



MESTRADO EM AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

ADILSON CELIMAR DALMORA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO REMINERALIZADOR CONTENDO
ZEÓLITAS EM PLANTIO DE EUCALIPTO (*Eucalyptus saligna*; SMITH, 1797)**

CANOAS, 2017

ADILSON CELIMAR DALMORA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO REMINERALIZADOR CONTENDO
ZEÓLITAS EM PLANTIO DE EUCALIPTO (*Eucalyptus saligna*; SMITH, 1797)**

Dissertação apresentada à banca examinadora do curso de Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais da Universidade La Salle, como exigência para a obtenção do grau de Mestre.

Orientação: Prof. Dr. Rubens Müller Kautzmann

Coorientador: Prof. Dr. Sílvio Roberto Taffarel

CANOAS, 2017

ADILSON CELIMAR DALMORA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE USO REMINERALIZADOR CONTENDO
ZEÓLITAS EM PLANTIO DE EUCALIPTO (*Eucalyptus saligna*; SMITH, 1797)**

Dissertação apresentada à banca examinadora do curso de Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais da Universidade La Salle, como exigência para a obtenção do grau de Mestre.

Aprovada pela banca examinadora em 18 setembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rubens Müller Kautzmann
Presidente da Banca e Orientador

Prof. Dr. Sílvio Roberto Taffarel
Co – Orientador Unilasalle

Prof.^a Dr.^a Marília Lazarotto
Examinadora

Prof. Dr. Marcelo Biassusi
Examinador

Prof. Dr. Delmar Bizani
Examinador

AGRADECIMENTOS

Pela oportunidade de desenvolvimento e de crescimento, os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que de alguma maneira colaboraram para a elaboração deste trabalho, em especial:

Ao professor Dr. Rubens Muller Kautzmann, pela amizade, confiança, orientação e apoio ao longo desta pesquisa;

Ao professor Dr. Sílvio Roberto Taffarel, pela amizade, confiança, orientação e apoio ao longo desta pesquisa;

Ao Zeferino Genésio Chielle – FEPAGRO pelo apoio técnico da pesquisa;

À Claudete Gindri Ramos e Rivana Bezerra Modesto, pelo apoio técnico a pesquisa;

Ao Sr. Gilberto Freitas De Sá e a Sra. Malta Eliane Campos de Sá por ter cedido a área de terra para o experimento bem como ter colaborado na implantação e acompanhamento do experimento;

À Larissa Campos De Sá e Fagner Tafarel Campos de Sá, pela ajuda no monitoramento do experimento;

Ao Laboratório de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Nanotecnológico (LEADN) da Universidade La Salle, pela qualidade dos recursos e estrutura indispensáveis para a realização desta pesquisa;

Aos colegas pesquisadores do LEADN pelo excelente ambiente de trabalho, pelas importantes sugestões, e pelo apoio técnico;

À minha família pelo apoio e compreensão pelo tempo dedicado aos estudos;

Aos meus pais Constante Bambim Dalmora e Norma Umbelina Dalmora, em memória.

Muito Obrigado!

