0:100) aliado a altas doses de calcário, na maior dose de calcário (7,2 t

/ha), foi altamente tóxico causando a morte das plantas, ao passo que o inverso (100:0) levou a um aumento no teor de matéria seca da parte aérea.

2.5. 7 Micronutrientes e matéria orgânica

Conforme Prado (2008) micronutrientes são definidos como elementos absorvidos ou exigidos em menor quantidade pelas plantas. Se enquadram nesta categoria o Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl e Mo. No entanto, de maneira divergente ao autor anterior, além dos nutrientes já relatados Co, Se (MOREIRA et al., 2008) e Ni (MOTTA; LIMA, 2006; MOREIRA; BERNARDI; RASSINI, 2008, Moreira et al., 2008), devem ser classificados como micronutrientes pelo fato de constituírem-se como essenciais ao crescimento das plantas.

Por se tratar de uma leguminosa eficiente no processo de fixação biológica de N, fato que requer calagem constante, a adubação com micronutrientes para a alfafa deve ser repetida todos os anos, levando-se em consideração o teor dos mesmos nos resultados de análise de solo e de folhas (MOREIRA, BERNARDI; RASSINI, 2008). Assim sendo, o boro é tido como um dos micronutrientes mais requeridos pela alfafa, necessitando para altas produções da cultura, ser aplicado a lanço e durante o preparo do solo na proporção de 20 kg/ha/ano de bórax (EMBRAPA, 2007), a qual deve ser repetida anualmente, no início da primavera (CQFS, 2004).

Entretanto, Moreira, Bernardi; Rassini (2008) ressaltam que o Ni, Mo e Co em relação ao demais micronutrientes são elementos exigidos em menores quantidades, as quais podem ser fornecidas através da fertilização foliar nos alfafais já estabelecidos. Desta maneira, o suprimento adequado não só destes como também dos demais micronutrientes é importante, para evitar a diminuição da produção agrícola (BERNARDI; MACHADO; SILVA, 2002).

Conforme Prado (2008) são exigidos por ocasião da semeadura da alfafa somente os micronutrientes como Zn, Cu e B, os quais devem ser aplicados juntamente com os demais macronutrientes. Por outro lado, o mesmo indica que a aplicação de micronutrientes em um alfafal estabelecido seja feita uma vez ao ano, também junto aos macronutrientes, sendo realizada preferencialmente nos períodos mais chuvosos. Outros micronutrientes como ferro e manganês também são importantes porque são gradativamente indisponibilizados com o aumento do pH do solo (MITTELMANN et al., 2008).

De forma geral, estudos com micronutrientes para condições tropicais para a cultura da alfafa são escassos, contudo em um destes poucos trabalhos, Moreira et al.(1997) ao analisar o efeito do enxofre sobre os teores de micronutrientes, constatou que as doses de S

não resultaram em modificações sobre os teores de B, Cu, Fe, porém reduziram os teores de Zn.

Todavia, trabalhos conduzidos nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina indicam que deficiências de nutrientes secundários e micronutrientes são raras (CQFS, 2004), entretanto, em casos de solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica e/ou com pH elevado, podem ser constatadas deficiências de micronutrientes (EMBRAPA, 2007), uma vez que conforme Carvalho; Silva Sousa; Sousa (2005) a matéria orgânica é apontada como sendo fonte de micronutrientes, sendo assim qualquer fator que interfira negativamente na humificação da matéria orgânica resulta na redução destes nutrientes no solo.

Para os mesmos autores, a matéria orgânica é essencial para o solo, uma vez que auxilia no manejo físico, químico e físico. Assim sendo, os mesmos autores elencam uma série de benefícios ao solo advindos da Matéria Orgânica do Solo (MOS) que incluem desde a melhoria de fatores como permeabilidade, aeração, CTC, poder tampão, disponibilidade de nutrientes (especialmente nitrogênio, enxofre e boro), além de auxiliar com economia de adubações devido a possibilidade de complexação de elementos metálicos como: ferro, alumínio e manganês e no aumento da disponibilidade de fósforo pela complexação do alumínio.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi conduzida em três propriedades com lavouras de alfafa já estabelecidas por um período entre um a sete anos, localizadas no distrito de Rincão de São Pedro, no Município de São Luiz Gonzaga-RS, situado nas coordenadas de 28° 23'33.57'' de latitude sul e 55°06'15.74'' de longitude oeste.

O clima da região é do tipo de Cfa de acordo com a classificação de Köppen, sendo este tipo de clima caracterizado como subtropical úmido, com ocorrências de verões quentes e pela ausência de estação seca definida (MORENO, 1961), enquanto que o solo do local é classificado como LATOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 2013), pertencendo a Unidade de Mapeamento Santo Ângelo.

3.2 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS COLETADAS DE SOLOS:

O trabalho foi realizado em Rincão de São Pedro, onde o cultivo ocorre em áreas pequenas geralmente inferiores a quatro hectares. No local foram levantadas nove propriedades com cultivo de alfafa, duas ao decorrer da pesquisa extinguíram seus alfafais para substituí-los por culturas de grãos.

Por abranger um maior número de áreas, escolheram-se três propriedades da localidade, uma delas com quatro áreas cultivadas com a cultura, outra com duas e a outra com uma área cultivada. Dentre estas propriedades escolhidas para o estudo em questão procurou-se, escolher aquelas que demonstrassem alguma diferença de mecanização, manejo de adubação e nível de capitalização. Assim, as propriedades escolhidas foram denominadas pelas siglas V, C e AQN.

A propriedade denominada com a sigla "V", foi considerada a maior tanto em termos de área cultivada, quanto em tecnologia aplicada, possuindo maquinário para corte, enleiramento e coleta da alfafa, além de fazer uso frequente de assistência técnica. Na mesma são verificadas áreas com alfafais de 1, 3, 6 e 7 anos. Conforme dados obtidos junto com o produtor, o mesmo costuma fazer frequentemente análises químicas de suas áreas, utilizando tanto adubo industrializado quanto orgânico (esterco de peru). A adubação tanto de macro como de micronutrientes, costuma ser feita a cada dois meses em parte escutando o que técnicos lhe orientam principalmente no que diz a respeito à adubação química. Já a aplicação de esterco de peru é realizada de modo empírica. Contudo, o mesmo produtor por ocasião estava por implementar uma nova área e havia realizado uma análise química de solo, o

mesmo sendo orientado por técnicos a aplicar o calcário na dose adequada para a cultura, acabou por realizar aplicação aquém do recomendado, por considerar demasiado as doses recomendadas, que estava na faixa de 10,4 t de calcário a PRNT 100%, dado índice SMP igual a 5,3. Além disso, esta propriedade possui todo maquinário necessário para cortar, enfardar sendo totalmente mecanizada.

A propriedade denominada pela sigla “C” possui duas áreas de alfafa (C 2 anos e C 4 anos), por vezes, costuma realizar análise química de suas áreas, porém aduba o solo com frequência menor a cada 3 meses. No caso do produtor em questão, o mesmo não possui mecanização completa necessitando pagar terceiros para enliramento, corte e coleta.

A última propriedade é denominada “AQN”, possui duas áreas de alfafa, sendo uma recém implantada e outra com 3 anos, caracterizando-se por nunca realizar análise química do solos, possuir poucos maquinários e adubar menos frequentemente suas áreas o que decorre da mesma possuir menor nível de capitalização se comparada as anteriores.

3.3 AMOSTRAGEM DO SOLO

A amostragem de solo foi realizada em lavouras de alfafa selecionadas com diferentes períodos de estabelecimento [V 1 ano, C 2 anos, V 3 anos, V baixada 3 anos, C 4 anos, V 6 anos, V terraço (6-7 anos), V 7 anos], mas sob condições bastante similares de solo, clima e relevo, como ocorre em geral em todas as lavouras de alfafa na localidade. Em razão destas similaridades e do tamanho diminuto das áreas, as quais não ultrapassavam dois hectares, a amostragem foi feita conforme a idade dos alfafais, assim cada idade correspondia uma área a ser amostrada.