RESUMO

As rochas vulcânicas, principalmente os basaltos na forma cominuída são citadas como materiais que aportam nutrientes minerais ao serem incorporados ao solo. Em 2013 um novo produto, denominado Remineralizador de Solos, passou a ser reconhecido pela Lei nº 12890/2013 do Brasil, sendo definido como material mineral moído com propriedades de fornecer nutrientes minerais ao solo. A pesquisa das características e potencialidades dos remineralizadores tem se ampliado, mas ainda merecendo esforços de estudo para estabelecer e recomendar tratos agronômicos. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a aplicação de uma rocha basáltica vesicular da formação da Serra Geral, contendo minerais de zeólitas como remineralizador em cultura de eucaliptos, da espécie *Eucalyptus saligna* Smith mediante tratamentos agronômicos. O material rochoso, estudado como remineralizador foi proveniente de uma pedreira de basalto do município de Estância Velha, RS. A pesquisa compreendeu a caracterização física, química, mineralógica, a disponibilidade química de nutrientes do remineralizador, o acompanhamento das variáveis de fertilidade química do solo e o desenvolvimento das mudas de *Eucalyptus saligna* Smith quanto ao diâmetro e altura, no período de um ano e cinco meses. Para efeito de comparação foram preparados seis tratamentos agronômicos: T1) tratamento testemunha (sem adubação), T2) adubação utilizada pelo produtor, T3) tratamento com a aplicação de adubação química e calagem recomendada no trato agronômico, T4) tratamento apenas com remineralizador, T5) tratamento utilizando 50% das aplicações de remineralizador e da adubação recomendada, e T6) tratamento com aplicação de remineralizador e cama de aviário. Os atributos físicos e químicos dos solos foram acompanhados a cada seis meses e a evolução do desenvolvimento das mudas de *Eucalyptus saligna* Smith foi monitorada por medições periódicas trimestrais. A composição química da rocha indicou que a soma de bases (CaO, MgO, K₂O) foi de 11,44%, o teor de K₂O foi de 2,49% e os teores de elementos potencialmente tóxicos foram baixos. Esses resultados atendem aos critérios estabelecidos pela Instrução Normativa nº 05/2016 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para fins de registro do remineralizador. Em relação ao desenvolvimento das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith, o tratamento T5 foi o que apresentou maior desenvolvimento de altura e diâmetro enquanto o tratamento T4 foi o tratamento que menos se desenvolveu.

Palavras-chave: Remineralizador. Tratamento Agronômico. Rocha Vulcânica. Eucaliptos.

ABSTRACT

Volcanic rocks, mainly the basalts in particulated form, are cited as materials that provide mineral nutrients when incorporated into the soil. In 2013 a new product called soil remineralizer became recognized by the Law n° 12890/2013, being defined as a mineral material with properties to provide mineral nutrients to the soil. The research of the characteristics and potential of remineralizers has expanded, but still deserves study efforts to establish agronomic recommendations. The objective of this research was to evaluate the application of a vesicular basalt rock, from Serra Geral formation, containing zeolite minerals as a remineralizer in an *Eucalyptus saligna* Smith specie Plantation, through agronomic treatments. The rocky material studied as a remineralizer was from a quarry in the municipality of Estância Velha, RS. The research comprised the physical, chemical, mineralogical and chemical availability of nutrients from the remineralizer and the monitoring of variables of chemical soil fertility, the development of *Eucalyptus saligna* Smith as, the diameter height in a period of one and a half years. For comparison purposes were conceived six agronomic treatments: T1) testimony treatment (no fertilization), T2) fertilization used by the farmer, T3) treatment with the application of chemical fertilization and ground liming recommended in the agronomic recommendations, T4) treatment only using the remineralizer, T5) treatment with 50% of the remineralizer used in the treatment T4 and 50% of the recommended fertilization in treatment T3, and T6) treatment with application of remineralizer and poultry bed. The physical and chemical soil attributes were analysed every six months and the development of *Eucalyptus saligna* Smith seedlings has been monitored through periodic measurements quarterly. The chemical characterization of the rock, presenting the value of the sum of bases (CaO, MgO, K₂O) of 11.44%, the potassium oxide content (K₂O) of 2.49%, and content of toxic elements smaller than tolerable limits. These results reach the requirements of the IN 05/2016 of MAPA (Ministry of Agriculture, Livestock and Supply) to register the rock as a remineralizer of soils. In relation to the development of *Eucalyptus saligna* Smith plants, the treatment T5 had the best development in height and diameter while the treatment T4 had the smallest development.

Keywords: Remineralizer. Agronomic treatment. Volcanic rock. Eucalyptus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Célula unitária da Heulandita mostrando o canal de poros, delimitado por estrutura cristalina polimérica das coordenações tetraédricas de Si e Al.....	28
Figura 2 –	A: Vista da mineradora de basalto Incopel. B: Interior da mina. A amostra utilizada no estudo foi extraída do local marcado com o polígono em amarelo. Data da imagem: 23 de janeiro de 2016.....	33
Figura 3 –	Pilha da amostra I3BV já britada pela empresa e deixada no local do experimento de plantio.....	34
Figura 4 –	Vista geral do experimento (poligonal em amarelo). Data da imagem: 18 de abril de 2016.....	39
Figura 5 –	Aspecto da linha revolvida com subsolador no local do experimento.....	44
Figura 6 –	Distribuição dos tratamentos, quantidade de mudas plantadas por canteiro e identificação das plantas monitoradas.....	48
Figura 7 –	A e B – Mudas selecionadas para plantio nas linhas de controle, C – demonstração do método de controle de diâmetro através do paquímetro e altura com fita métrica. Figura A e B realizada em 30 de setembro de 2015 e Figura C realizada em 11 de janeiro de 2016.....	49
Figura 8 –	Representação dos elementos de um gráfico <i>Box-plot</i> com a identificação da média, mediana, valores do primeiro quartil (Q1) e terceiro quartil (Q3), limite inferior, limite superior e valores discrepantes.....	50
Figura 9 –	Difratograma de raios - X da amostra I3BV.....	54
Figura 10 –	Precipitação Pluviométrica para Porto Alegre, RS, 2015.....	63
Figura 11 –	Precipitação Pluviométrica para Porto Alegre, RS, 2016.....	64
Figura 12 –	. Gráfico dos teores médios de argila (%) dos solos nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário.....	65

Figura 13 – Gráfico dos teores médios de matéria orgânica nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário.....	66
Figura 14 – Gráfico dos valores médios de pH H ₂ O nas três análises de solo, onde T0: primeira análise de solo; T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário.....	67
Figura 15 – Gráfico dos teores médios de alumínio (Al th) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário.....	68
Figura 16 – Gráfico dos teores médios de potássio (K) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário.....	69
Figura 17 – Gráfico dos teores médios de fósforo (P) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário..	70
Figura 18 – Gráfico dos teores médios de cálcio trocável (Ca th) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário.....	72
Figura 19 – Gráfico dos teores médios de Magnésio trocável (Mg th) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário.....	72

Figura 20 – Evolução das plantas dos tratamentos T4.1 e T5.1 ao longo do experimento, onde n° 1A: primeira conferência; n° 2B: segunda conferência, n° 3C: terceira conferência do tratamento 4.1 e n° 1D: primeira conferência; n° 2E: segunda conferência, n° 3F: terceira conferência do tratamento 5.1.....	74
Figura 21 – Gráfico de intervalos de confiança (95%) entre os tratamentos, demonstrando as diferenças estatísticas em relação à altura das plantas na 1° conferência (cm).....	75
Figura 22 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos, demonstrando as diferenças estatísticas em relação ao diâmetro das plantas na 1° conferência (cm).....	76
Figura 23 – Gráfico de <i>Box-plot</i> da média, mediana, valores do 1° e 3° quartil, limite inferior e superior e valores discrepantes dos tratamentos, para a primeira conferência da altura das plantas	76
Figura 24 – Gráfico de <i>Box-plot</i> da média, mediana, valores do 1° e 3° quartil, limite inferior, limite superior e valores discrepantes da 1° medida de diâmetro das plantas.....	77
Figura 25 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos demonstrando as diferenças estatísticas em relação a 2° conferência da medida de altura (cm).....	78
Figura 26 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos demonstrando as diferenças estatística em relação ao diâmetro das plantas na 2° conferência (cm).....	78
Figura 27 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos demonstrando as diferenças estatísticas em relação a altura das plantas na 3° conferência da altura (cm).....	79
Figura 28 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos demonstrando as diferenças estatísticas em relação ao diâmetro das plantas na 3° conferência (cm).....	79
Figura 29 – Gráfico de <i>Box-plot</i> da média, mediana, valores do 1° e 3° quartil, limite inferior, limite superior e valores discrepantes da 2° conferência de altura das mudas de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith (cm).....	80

Figura 30 – Gráfico de <i>Box-plot</i> da média, mediana, valores do 1º e 3º quartil, limite inferior, limite superior e valores discrepantes na 3º conferencia da altura das plantas de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith (cm).....	80
Figura 31 – Gráfico de <i>Box-plot</i> da média, mediana, valores do 1º e 3º quartil, limite inferior, limite superior e valores discrepantes da 2º conferência do diâmetro das plantas de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith (cm).....	81
Figura 32 – Gráfico de <i>Box-plot</i> da média, mediana, valores do 1º e 3º quartil, valores máximos, mínimos e valores discrepantes da conferência da 3º medida do diâmetro das plantas de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith (cm).....	81