Contudo, quando verificados diferenças no solo, foram divididas as áreas em mais de uma gleba, como nos casos lavoura de três anos da área V, a qual foi subdividida em V3 anos e V Baixada 3 anos, sendo a última diferenciada em relação a outro por estar estabelecida sobre solo raso. Ainda foi estabelecida uma área denominada V Terraço, a qual corresponde uma área onde ocorrem alfafais com tempo de implantação misto entre 6 e 7 anos (localizada na divisa entre duas áreas).

A coleta de solo seguiu os procedimentos descritos no manual de adubação e de calagem (CQFS, 2004), sendo feita através de uso de uma pá de corte, para abrir trincheiras no solo. Assim, foram coletadas uma amostra composta de solo (~500 g de solo) para cada uma das três diferentes profundidades analisadas (0-10; 10-20, 20-30 cm), formada a partir da homogeneização de 10 amostras simples, retiradas através de abertura de trincheiras no solo.

Desta forma, as porções de solo que correspondiam cada uma das amostras compostas por área, foram recolhidas e secas ao ar. Após serem secas, as mesmas foram destorroadas manualmente, peneiradas com auxílio de peneira 2 mm, e acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados.

Feito isto, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM onde se realizou a análise completa (análise básica + micronutrientes) das amostras.

3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

As amostras de solo enviadas para o laboratório tiveram entre os principais componentes avaliados: teor de argila, pH em água (relação 1:1), índice SMP, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, Al trocável, matéria orgânica, saturação por bases, saturação por alumínio, teores de micronutrientes. Assim, os resultados dos atributos de acidez, macro e micronutrientes obtidos para cada profundidade, foram enquadrados por faixas (Tabelas 1 a 6 e Figuras 1 e 2), as quais segundo Groth et al. (2013) as quais correspondem a diferentes graus de intensidade dos atributos de solo analisados (CQFS, 2004).

Tabela 1. Interpretação de valores de pH em água, saturação por bases e por alumínio

Interpretação	pH em água	Sat. por base (V %)	% Sat. Al (m%)
Muito baixo	≤ 5	<45	<1
Baixo	5,1-5,4	45-64	1 a 10
Médio	5,5-6	65-80	10,1 a 20
Alto	>6	>80	>20

Fonte: CQFS, 2004

Tabela 2: Interpretação de teores de argila e de matéria orgânica e CTC a pH 7,0

ARGILA		MO		CTC a pH7 (cmol_c/dm³)	
Faixa (%)	Classe	Faixa (%)	Classe	Faixa	Classe
≤ 20	4	≤ 2,5	Baixo	≤ 5	Baixo
21-40	3	2,6-5	Médio	5,1-15	Médio
41-60	2	> 5	Alto	>15	Alto
> 60	1				

Fonte: CQFS, 2004

Tabela 3: Interpretação dos teores de Ca e Mg trocáveis e de enxofre extraível do solo

Faixa	Ca (cmol_c/dm³)	Mg (cmol_c/dm³)	S (mg/dm³)
Baixo	≤ 2	≤ 0,5	≤ 2
Médio	2,1-4	0,6-1	2,1-5
Alto	>4	>1	>5

Fonte: CQFS, 2004

Tabela 4: Interpretação dos teores de micronutrientes do solo

Faixa	Cu (mg/dm ³)	Zn (mg/dm ³)	B (mg/dm ³)	Mn (mg/dm ³)	Fe (g/dm ³)
Baixo	<0,2	<0,2	<0,1	<2,5	-
Médio	0,2-0,4	0,2-0,5	0,1-0,3	2,5-5	-
Alto	>0,4	>0,5	>0,3	>5	>5,0

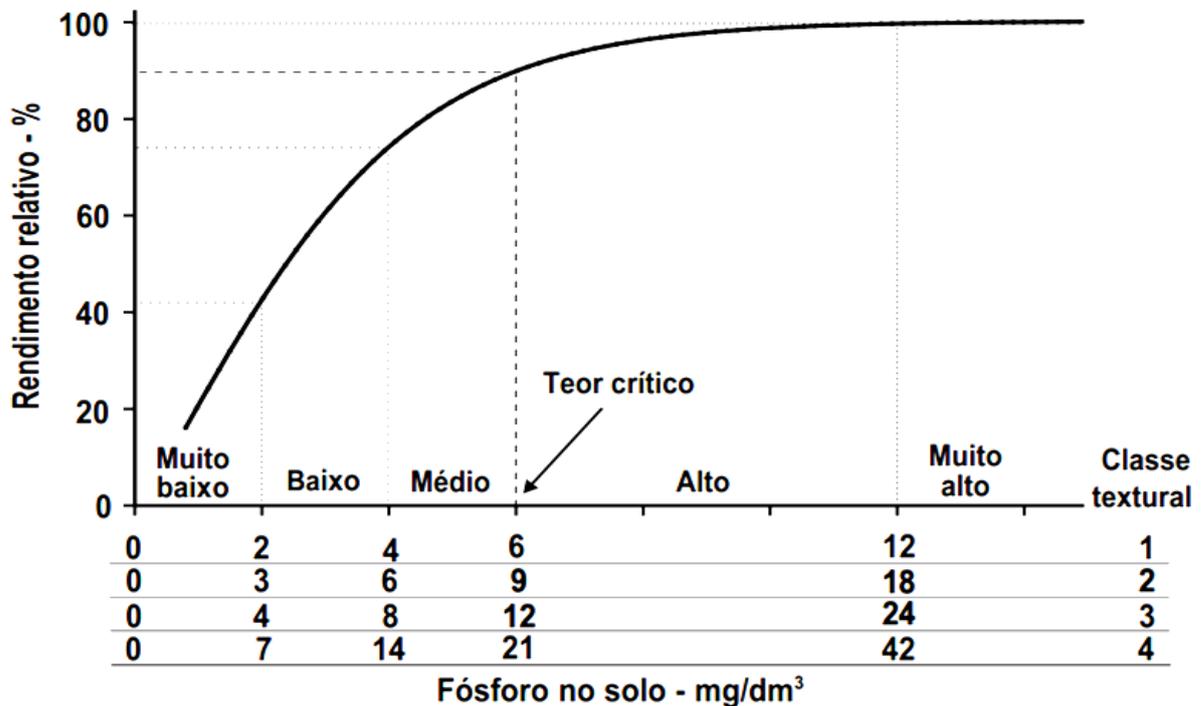
Fonte: CQFS, 2004

Tabela 5: Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1

Interpretação	Faixas de teores de P no solo (mg/dm ³) em função do teor de argila			
	1	2	3	4
Muito baixo	0-2	0-3	0-4	0-7
Baixo	2,0- 4,0	3,0-6,0	4,0-8,0	7,0-14,0
Médio	4,0 -6,0	6,0-9,0	8,0-12,0	14,0-21,0
Alto	6,0-12,0	9,0-18,0	12,0-24,0	21,0-42,0
Muito alto	>12	>18	>24	>42

1 Teores de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 =20%

Fonte: CQFS, 2004

FIGURA 1: Relação entre o rendimento relativo de culturas e o teor de fósforo no solo extraído pela solução de Mehlich-1.