QUADROS

Quadro 1 – Classificação granulométrica do produto remineralizador prevista na IN n°5/2016 do MAPA.....	35
Quadro 2 – Cronograma das etapas do experimento.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Atributos físicos e químicos do solo antes da intervenção do experimento com remineralizador em cultura de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith.....	42
Tabela 2 –	Resumo das aplicações de adubos e remineralizador por tratamento.....	46
Tabela 3 –	Distribuição dos tratamentos, para controle de fertilidade de solo e desenvolvimento das mudas com a identificação das parcelas, tratamentos, Largura (m), comprimento (m), quantidade das mudas por linha de controle.....	47
Tabela 4 –	Distribuição granulométrica da amostra I3BV e as granulometrias previstas pelo MAPA.....	51
Tabela 5 –	Aproximação semiquantitativa (%) das principais fases minerais presentes na amostra I3BV.....	53
Tabela 6 –	Composição percentual dos óxidos simples dos elementos predominantes da amostra I3BV, determinada por Fluorescência de raios -X.....	56
Tabela 7 –	Composição química dos elementos majoritários e elementos-traços da amostra I3BV.....	57
Tabela 8 –	Análise agronômica da amostra I3BV.....	58
Tabela 9 –	Concentrações nos lixiviado da amostra I3BV em mg L ⁻¹ para duas metodologias BS EN 12457-2, (2002) e Brasil, (2014).....	59
Tabela 10 –	Umidade total (105°C) e efetiva (60°C) do solo utilizado no experimento de cultivo de eucaliptos.....	60
Tabela 11 –	Resultado da evolução da fertilidade do solo ao longo do experimento, onde os tratamentos T1 - Testemunha, T2 - Adubação do produtor, T3 – Adubação Recomendada, T4 – Remineralizador, T5 – Adubação Mista e T6 – Remineralizador com cama de aviário.....	62
Tabela 12 –	Valores médios da altura (A) e diâmetro (D) do desenvolvimento das plantas de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith e percentual de desenvolvimento entre a primeira e últimas conferências de cada tratamento.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM –	American Society for Testing and Materials
ANDA –	Associação Nacional para a Difusão de Adubos
BS EN –	British Standard European Norm
CTC –	Capacidade de troca catiônica
CIENTEC	Fundação de Ciência e Tecnologia
DRX –	Difratometria de Raios - X
EMBRAPA –	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAN -	Fontes alternativas de nutrientes
FAO -	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FEPAGRO -	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
FRX -	Fluorescência de Raios - X
ICP-AES -	Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado
ICP – MS -	Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado
IN –	Instrução Normativa
I3BV –	Identificação da amostra utilizada no experimento
Kg –	Quilogramas
LASORS –	Laboratório de Solos
LOI –	Loss on Ignition
MAPA –	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
M.O. –	Matéria orgânica
MCTI –	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
NBR –	Norma Brasileira Regulamentadora
NPK –	Fertilizantes químicos compostos por nitrogênio, fósforo e potássio
pH -	Potencial Hidrogeniônico
UFRGS –	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Objetivo geral.....	18
1.2	Objetivos específicos.....	18
1.3	Justificativa.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	Produção florestal.....	20
2.2	Fertilizantes.....	21
2.3	Remineralizador.....	23
2.4	Zeólitas.....	26
2.5	Adubação.....	29
2.5.1	<i>Adubação de base.....</i>	<i>30</i>
2.5.2	<i>Adubação de cobertura.....</i>	<i>30</i>
2.5.3	<i>Adubação de manutenção.....</i>	<i>31</i>
2.6	Microbiologia do solo.....	31
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	Seleção da amostra.....	33
3.2	Caracterização física	34
3.2.1	<i>Classificação granulométrica.....</i>	<i>34</i>
3.2.2	<i>Determinação da umidade e massa específica</i>	<i>35</i>
3.2.3	<i>Massa específica aparente.....</i>	<i>36</i>
3.3	Caracterização mineralógica.....	36
3.4	Composição química.....	37
3.5	Disponibilidade de nutrientes.....	38
3.5.1	<i>Extração com água deionizada.....</i>	<i>38</i>
3.5.2	<i>Extração com ácido cítrico a 2%.....</i>	<i>39</i>
3.6	Tratamentos agronômicos.....	39
3.6.1	<i>Amostragem de solo.....</i>	<i>40</i>
3.6.2	<i>Preparação das amostras de solo.....</i>	<i>40</i>
3.6.3	<i>Acompanhamento da fertilidade do solo ao longo do experimento.....</i>	<i>43</i>
3.6.4	<i>Determinação da umidade do solo.....</i>	<i>43</i>
3.6.5	<i>Análise agronômica.....</i>	<i>44</i>
3.7	Delineamento experimental.....	44