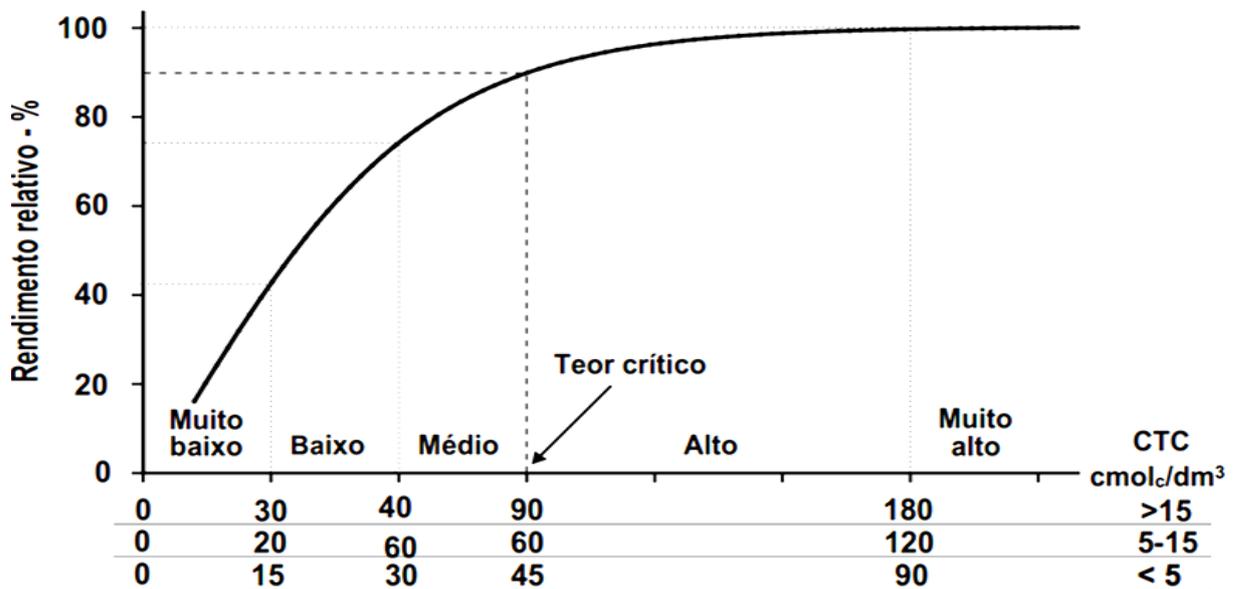
Fonte: CQFS, 2004

Tabela 6: Interpretação do teor de potássio em função da CTC a pH7

Interpretação	Faixas de teores de K (mg/dm ³) no solo em função da CTC		
	>15	5,0-15,0	<5
Muito baixo	0-30	0-20	0-15
Baixo	30-40	20-60	15-30
Médio	40-90	60-60	30-45
Alto	90-180	60-120	45-90
Muito alto	>180	>120	>90

Fonte: CQFS, 2004

Figura 2: Relação entre o rendimento relativo de culturas e o teor de potássio no solo extraído pela solução de Mehlich-1



Fonte: CQFS, 2004

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PARÂMETROS DE ACIDEZ DO SOLO

De acordo com as recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2004), os valores de pH em água no solo são classificados nas faixas ($\leq 5,0$; 5,1-5,4; 5,5-6,0; $>6,0$), correspondentes às classes baixo, médio e alto, respectivamente. Assim, em função da dificuldade em se estabelecer o valor considerado como crítico de pH em água, a normativa segundo CQFS (2004) estabelece o valor de 5,5 (correspondente a faixa média de pH) como adequado, visto que valores abaixo deste afetam a disponibilidade de alguns nutrientes, enquanto que valores acima favorecem o desenvolvimento de cargas elétricas negativas em solos de carga variável, contribuindo para o aumento da CTC.

Desta forma, observa-se que na camada superficial (0-10 cm) grande parte das amostras apresenta condições consideradas satisfatórias, conforme padrões adotados para recomendação de calagem no RS, para manter um ambiente adequado ao crescimento radicular e assegurar a produtividade das culturas (CQFS, 2004), uma vez que seis (~66,66%) das nove áreas apresentam índices médios de pH em água (V 3anos, V baixada 3 anos, V 7 anos, V 6 anos, V terraço (área intermediária entre 6 e 7 anos), C 4 anos) e três (~33,33 %) do total possuem índices altos de pH (AQN 3 anos, C 2 anos, V1 ano) (Tabela 7).

A análise dos dados obtidos pela camada de 10-20 cm demonstra que somente uma (~11,11%) das áreas possuem índice baixo de pH (C 4 anos), quatro (~44,44%) apresentavam índices médios (V Baixada 3 anos, V 3anos, V 1 ano e V terraço) e o restante das áreas (~44,44%) possuem índices altos de pH (AQN 3 anos, C 2 anos, V 7 anos e V 6 anos). Já para as profundidade de 20-30 cm uma das nove áreas (~11,11%) apresentam índices baixos de pH (C 4 anos), seis (~66,66%) amostras possuem índice médios de pH (V baixada 3 anos, V 3anos, V 1 ano, V terraço, AQN 3 anos e C 2 anos), enquanto duas (~11,11%) apresentaram altos índices de pH (V 7 anos e V 6 anos) (Tabela 7).

Tais resultados expressos na Tabela 7, demonstram que boa parte das amostras se classificam em valores médios de pH em água, concordando com levantamentos de fertilidade de solos realizados por Martinazzo (2006), Rheinheimer et al. (2001) apud Martinazzo (2006), onde foram estabelecidos de modo geral que mais de 50% das amostras apresentavam pH médio, indicando com isso a ocorrência de maiores cuidados com a acidez dos solos nos últimos anos e uso efetivo de corretivos na camada superficial do solo.

Os resultados obtidos também seguem linha semelhante ao do diagnóstico de fertilidade do solo realizado nos municípios de São Luiz Gonzaga, Rolador, Caibaté e Mato Queimado, onde foram constatados que 44,6% das amostras possuem pH em água na faixa de 5,5 a 6,0 (COLLING; FIORIN, NOWICKI, 2013).

Além disso, foi observado que seis (~66,66%) das áreas na camada 0-10 possuem pH igual ou superior aos da camadas 10-20cm e oito (~88,88%) em relação a camada 20-30 cm. Estes dados permitem inferir correção mais eficiente nas camadas superficiais, uma vez que mesmo sendo uma cultura implantada de forma convencional com incorporação do calcário, com o estabelecimento da cultura a aplicação passa a ser superficial, comportando-se assim de maneira similar ao que acontece no Sistema de Plantio direto.

Além do pH, saturação de base (V%) e saturação de alumínio (m%), alumínio trocável também são componentes da acidez do solo (Tabelas 7 e 8). Desta forma, foram verificados para a profundidade de 0-10 cm variações nos valores de V% de 69,8 a 80,2%, onde oito (~88,88%) amostras foram enquadradas com valores médios de saturação de base (V %), sendo que a amostra restante (AQN 3 anos) apresentava teor alto, para a mesma profundidade. Para Groth et al. (2013), estes valores de saturação por bases enquadradas como médio a alto, podem ser explicados em função da baixa frequência de Al trocável obtido, o qual independentemente da profundidade na maioria dos casos era nulo, de forma minimizar a liberação de íons de hidrogênio na solução do solo (Tabela7).

Por outro lado, as profundidade 10-20 cm e 20-30 cm em todas as áreas analisadas comportaram-se de mesma forma em relação à saturação de base, sendo em ambos os casos verificados que sete das nove amostras apresentavam teores médios, uma possuía teor alto (V 7 anos) e a outra possuía teor baixo de V% (C 4 anos), sendo que na primeira o V% variou de 59,6 a 81,6%, enquanto de 20-30 cm o V% variou de 60,1 a 81,6% (Tabela 7).

Conforme Martinazzo (2006) e Lins (2012) com o aumento do pH em água, ocorre o aumento da saturação por bases (V%) e redução do alumínio trocável, podendo isto ser observado nas análises obtidas, uma vez que a área C 4 anos (10-20 cm e 20-30 cm) foi a única a possuir pH considerado baixo (5,2 em ambas profundidades), sendo verificados unicamente dentre todas as amostras, valores de saturação de bases inferiores a 65% e teores de 0,1 e 0,3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Al trocável, quando em todas as demais amostras possuíram pH acima de 5,5 e valores de saturação por base % médios a altos e valores nulos de Al trocável (Tabela 7).