3.8	Plantio e avaliação de desenvolvimento do <i>Eucalyptus saligna</i> Smith	49
3.9	Avaliações estatística do desenvolvimento das plantas.....	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1	Caracterização física do remineralizador.....	51
4.1.1	<i>Classificação granulométrica</i>	51
4.1.2	<i>Determinação da umidade</i>	52
4.1.3	<i>Massa específica aparente</i>	52
4.1.4	<i>Massa específica</i>	52
4.2	Caracterização mineralógica.....	52
4.3	Caracterização química.....	55
4.3.1	<i>Fluorescência de raios – X.....</i>	55
4.3.2	<i>Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES) e Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS).....</i>	56
4.4	Disponibilidades de nutrientes.....	58
4.5	Caracterização do solo do experimento.....	60
4.6	Monitoramento da fertilidade do solo.....	61
4.6.1	<i>Considerações sobre a variável clima.....</i>	63
4.6.2	<i>Teor de argila (%).....</i>	64
4.6.3	<i>Teor de matéria orgânica (M.O.).....</i>	65
4.6.4	<i>pH H₂O.....</i>	66
4.6.5	<i>Teor de alumínio trocável (Alth).....</i>	67
4.6.6	<i>Teor de potássio (K).....</i>	68
4.6.7	<i>Teor de fósforo (P).....</i>	69
4.6.8	<i>Teores de cálcio trocável (Cath) e magnésio trocável (Mgth).....</i>	71
4.6.9	<i>Teores dos micronutrientes (S, Zn, Cu, B, Mn).....</i>	72
4.7	Resultados do desenvolvimento de plantas clonais de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith.....	73
4.7.1	<i>Primeira conferência da altura e diâmetro das plantas.....</i>	74
4.7.2	<i>Segunda e terceira conferência de altura e diâmetro das plantas.....</i>	77
5	CONCLUSÃO.....	82
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	83
	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICE A - Laudos das três campanhas de fertilidade química do solo.....	93
	APÊNDICE B – Controle de desenvolvimento das três conferência de altura e diâmetro das plantas de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith (cm).....	106

APÊNDICE C – Controle estatístico da altura das plantas de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith.....	110
APÊNDICE D – Controle estatístico do diâmetro das plantas de <i>Eucalyptus saligna</i> Smith	116
ANEXO A – Metodologia para fluorescência de raios - X.....	122
ANEXO B – Metodologia de ICP - MS e ICP - AES.....	124
ANEXO C – Primeiro laudo de fertilidade de solo.....	127

1 INTRODUÇÃO

O estudo da aplicação de rocha cominuída na forma de farelo, pó ou filler em solos agrícolas vem sendo estudado por institutos de pesquisa e empresas e organismos de governo, como uma alternativa a melhoria das condições de fertilidade dos solos do Brasil e assim diminuindo a pressão econômica e dependência do país à importação de fertilizantes e seus insumos.