Tabela 7: Valores de pH em água (1:1), alumínio trocável e saturação por base (V%)

Área	Idade (anos)	Prof. (cm)	pH água 1:1	Al (cmol _c /dm ³)	Sat. Base (V%)
AQN	3	0-10	6,1	0	80,2
AQN	3	10-20	6,2	0	78,5
AQN	3	20-30	5,9	0	76,3
V Baixada	3	0-10	5,9	0	70,6
V Baixada	3	10-20	6	0	79,8
V Baixada	3	20-30	5,8	0	73,9
V	3	0-10	5,9	0	70,6
V	3	10-20	5,9	0	77
V	3	20-30	5,8	0	73,9
C	2	0-10	6,2	0	78,8
C	2	10-20	6,1	0	75,9
C	2	20-30	6	0	74,6
V	1	0-10	6,2	0	79,4
V	1	10-20	5,9	0	77
V	1	20-30	6,1	0	77,3
V Terraço	6-7	0-10	6	0	75,4
V Terraço	6-7	10-20	5,6	0	66,9
V Terraço	6-7	20-30	5,5	0	67,4
V	7	0-10	6	0	75,4
V	7	10-20	6,3	0	81,6
V	7	20-30	6,4	0	81,6
V	6	0-10	5,8	0	75,6
V	6	10-20	6,1	0	78,8
V	6	20-30	5,8	0	74,5
C	4	0-10	5,8	0	69,8
C	4	10-20	5,2	0,1	59,6
C	4	20-30	5,2	0,3	60,1

Fonte: Autor, 2015

Os dados expressos na Tabela 7 demonstram que todas as amostras na camada 0-10 cm apresentam saturação por bases maior que 65% (que englobam teores de médio a alto) quando o pH encontra-se acima de 5,5. Enquanto que para as camadas 10-20 e 20-30 cm oito das amostras (~88,88%) apresentaram saturação por bases maior que 65%, todas estão associadas a pH acima de 5,5, e uma amostra com saturação de base inferior a 60% na área C 4 anos, estando associada ao pH inferior a 5,5. Portanto, para que ocorra efetiva neutralização da acidez do solo é necessário que a incorporação do calcário seja feita em maior profundidade possível (CQFS, 2004), para que então alfaias já estabelecidas, onde a calagem é feita de modo superficial, não ocorram limitações ao desenvolvimento da cultura impostas ou pela acidez em subsuperfície ou pela redução ao acesso a nutrientes.

Em relação à saturação por alumínio (m%), observa-se que os valores encontrados indicam efetiva correção da acidez, já que em praticamente todas as camadas do solo foram constatados teores muito baixos de m % (=0%), exceto pelas camadas 10-20 cm 20-30 cm da área C 4 anos, que apresentavam teores baixos de saturação de alumínio respectivamente de 1,1 e 3,5 % respectivamente. Assim, como o nível crítico de saturação de Al no solo a resultar em desenvolvimento limitado da alfafa é de 15% (CARVALHO, ASSIS, MOREIRA, 1994 apud MOREIRA et al., 2007), uma vez que os valores obtidos forem inferiores a este, tal fator não representa um limitante para o desenvolvimento da cultura para as áreas analisadas (Tabela 8).

Tabela 8: Valores de saturação por alumínio

Área	Idade (anos)	Prof. (cm)	Sat. Al (m%)
AQN	3	0-10	0
AQN	3	10-20	0
AQN	3	20-30	0
V Baixada	3	0-10	0
V Baixada	3	10-20	0
V Baixada	3	20-30	0
V	3	0-10	0
V	3	10-20	0
V	3	20-30	0
C	2	0-10	0
C	2	10-20	0
C	2	20-30	0
V	1	0-10	0
V	1	10-20	0
V	1	20-30	0
V Terraço	6-7	0-10	0
V Terraço	6-7	10-20	0
V Terraço	6-7	20-30	0
V	7	0-10	0
V	7	10-20	0
V	7	20-30	0
V	6	0-10	0
V	6	10-20	0
V	6	20-30	0
C	4	0-10	0
C	4	10-20	1,1
C	4	20-30	3,5

Fonte: Autor, 2015

Apesar do pH 5,5 ser tomado como um valor de referência, a decisão por realizar a calagem deve-se também levar em consideração a saturação de base e por alumínio (MARTINAZZO, 2006), além desses fatores, deve ser levado em considerado o índice SMP (Tabela 7), o qual estima as quantidades de calcário necessárias para elevar o pH em água do solo para 6,5 como é recomendado para a alfafa (CQFS, 2004).

4. 2 MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E CTC pH7

Os teores de MOS na camada superficial dos locais amostrados enquadraram-se, predominantemente, no intervalo entre 2,5 e 5,0%, valor este considerado médio, assim como ocorreu em trabalho de Martinazzo (2006) e Groth et al. (2013) sendo poucas amostras a apresentaram menos que 2,5% de matéria orgânica, e nenhuma apresentar valores altos em relação a este parâmetro.

Nesse sentido, foram verificados que em relação aos teores de matéria orgânica, foram constatados que na camada 0-10 cm oito (~ 88,88%) das nove amostras possuem valores médios de M.O (V Baixada, V 3 anos, C 2 anos, V1 ano, V Terraço, V 7 anos, V 6 anos, C 4 anos) variando de 2,7 a 3,6% , sendo somente uma com teores baixos de MO (AQN 3 anos). Para a camada 10-20 cm somente as amostras AQN 3 anos, V Baixada possuem valores baixos de MO, sendo estes valores respectivamente de 2,4 e 1,5 % de M.O, sendo que todas as demais possuem valores médios (~77,77%). Para a última camada foram verificados que as amostras AQN 3 anos, C 2 anos, V 3 anos possuem valores baixos de MO (respectivamente 2,2; 2,4 e 1,6% de MO), sendo que todas as demais possuem valores médios (~77,77%) (Tabela 9).

Na prática, os valores encontrados de MO variaram nas profundidades de 0-10 cm de 2,4 a 3,6 %, na camada de 10-20 cm de 1,5 a 3,4 % e na camada de 20-30 cm de 1,6 a 3,1%. Além disso, observou a redução no percentual de matéria orgânica com o aprofundamento no perfil, onde oito (~88,88%) das amostras tiveram percentuais maiores de matéria orgânica em relação as camadas de 10-20 e 20-30 cm. Este fato demonstra que independente da profundidade avaliada, todas as amostras estavam na faixa baixo a médio de MO, o que segundo Groth et al.(2013) caracteriza-se em manejo inadequado do solo.

Entre as possíveis explicações para este conteúdo reduzido de matéria orgânica, também está o fato de solos de regiões tropicais e subtropicais possuírem valores cinco vezes maiores de perda de matéria orgânica quando comparados a de regiões temperadas (SANCHEZ; LOGAN, 1992 apud GROTH et al, 2013), o que acaba por resultar em

degradação química, física e biológica acelerada da matéria orgânica (MIELNICZUK, 1988 apud GROTH et al, 2013).

Tabela 9: Valores de matéria orgânica e CTC pH7

Área	Idade (anos)	Prof. (cm)	MO %	CTC pH7 (cmol _c /dm ³)
AQN	3	0-10	2,4	14,4
AQN	3	10-20	2,4	14,6
AQN	3	20-30	2,2	14,6
V Baixada	3	0-10	3,4	15,1
V Baixada	3	10-20	1,5	13,7
V Baixada	3	20-30	3,1	14,8
V	3	0-10	3,4	15,1
V	3	10-20	3,1	15,1
V	3	20-30	1,6	13,7
C	2	0-10	3	16,3
C	2	10-20	2,6	16
C	2	20-30	2,4	13,9
V	1	0-10	3,3	16,8
V	1	10-20	3,2	15,4
V	1	20-30	2,9	15,2
V Terraço	6-7	0-10	2,7	16
V Terraço	6-7	10-20	2,9	14,8
V Terraço	6-7	20-30	3	14,9
V	7	0-10	3,2	15,9
V	7	10-20	3,4	15,1
V	7	20-30	3,1	15
V	6	0-10	3,3	14,5
V	6	10-20	3,1	14,5
V	6	20-30	2,8	15,1
C	4	0-10	3,6	16,1
C	4	10-20	2,9	15,4
C	4	20-30	2,8	13,8

Fonte: Autor, 2015

Além disso, é relatado por Bayer & Mielniczuk (1997) e Falleiro et al., (2003) a existência de uma relação direta entre os teores de matéria orgânica e CTC pH 7 do solo. Tal fato indica que parte da variação da CTC é devida à matéria orgânica (MO), sendo em condições tropicais estimada esta contribuição da MO sobre a CTC pH 7 na faixa de 56 a 82% da MO (VAN RAIJ, 1981). Tal fato pode ser também constatado no trabalho, de modo independente da profundidade uma vez que houve uma tendência na maioria dos casos de valores mais altos de CTC pH estarem associados aos valores mais baixos de MO, como pode ser observado na tabela 9, onde constata-se que as áreas de que apresentaram maior

percentual de matéria orgânica com valores iguais ou maiores que 3, corresponderam aos maiores valores de CTC pH 7.

Desta maneira, quando se refere à CTC pH7 os laudos analisados (Tabela 9), demonstram que todas as amostras independente da profundidade foram enquadradas em valores médio ou altos, onde se percebe uma tendência geral de redução destes valores com o aprofundamento do perfil. Assim, na primeira camada (0-10 cm) foram verificados que sete amostras (~77,77%) possuem valores altos de CTC pH 7,0 enquanto que as demais possuem valores médios (AQN 3 anos, V 6 anos).

Para a camada subsuperficial (10-20 cm) seis amostras (~66,66%) se enquadraram por possuir alta CTC pH7,0, sendo as demais enquadradas em valores médio (AQN 3 anos, V Baixada, V Terraço). Por fim, na última camada ocorreu a inversão dos valores de CTC predominando valores médios, uma vez que seis amostras possuem valores médios (AQN 3 anos, V Baixada, V Terraço, V 3 anos, V 2 anos, C 4 anos), já as demais áreas (V1 ano, V 6 anos) possuem teores altos de CTC pH7,0 (Tabela 9).

4.3 CÁLCIO (Ca), MAGNÉSIO (Mg) E ENXOFRE (S)

Foram verificados que o conteúdo de Ca, Mg e S em todas as amostras realizadas independentemente da profundidade, apresentaram valores considerados altos para estes elementos, onde se obteve para a profundidade de 0-10 cm, variações entre 7,3 a 9,3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nos teores de Ca; 1,9 a 3,2 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para o Mg e 10,6 a 11 mg/dm^3 para o S, enquanto que para profundidade de 10-20 cm os teores de Ca variaram de 5,9 a 9,1 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca; 1,7 a 2,9 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para o Mg e 10,5 a 10,9 mg/dm^3 para o S. Já a profundidade de 20-30 cm os teores variaram 5,3 a 8,9 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca; 1,6 a 2,8 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para o Mg e 10,5 a 10,8 mg/dm^3 para o S (Tabela 10).

O resultado de elevados teores destes nutrientes no solo pode ser explicado em função de históricos de uso de fertilizantes contendo cálcio (fertilizantes fosfatados) ou aplicações de calcário e gesso nos solos amostrados (LINS, 2008). A disponibilidade de cálcio, assim como potássio e magnésio é maior em pH do solo acima de 5,5, em função de que em pH menores, ocorre a redução dos seus conteúdos, devido ao processo de lixiviação, uma vez que como boa parte dos solos apresentaram este valor de pH, explica-se também o elevado teor destes elementos. (CARVALHO; SILVA SOUZA; SOUZA, 2005).

No caso do elevado teor de cálcio e magnésio, os resultados inferem ainda que há uma menor deficiência dos mesmos nos solos amostrados quando comparada as outras

características de fertilidade, o que segundo Lani (1987) pode resultar na redução dos custos com esses nutrientes em programas de adubação.

Entretanto, o autor faz uma ressalva, afirmando que mesmo com teores altos não se deve descuidar do seu fornecimento às plantas, pois, com o uso contínuo do solo, sem reposição, pode ocorrer deficiência de tais nutrientes, tal premissa também pode ser aplicada a demais nutrientes que se encontram acima do nível de suficiência como é o caso do S.

Tabela 10: Valores de cálcio, magnésio e enxofre

Área	Idade (anos)	Prof. (cm)	Ca (cmol _c /dm ³)	Mg (cmol _c /dm ³)	S (mg/dm ³)
AQN	3	0-10	8,6	2,5	10,6
AQN	3	10-20	8,7	2,4	10,7
AQN	3	20-30	8,7	2,1	10,7
V Baixada	3	0-10	8	1,9	10,7
V Baixada	3	10-20	7,8	2,6	10,5
V Baixada	3	20-30	8,2	2,1	10,6
V	3	0-10	8	1,9	10,7
V	3	10-20	8,9	2,1	10,7
V	3	20-30	8,2	2,1	10,5
C	2	0-10	9,3	2,8	10,8
C	2	10-20	8,9	2,9	10,8
C	2	20-30	7,4	2,5	10,6
V	1	0-10	9,2	3,2	11
V	1	10-20	8,9	2,1	10,7
V	1	20-30	7,6	2,5	10,7
V Terraço	6-7	0-10	8,9	2,6	10,9
V Terraço	6-7	10-20	7,7	1,7	10,9
V Terraço	6-7	20-30	7,9	1,6	10,7
V	7	0-10	8,9	2,6	10,6
V	7	10-20	9,1	2,8	10,8
V	7	20-30	8,9	2,8	10,6
V	6	0-10	8,1	2,3	10,7
V	6	10-20	8,5	2,5	10,7
V	6	20-30	8,4	2,6	10,6
C	4	0-10	7,3	3,1	10,9
C	4	10-20	5,9	2,9	10,7
C	4	20-30	5,3	2,6	10,8

Fonte: Autor, 2015

4. 4 MICRONUTRIENTES

Foram observados que todas as amostras de maneira independente da profundidade, possuem teores altos de Cu e B, onde os teores de cobre variaram de 5,8 a 14,8 mg/dm na camada superficial do solo (0-10 cm), de 6 a 18, 7 mg/dm³ na camada subsuperficial (10-20

cm) e 7,3 a 19,1 mg/dm³ na última camada de solo (20-30 cm). Já os teores de B independente da camada variaram de 0,5 a 0,8 mg/dm³ (Tabela 11).

Para o conteúdo de Zn foi observado que somente a camada 20-30 cm da área C 2 anos apresentou teores médio deste elemento, todas as demais tiveram teores alto variando de 4,6 a 13,57 mg/dm³ na camada de 0-10 cm, 0,6 a 12,6 mg/dm³ na camada de solo 10-20 cm e 1,8 a 11,9 mg/dm³ na última camada de solo (20-30 cm).

Tabela 11: Valores de micronutrientes

Área	Idade (anos)	Prof. (cm)	Cu (mg/dm ³)	Zn (mg/dm ³)	B (mg/dm ³)
AQN	3	0-10	12,5	13,5	0,8
AQN	3	10-20	12,7	12,6	0,8
AQN	3	20-30	11,9	11,9	0,7
V Baixada	3	0-10	8,5	7,1	0,8
V Baixada	3	10-20	18,7	4,8	0,5
V Baixada	3	20-30	8,3	7	0,8
V	3	0-10	8,5	7,1	0,8
V	3	10-20	9,1	7	0,8
V	3	20-30	19,1	3,9	0,6
C	2	0-10	14,8	7,9	0,8
C	2	10-20	17	0,6	0,6
C	2	20-30	14,8	0,5	0,5
V	1	0-10	5,8	4,6	0,8
V	1	10-20	6	3,4	0,8
V	1	20-30	7,9	1,8	0,8
V Terraço	6-7	0-10	9,4	4,8	0,5
V Terraço	6-7	10-20	9,7	5,1	0,8
V Terraço	6-7	20-30	9,4	4,8	0,8
V	7	0-10	7	5	0,7
V	7	10-20	6,9	5,5	0,8
V	7	20-30	7,3	5,2	0,5
V	6	0-10	7	5,5	0,8
V	6	10-20	7,9	3,9	0,5
V	6	20-30	7,4	3,3	0,7
C	4	0-10	9,6	5,9	0,5
C	4	10-20	9,7	2,9	0,5
C	4	20-30	9,7	2,4	0,8

Fonte: Autor, 2015

Os resultados obtidos concordam com CQFS (2004), onde se obteve que deficiências de nutrientes secundários e micronutrientes são raras para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

4.5 FÓSFORO E POTÁSSIO

Verifica-se para o fósforo e potássio que o teor considerado crítico de ambos nutrientes é o limite inferior da faixa "Alto", isto é, faixas "Muito baixo", "Baixo" e "Médio" nas quais o rendimento da cultura é menor, indicando situações de probabilidade de resposta à adição do nutriente, muito alta, alta e média, respectivamente. Assim, o ideal para as culturas é atingir e permanecer na faixa "Alto", uma vez que a faixa "Muito alto" deste nutriente, pode eventualmente restringir o rendimento das culturas (CQFS, 2004).