A pesquisa, objeto desta dissertação de mestrado está inserida em projeto aprovado pela Chamada Universal – MCTI/CNPq Nº 14/2014 - Processo nº 445435/2014-3, “Estudo da geoquímica de rochas silicáticas para remineralização de solos e caracterização técnica do produto remineralizador” e contempla o objetivo específico de teste de rochagem em lavoura. A atividade recebeu apoio de pesquisador Zeferino Genésio Chielle da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – (FEPAGRO), Vale do Taquari, RS, na orientação dos procedimentos agronômicos.

O Brasil se destaca mundialmente por ter grandes áreas florestais plantadas para a produção, principalmente, de madeira, e celulose, além de outros produtos florestais essenciais, e florestas nativas com possibilidade de manejo sustentado. Segundo Iba (2016), o setor florestal brasileiro possui uma área de 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas, responsável por fornecer 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país. Deste total, a maior parte está destinada a produção de celulose e papel, sendo 34% pertencentes às indústrias de celulose e 29%, a pequenos e médios produtores rurais. Ainda segundo o mesmo autor, os demais setores consumidores de madeira são as indústrias de painéis de madeira, pisos laminados, embalagens, moveleiro, siderúrgica (carvão vegetal), construção civil e de produtos químicos, entre outras. Novos produtos como a fibra de carbono sustentável, retirada da madeira, poderão ser utilizados na indústria aeronáutica e na automobilística, por ser mais de 50% menores que as fibras de origem da petroquímica.

Os dois principais gêneros florestais plantados no Brasil são *Eucalyptus* e *Pinus*. Segundo a ABRAF (2013), em 2012 espécies que pertencem a estes gêneros ocupavam um total de 6.664.812 hectares de florestas plantadas, sendo 76,6% era composta por plantações de *Eucalyptus* spp., popularmente conhecido como eucalipto, e 23,4% aos plantios de *Pinus* spp.. Neste mesmo ano, 7% da energia elétrica gerada foi proveniente da biomassa de origem florestal.

O plantio florestal no país tem uma maior produtividade por hectares devido as condições edafoclimáticas e fundiárias e aos fatores de política de investimento em pesquisa e

desenvolvimento, aliada a um menor ciclo de colheita em relação aos demais países. A produção média dos plantios de *Eucalyptus* spp., em 2006, foi de 39,4 m³/ha, enquanto em 2012 a produção atingiu 40,7 m³/ha.

O Brasil está na quarta posição de produção de madeira para a indústria da celulose, ficando atrás apenas de Rússia, Indonésia e Estados Unidos. O menor custo de produção da madeira produzida no Brasil, em relação ao mercado internacional, tem sido vantajoso para a indústria da celulose (ABRAF,2013).

De acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), em 2016, foi entregue ao comércio nacional 34.083.415 milhões de toneladas de fertilizantes, tendo sido um aumento na importação de fertilizantes de 11,4% em relação a 2015. Considerando que em 2016 a produção nacional de fertilizantes alcançou 8.999.817 milhões de toneladas, a dependência das importações significa 73% das necessidades de fertilizante pelo Brasil. Estes dados ajudam a aumentar o interesse dos pesquisadores em encontrar novos materiais que venham a suprir essa demanda. (ANDA, 2016).

Neste contexto, muitos pesquisadores têm buscado novas alternativas de insumos agrícolas visando reduzir os custos e potencializar a sustentabilidade ambiental, na fertilização de solos. Os remineralizadores podem vir a suprir as necessidades do solo por nutrientes minerais, porém de forma mais lenta que os adubos químicos solúveis. As rochas vulcânicas são as mais estudadas para fins de remineralização (NICHELE, 2006).

Para que o desenvolvimento agrícola no planeta seja sustentável torna-se relevante o conhecimento mais aprofundado sobre o solo, e suas interações com o meio ambiente. Os solos brasileiros, na sua maioria, são ácidos e empobrecidos pela ação do clima húmico que promove a lixiviação dos elementos nutrientes, principalmente em fósforo e potássio (PEREIRA FILHO et al., 2015). Em função desta condição de solo e da agricultura intensiva, o Brasil é um dos maiores consumidores de fertilizantes, o que implica em custos mais elevados na produção (MACHADO, 2016; PEREIRA FILHO et al., 2015).