Desta forma, o levantamento realizado demonstra que grande parte das camadas analisadas apresenta valores de P considerados inadequados para a cultura, sendo constatados que para a profundidade de 0-10 cm, o teor de P foi interpretado em função das amostras serem enquadradas na classe textural 2, deste modo uma amostra obteve teores muito baixos de P (V terraço), quatro (~44,44%) apresentaram teores médios (V baixada 3 anos, V 3 anos, V7 anos, C 4anos), duas áreas (~22,22 %) possuíam teores baixos (AQN 3 anos, V 6 anos), uma amostra apresentava teor alto (C2 anos) e outra teores muito altos de P (V 1 ano) (Tabela 12).

Enquanto para a profundidade de 10-20 cm, o teor de P interpretado em função das amostras serem enquadradas na classe textural 2, deste modo sete amostras (~77,77 %) obtiveram teores baixos (AQN3 anos, V Baixada, V3 anos, V terraço, V 7 anos, V 6 anos, C4 anos), uma amostra obteve teor alto (V 1 ano) e uma amostra obteve teor médio de P (C2 anos).

Já para última profundidade foi verificado que V terraço (possui mais de 60% de argila, sendo, portanto classe textural tipo 1, assim o mesmo foi classificado em função de seu teor de argila como tendo baixo teor de P. Todas as demais amostras da camada de 20-30 cm enquadram-se na classe textural 2. Desta maneira, foi obtido na camada que cinco amostras (~55,55%) tiveram teores baixos (AQN 3 anos, V 3 anos, C2 anos, V7 anos, V 1 ano) duas amostras obtiveram teores muito baixos de P (V 6 anos, C 4anos) e uma obteve teor médio (V baixada 3 anos) (Tabela 12).

A maioria das amostras analisadas em todas as profundidades encontra-se com teores de fósforo de baixo a médio, demonstrando estar em concordância com o levantamento da fertilidade do solo feitos por Groth et al.(2013) no município de São José do Cedro, em Santa Catarina, e com pesquisa de Bueno e Lemos (2006), os quais observaram que 60% apresentavam teores insuficientes desse elemento (menor que 3 mg/L) para solos cultivados com arroz no Rio Grande do Sul.

Também estando em concordância com o diagnóstico da fertilidade do solo obtido para o Estado do Rio Grande do Sul, 79,3 % das amostras apresentavam teores de P abaixo do nível crítico para grande parte das culturas (RHEINHEIMER et al., 2001 apud LINS,2012), e com o diagnóstico da fertilidade do solo para os municípios de São Luiz Gonzaga, Rolador, Caibaté e Mato Queimado (COLLING; FIORIN; NOWICKI, 2013) onde se observou que quase 92 % dos solos possuem teores de fósforo classificados como médio (17,4%), baixo (40,9%) e muito baixo (33,6%).

Tabela 12: Valores de fósforo (P) e teor de argila e classe textural dos solos

Área	Idade (anos)	Prof. (cm)	Argila %	Textura	P-mehlich (mg/dm ³)
AQN	3	0-10	50	2	3,9
AQN	3	10-20	48	2	4,7
AQN	3	20-30	51	2	4,58
V Baixada	3	0-10	51	2	7,2
V Baixada	3	10-20	47	2	4,6
V Baixada	3	20-30	54	2	6,6
V	3	0-10	51	2	7,2
V	3	10-20	56	2	5,3
V	3	20-30	57	2	4,1
C	2	0-10	50	2	10,4
C	2	10-20	57	2	8,2
C	2	20-30	60	2	4,5
V	1	0-10	50	2	21,4
V	1	10-20	56	2	14,6
V	1	20-30	57	2	5,3
V Terraço	6-7	0-10	60	2	2,7
V Terraço	6-7	10-20	60	2	3,3
V Terraço	6-7	20-30	62	1	3,4
V	7	0-10	48	2	6,9
V	7	10-20	48	2	4,5
V	7	20-30	51	2	4,3
V	6	0-10	54	2	4,6
V	6	10-20	57	2	3,2
V	6	20-30	60	2	2,3
C	4	0-10	47	2	6,4
C	4	10-20	57	2	3,3
C	4	20-30	56	2	2,7

Fonte: Autor, 2015

Uma das possíveis explicações para reduções no teor disponível de fósforo no solo na maioria das amostras analisadas, independentemente da profundidade, pode estar associada à

exportação pela cultura, com a menor reposição por adubações e pelo fato dos agricultores realizarem a adubação de reposição a lanço, jogando o fósforo na superfície, o que pode favorecer a fixação do fósforo junto aos óxidos de ferro reduzindo a sua disponibilidade. Segundo Martinazzo (2006), isto também pode ser agravado, pois a maior parte do fósforo aplicado no solo é adsorvida na forma não-trocável, sendo este fator agravado em solos argilosos, devido uma maior presença de óxidos de ferro que têm a propriedade de reter P na superfície.

Ainda em relação ao fósforo, se observa entre as áreas analisadas uma tendência geral de redução dos valores com o aprofundamento no perfil, o que possivelmente pode ser explicado pelo fato dos agricultores realizarem a adubação de reposição a lanço, jogando o fósforo na superfície, de modo que este nutriente venha ficar concentrado somente na área superficial do solo, o que pode favorecer a fixação do fósforo junto aos óxidos de ferro reduzindo a sua disponibilidade.

Por outro lado, também pode se observar uma redução gradual dos valores de fósforo com o passar dos anos, onde somente as áreas com V1 e C 2 anos, apresentaram índices altos deste nutriente, em função do fósforo inicialmente ser incorporado ao solo por ocasião da semeadura, o que possivelmente contribui para que alfaias mais novas venham apresentar valores mais elevados deste nutriente, em função do efeito da incorporação do calcário ser mais pronunciado até dois anos de cultivo, uma vez que alfaias mais velhas de 3 a 7 anos todos apresentaram valores abaixo do recomendado.

Por fim, como grande parte das amostras analisadas apresentou teores insuficientes de P (baixo a médio), este elemento passa ser visto como o principal limitador químico da produtividade das culturas, o que pode ser explicado em parte pelo uso de fórmulas desbalanceadas ou em quantidade e épocas de aplicação inadequadas, ou ainda por não se basear em análises de solo, ou interpretação incorreta dos resultados analíticos, ou ainda, simplesmente pelo não uso das recomendações técnicas ou por não seguir as recomendações de adubação para a cultura.

Se para o P, foram observados valores deficientes na grande maioria dos casos, para o K a situação foi oposta, estando todas as amostras enquadradas no mínimo na faixa alta (Tabela 13). Uma vez que a determinação do potássio é feita a partir da CTC do solo, foram constatados que para a profundidade de 0-10 cm duas amostras se enquadraram na faixa média de CTC a pH 7 de (5,0-15,0 cmol_c/dm³) sendo estas AQN 3 anos e V 6anos, as quais apresentaram teores muito alto de K. As demais áreas encontravam-se na faixa alta de CTC (>

15 cmol_c/dm³) sendo que destas seis possuem teores muito altos de K (V Baixada, V 3anos, C 2 anos, V1 ano, V 7 anos, C 4 anos) e uma teor alto (V terraço).

Para a profundidade de 10-20 cm quatro amostras se enquadraram na faixa de CTC a pH 7 de 5,0-15,0 cmol_c/dm³: AQN 3 anos, V 6 anos,V Baixada, V Terraço, sendo que todas apresentaram teores muito alto de K. As demais áreas: V 3 anos, C 2 anos, V 1 ano, V 7 anos, C 4 anos encontravam-se na faixa de CTC > 15 cmol_c/dm³, sendo enquadradas respectivamente nas faixas de K em: muito alta, alta, muito alta, alta, alta.

Tabela 13: Valores de K e CTC pH7

Área	Idade (anos)	Prof. (cm)	CTC pH7 (cmol _c /dm ³)	K (mg/dm ³)
AQN	3	0-10	14,4	164
AQN	3	10-20	14,6	144
AQN	3	20-30	14,6	116
V Baixada	3	0-10	15,1	304
V Baixada	3	10-20	13,7	184
V Baixada	3	20-30	14,8	260
V	3	0-10	15,1	304
V	3	10-20	15,1	232
V	3	20-30	13,7	168
C	2	0-10	16,3	264
C	2	10-20	16	148
C	2	20-30	13,9	164
V	1	0-10	16,8	340
V	1	10-20	15,4	268
V	1	20-30	15,2	176
V Terraço	6-7	0-10	16	156
V Terraço	6-7	10-20	14,8	184
V Terraço	6-7	20-30	14,9	180
V	7	0-10	15,9	184
V	7	10-20	15,1	180
V	7	20-30	15	220
V	6	0-10	14,5	224
V	6	10-20	14,5	164
V	6	20-30	15,1	120
C	4	0-10	16,1	332
C	4	10-20	15,4	156
C	4	20-30	13,8	168

Fonte: Autor, 2015

Para a profundidade de 20-30 cm, seis amostras se enquadraram na faixa de CTC a pH 7 de 5,0-15,0 cmol_c/dm³ são estas: AQN 3 anos, V Baixada, V3 anos, C 2 anos, V Terraço, C 4 anos, sendo que estas enquadravam-se respectivamente nos teores de K em alta, muito alta, muito alta, muito alta, muito alta, muito alta. As demais áreas V1 ano, V7 anos, V 6 anos

encontravam-se na faixa de $CTC > 15 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, sendo enquadradas respectivamente nas faixas de K em: alto, muito alto e alto (Tabela 13). Os teores de potássio no solo de São Luiz Gonzaga e em outros três municípios da região encontram-se nas situações de alta e muito alta de K, onde em cerca de 72,4% das amostras, demonstrando não ser uma preocupação no manejo da adubação das culturas (COLLING; FIORIN, NOWICKI, 2013). Comportamento similar tem mostrado o K, pois, no último levantamento realizado (RHEINHEIMER et al., 2001 apud MARTINAZZO, 2006), mais de 70% dos solos já apresentavam teores altos e muito altos desse elemento e, no presente diagnóstico, apenas 5% das amostras apresentam teores deste nutriente abaixo do nível de suficiência na camada 0-10 cm.

Teores elevados de K também foram constatados nos trabalhos de Martinazzo (2006) o qual avaliava a fertilidade de solos em SPD para o estado do RS, Groth et al. (2013) e Galvão (2008) o qual avaliava a fertilidade de solos no estado do Piauí para o cultivo de feijão-caupi.

Entre os fatos que podem explicar o elevado teor deste nutriente no solo a adsorção desse elemento aos colóides do solo (GROTH et al., 2013), sendo mais provavelmente resultado do uso excessivo de potássio no solo, o que se deve a fatos como não seguir recomendações técnicas, pressão comercial e até mesmo pela dúvida de produtores pela necessidade de aplicar fertilizantes potássicos em casos de altos níveis de K, neste caso há a necessidade em se corrigir parâmetros de suficiência para potássio (KIST, 2005).

5 CONCLUSÕES

Foram constatados que muitos dos parâmetros de fertilidade analisados apresentavam valores menores nas camadas de 10-20 cm do que em relação à camada 20-30 cm, quando se espera o contrário. Essa inversão de valores provavelmente pode ser explicada em função do preparo inicial de solo, o qual envolve a aração, a qual promove a inversão de camadas do solo, desta forma camadas mais profundas são levadas para mais intermediárias do solo, enquanto que estas camadas intermediárias passam a corresponder as camadas mais profundas do solo.

Em relação à disponibilidade de nutrientes nos solos amostrados, pode-se observar que na camada superficial há condições satisfatórias para o crescimento e desenvolvimento das plantas, visto que, todas as amostras apresentam saturação por bases maior que 65%, somado a ausência de Al tocável, teores alto a muito alto de K, teores altos de micronutrientes e enxofre. Contudo, somente duas amostras (~22,22%) possuem teores altos de P deste e quatro das amostras (~44,44%) possuem teores médios deste nutriente.

Por outro lado, as camadas inferiores apresentaram limitações superiores à camada superficial (0-10 cm) relativos principalmente ao teor de P no solo, onde mais da metade das amostras possuem teores baixo deste nutriente.

Em suma, os teores de micronutrientes, cálcio, magnésio, enxofre, apresentaram níveis adequados para a cultura, sendo em grande parte até elevados em relação ao nível alto destes micronutrientes. Por outro lado, os níveis de fósforo foram considerados insuficientes. Além disso, os resultados de elevados teores de alguns nutrientes permitem justificar a redução da adubação realizada pelos produtores, especialmente em relação ao potássio.

A média anual de produtividade entre as propriedades levantadas girou em torno de 1,5 a 2 t/ha de feno por corte, considerando que são feitos em média nove cortes anuais (13,5 a 18 t/ha de feno por ano, o que corresponde respectivamente a 11,07 t e 14,7 t de massa seca, em função do desconto de 18% de umidade), muito aquém do esperado para a cultura. Assim, como foram verificados valores muito baixos de fósforo, o qual foi apontado como principal limitante químico e sendo a alfafa uma cultura altamente responsiva a aplicação deste nutriente, a hipótese levantada inicialmente que a baixa produtividade é oriunda de deficiência nutricional, possivelmente se deve a valores insuficientes deste nutriente.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas.** São Paulo: ANDA, 2005 24p. (ANDA, Boletim Técnico, 6).
- ALVAREZ V., et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação.** Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.: il cap. 5, p. 25-32.
- BAYER, C.; MIELNICZUK J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21,p.105-112, 1997.
- BERNARDI, A. C. C. et al. Produção, estado nutricional e qualidade da alfafa sob pastejo e ocorrência de plantas daninhas em resposta à calagem, gessagem e adubação potássica. **B. Indústr. anim.**, N. Odessa,v.70, n.1, p.67-74, 2013.
- BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A., SILVA, C. A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C. M.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2002. p. 61-77.
- BIEZUS, V. **Potássio no solo e na planta e produção de alfafa cultivada no sistema plantio direto sob doses de adubação potássica.** 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. Pato Branco.
- BUENO, A. C. S.; LEMOS, C. A. S.; Levantamento da fertilidade do solo cultivado com arroz irrigado no município do Uruguaiana. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 13, n. 1, p. 41-51. 2006.
- CARVALHO, J. C. R.; SILVA SOUSA, C.; SOUSA, C.S. **Fertilizantes e fertilização.** Universidade Federal da Bahia Escola de Agronomia Departamento de Química Agrícola e Solos .Cruz das Almas -BA : 2005, 159 p.
- COLLINS, M.; LANG, D. J.; KELLING, K. A. Effects of phosphorus, potassium, and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions. **Agronomy Journal**, v. 78, n. 6, p. 959-963, 1986.
- EMBRAPA. **Cultivo da alfafa.** Embrapa Pecuária Sudeste Sistemas de Produção, 1 - 2ª Edição. ISSN 1679-1495 Versão Eletrônica. Nov/2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Alfafa/SistemaProducaoAlfafa_2ed/index.htm>. Acesso em: 10/10/2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013.
- COLLING, A.; FIORIN, J. E. NOWICKI, A. Diagnóstico de Fertilidade do Solo nos Municípios de São Luiz Gonzaga, Rolador, Caibaté e Mato Queimado. In: XVIII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, XVI Mostra de Iniciação Científica e XI Mostra de Extensão, 2013, Cruz Alta - RS. **Anais do XVIII Seminário Interinstitucional de**

Ensino, Pesquisa e Extensão, XVI Mostra de Iniciação Científica e XI Mostra de Extensão. Cruz Alta - RS: UNICRUZ, 2013.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10. Ed. Porto Alegre, 2004.