O presente trabalho avaliou o emprego da técnica de rochagem de solo com remineralizador contendo zeólitas em um cultivo de *Eucalyptus saligna* Smith. Para a silvicultura o emprego de remineralizadores de solo pode ser visto como uma alternativa interessante de garantia da qualidade do solo durante todo o período de cultivo.

1.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicação de basalto contendo minerais de zeólita no desenvolvimento de plantas clonais *Eucalyptus saligna* Smith.

1.2 Objetivos específicos

A pesquisa contemplou os seguintes objetivos específicos:

- a) caracterizar o remineralizador a ser utilizado no experimento (química, física, mineralógica e agrônoma);
- b) avaliar a potencialidade do remineralizador para disponibilização de macro e micronutrientes, através de ensaios de lixiviação em água e em solução de ácido cítrico a 2%;
- c) caracterizar o solo da área para plantio visando estabelecer os tratamentos a serem aplicados no plantio e cultivo de mudas clonais de *Eucalyptus saligna*;
- d) realizar o acompanhamento da evolução da fertilidade do solo bem como a evolução da cultura implantada;
- e) verificar a ação potencial do remineralizador sobre o desenvolvimento inicial de plantas clonais de *Eucalyptus saligna* Smith;
- f) analisar e discutir o experimento a partir dos resultados obtidos utilizando-se ferramenta estatística.

1.3 Justificativa

O plantio e produção de madeira de eucalipto são expressivos na Região Metropolitana de Porto Alegre, onde ocorrem afloramentos e os primeiros derrames basálticos da Formação Serra Geral, com inúmeras registros de horizontes vesiculares e amigdalóides contendo minerais do grupo das zeólitas em pedreiras dessa região. As zeólitas são contaminantes na produção de agregados para uso na construção civil. Por outro lado, as zeólitas são conhecidas por suas qualidades agrônomicas. Portanto, trata-se de um material gerado na produção de agregados, de baixo valor, com potencialidades de uso nobre como remineralizador de solos para uso agrônomo.

O produto remineralizador foi estabelecido pela Lei nº12.890 / 2013 (BRASIL, 2013), alterando a Lei Nº 6.894 / 1980 - Lei dos Fertilizantes, (BRASIL, 1980) como uma categoria de insumo para a agricultura.

Os resultados desta pesquisa observam os parâmetros estabelecidos para o registro de produto remineralizador junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com a *Organization for Economic Co-operation and Development–Food and Agriculture Organization of the United Nations* (OECD-FAO, 2012), as áreas para cultivos agrícolas disponíveis são limitadas. Dentre as previsões está o aumento inferior a 5% até 2061, o que corresponde 69 milhões de hectares aproximadamente.

Para intruzir a pesquisa de aplicação de remineralizador como um fertilizante em plantio de floresta de eucalipto será abordada nesta revisão o segmento de produção florestal, as necessidades do Brasil em fertilizantes de solo, demandados principalmente pela produção de commodities, os processos de fertilização atribuídos aos remineralizadores, abrindo um parentese para as características das zeólitas, e uma introdução aos procedimentos de adubação de solos.

2.1 Produção florestal

A demanda por produtos florestais cresce a cada ano e a silvicultura passa a ter destaque no setor rural e estabelecendo uma nova cadeia e cenário sócio econômico brasileiro (CORRÊA et al., 2013). A produção de madeira abastece um vasto espectro da indústria: celulose, papel, moveleira, produção de painéis de madeira, pisos e laminados, construção civil e como energia para a siderúrgica (carvão vegetal) e comércio e serviços, além do setor químico e farmacêutico (essências) (IBA, 2016).

No Brasil, os plantios de *Eucalyptus* spp. ocupam 5,6 milhões de hectares. Os principais estados produtores são Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%). A área de plantio da cultura teve um acréscimo de 2,8% ao ano nos últimos 5 anos, sendo que sua produção tem sido, em média, 36 m³/ha ano. Por sua vez, o *pinus* vem apresentando uma taxa negativa de plantio de cerca de 2,1% ao ano, com produção média de 31 m³/ha.