FALLEIRO, R.M.et al.Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,v.27,p.1097-1104, 2003.

FALKOSKI F. J. Avaliação da Fertilidade Química dos Solos em Sistemas de Produção no Território Norte Pioneiro, Paraná, Brasil. In: **XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo.** Guarapari-ES, 2010.

FONTES, P. C. R., et al. Resposta da cultura da alfafa (*Medicago sativa* L.) à adubação nitrogenada. **Revista da Sociedade Brasileira Zootecnia.** v. 21, n.06, p.996-1001, 1992.

GOMES, F. T. et al. Nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de alfafa em resposta a doses de calcário, com diferentes relações cálcio:magnésio. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, 2002.

GROTH, M. Z. et al .avaliação da fertilidade do solo no município de São José do Cedro, SC, Brasil. **Evidência**, Joaçaba v. 13 n. 2, p. 109-122, jul./dez. 2013.

GUBIANI, P. I. et al. Manejo da fertilidade do solo com auxílio do software CADUB. **Revista Plantio Direto, edição 113, setembro/outubro de 2009. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS. Disponível em:** http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=952. Acesso em 09 abr. 2015.

KIST, S. L. **Suprimento de potássio em Argissolo com histórico de adubação potássica.** 2005. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

KROLOW, R. H. et al . Efeito do fósforo e do potássio sobre o desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas anuais de estação fria. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 33, n. 6, supl. 3, p. 2224-2230, Dez. 2004 .

LANI, J. L. **Estratificação de ambientes na bacia do Rio Itapemirim, no Sul do Estado do Espírito Santo.** 1987. 114 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/CERES/revistas/V48N276P08301.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2015.

LI, R. et al. Potassium and nitrogen effects on carbohydrate and protein metabolism in alfalfa roots. **Journal of Plant Nutrition**, p. 511-529,1997.

LIMA, R. C. **A cultura da alfafa.** Rio: Edições SAI, 1959. 38 p.

LINS, C. B. **Diagnóstico da fertilidade do solo e estimativas de recomendação de calagem e adubação NPK para o Mato do Sul.** 2012. 68 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (ed.) **Fertilidade do solo.** Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob sistema plantio direto consolidado.** 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MIELNICZUK, J. Desenvolvimento de sistemas de cultura adaptados à produtividade, conservação e recuperação de solos. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, 1988, Campinas. **Anais...** Campinas, 1988.

MIRANDA, C. C. **Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e em plantios abandonados de eucalipto, Reserva Biológica União – RJ.** 2005. 82f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ. 2005.

MITTELMANN, A. et al. **Tecnologias para a produção de alfafa no Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Juiz de Fora: Embrapa Gado de leite, 2008. v. 1. 108 p.

MOREIRA, A. et al. Efeito de fontes e doses de enxofre nos teores e conteúdo de micronutrientes na alfafa e no trevo branco. **B. Industr. anim.**, N. Odessa, v.54, n.2, p.55-60, 1997.

MOREIRA, A. et al. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.34, n.2, p.249-255, fev. 1999.

MOREIRA, A. et al. Efeito da relação cálcio e magnésio do corretivo sobre micronutrientes na alfafa. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.35, n.10, p.2051-2056, out. 2000.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Fontes e doses e extratores de fósforo em alfafa e centrosema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1519-1527, 2001.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. EVANGELISTA, A. R. Relação cálcio e magnésio na fertilidade de um Latossolo Vermelho escuro distrófico cultivado com alfafa. **Ciênc. agrotec.**, Lavras,; v . 29, n. 4, p. 786-794, jul./ago., 2005.

MOREIRA, A. et al . Efeito da relação fósforo e magnésio do corretivo sobre micronutrientes na alfafa. **B. Industr. anim.**, N. Odessa, v .63, n.1, p.55-61, 2006.

Moreira, A. et al. **Fertilidade do solo e estado nutricional da alfafa cultivada nos trópicos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 67).

- MOREIRA, A.; BERNADI, A. C. C.; RASSINI, J. B. Correção do solo, estado nutricional e adubação da alfafa. In: **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.
- MOREIRA, A.; HEINRICHS, R.; FREITAS, A. R. Relação fósforo e magnésio na fertilidade do solo, no estado nutricional e na produção da alfafa. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 984-989, Jun. 2008.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia. 1961, 61 p.
- MOTTA, A. C.V. ; LIMA, M. R. Princípios de calagem. In: SIRTOLI, A. E. et al. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. 341 p.
- NUERNBERG, N.J., MILAN, P.A., SILVEIRA, C.A.M. Cultivo, manejo e utilização da alfafa. In: NUERNBERG, N.J., MILAN, P.A., SILVEIRA, C.A.M. **Manual de produção de alfafa**. Florianópolis : EMPASC, 1990. p.15-56.
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; TSAI, S. M. Associação simbiótica com a microbiota do solo. In: Simpósio sobre manejo de pastagem: alfafa, 16., 1999, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1999. p. 117-132.
- OLIVEIRA, W. S. et al. Disponibilidade hídrica relacionada ao conteúdo de nitrogênio e à produtividade da alfafa (*Medicago sativa L.*). **Revista Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 32, n. 6, Dec. 2003.
- OLIVEIRA, W. S. et al. Alfalfa yield and quality as function of nitrogen fertilization and symbiosis with *Sinorhizobium meliloti*. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 61, n. 4, 2004.
- ORIOLI JÚNIOR, V. et al. Estado nutricional e produção de massa seca da alfafa em função de doses de potássio em dois solos. **Biosci. J.**,; Uberlândia, v. 30, supplement 1, p. 31-38, jun./14
- PRADO, R.M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Funep, 2008. 413 p.
- PROVOROV, N.A; TIKHONOVICH, L.A. Genetic resources for improving nitrogen fixation in legume rhizobia symbiosis. **Genetic resources and crop evolution**, Rússia, v. 50, p. 89-99, 2003.
- RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R de. Desenvolvimento da Alfafa (*Medicago sativa L.*) sob Diferentes Doses de Adubação Potássica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 487-490, 1998.
- RASSINI, J. B. Alfafa (*Medicago sativa L.*): estabelecimento e cultivo no Estado de São Paulo. In: Utilização de Forrageiras para intensificação da produção de carne e leite. **Anais**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. p.140

RASSINI, J. B. **Inoculação de alfafa (*Medicago sativa*):** Fixação biológica do nitrogênio. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000. 5 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado Técnico, 23).

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A. **Recomendações para o cultivo de alfafa na região Sudeste do Brasil.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, Circular técnica nº46, 2006. 10p.

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. de P.; CAMARGO, A. C. de. Cultivo e estabelecimento da alfafa. In: **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.

REBELATO, R. C. **Efeito da nova técnica de coinoculação na cultura da alfafa (*Medicago sativa*), com *Rhizobium* e *Azospirillum*.** 2014. 19 f. Dissertação (Bacharel em Ciências Rurais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos. 2014.

RHEINHEIMER, D. S.; et al. **Situação da fertilidade dos solos no Estado do Rio Grande do Sul.** Santa Maria: Departamento de Solos, UFSM, 2001. 41p. (Boletim técnico; 2) é apud

SANCHEZ, P. A.; LOGAN, T. J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. **Myths and Science of Soil of the Tropics,** Madison, 1992.

SARMENTO, P.; CORSI, M.; CAMPOS, F. P. Resposta da alfafa a fontes de fósforo associadas ao gesso e à calagem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 81-390, 2001.

SFREDO, G. J., BORKERT, C. M. **Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de soja.** Londrina: Embrapa Soja. 2004. 44p. (Documentos 231).

TANAMATI, F. Y. et al. Produção e caracterização radicular de alfafa (*Medicago sativa* L.) em função da calagem e gessagem. **Revista Verde** (Mossoró – RN), v. 8, n. 4, p.126 - 131, out-dez, 2013.

VAN RAIJ, B. Mecanismos de interação entre solos e nutrientes. In: VAN RAIJ, B. **Avaliação da fertilidade do solo.** Piracicaba, Instituto da Potassa e fosfato, 1981.

VASCONCELOS, P. M. B. **Guia prático para o confinador.** São Paulo: Nobel,1993.