A espécie *Eucalyptus saligna*, introduzida no Brasil, permite um ciclo de corte relativamente curto e uma alta produtividade, quando comparada com espécies florestais nativas. Apresenta, portanto, uma grande importância do ponto de vista econômico e silvicultural, uma vez que são utilizadas para produção de papel, celulose e fins energéticos (SILVA et al., 1983).

A maior parte dos plantios arbóreos no RS é realizada com espécies do gênero *Eucalyptus*, tais como: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. dunnii*, *E. benthamii*. De acordo com a

Associação Gaúcha de Empresas Florestais, no estado, a atividade de floresta plantada é preponderante e ocupa 4% da área total, enquanto as culturas permanentes representam apenas 2% do total. O plantio de eucalipto no estado representa 5% de todo o gênero plantado no país.

Segundo a Ageflor (2016), as principais regiões do estado que se consolidaram como polos florestais são:

- Polo da Serra: Localizado no Nordeste Rio-grandense, especificamente na microrregião de Vacaria, nesta região se cultiva *pinus*, mas o eucalipto também se faz presente. Sendo que os principais municípios são: Cambará do Sul, São Francisco de Paula, São José dos Ausentes, Bom Jesus e Jaquirana;
- Polo Região Central/Sudeste: Localizado no sudeste do estado e tendo o município de Encruzilhada do Sul como um dos principais, este polo se caracteriza pelo plantio de eucalipto, de *pinus* e de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), nos municípios de Piratini, Taquari, Triunfo, Pelotas e Butiá;
- Polo do Litoral: Este polo se caracteriza pelo plantio de eucalipto e de *pinus*. Seus principais municípios são Porto Alegre, Guaíba, Montenegro, Osório, Capivari do Sul, Mostardas, Rio Grande, Gravataí. O plantio de *pinus* se destaca nos municípios de Mostardas, Rio Grande, Pelotas, Palmares do Sul, Tavares e São José do Norte;
- Polo Alto Uruguai: destaca-se pelo plantio de eucalipto e *pinus*, o principal destino desta madeira é utilizada para a secagem de grãos na agroindústria, abrangendo o município de Erechim.
- Polo Fronteira Oeste: O plantio de eucalipto surgiu recentemente para ter sua destinação para as fábricas de celulose nos municípios de Rosário do Sul, São Gabriel, Cacequi, São Borja, Alegrete, Itaqui, Maçambará e outros, o *pinus* também é encontrado nesta região.
- Polo Zona Sul/Campanha: Nesta área se destaca o plantio de eucalipto destinado as fábricas de celulose e plantios de Acácia-negra, destacando-se o município de Piratini.

2.2 Fertilizantes

Os plantio de florestas exigem solos com padrões de fertilidade adequados e, portanto

de insumos de adubação e correção de solos. Mas sem dúvida, a produção de alimentos, principalmente de commodities, são os grandes consumidores de fertilizantes químicos e calcário.

A Revolução Verde, ocorrida entre as décadas de 60 e 70, provocou avanços incontestáveis na produção de alimentos, aportando à agricultura a intensificação do uso de tecnologias como: melhoramento genético, mecanização das lavouras, desenvolvimento de agroquímicos, fertilizantes e corretivos (ALBANO, 2005). O Brasil beneficiou-se dessa revolução, gerando tecnologia própria através das universidades e instituições públicas de pesquisa, entre elas a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Atualmente, o Brasil bate recordes de produção de diversos produtos agrícolas. O Brasil em comparação a outros países está bem colocado no *ranking* de cultivo e produção de soja, algodão, café, cana-de-açúcar madeira, dentre outros produtos.

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2013) houve um aumento tanto na produção, como na produtividade da agricultura tropical de alimentos. Existe um espaço grande para o crescimento na produtividade, principalmente para o milho, arroz e feijão, pois estes itens estão abaixo da produtividade mundial.

Os principais nutrientes minerais que um solo deve conter para o bom desenvolvimento de plantas, definidos como macronutrientes são: N, P, K, Ca, Mg e S. Estes elementos são absorvidos pelas plantas em maior quantidade, enquanto os micronutrientes (também chamados de elementos traço), são absorvidos em uma proporção menor, mas não menos importantes para a saúde da planta e para o aporte nutricional das culturas de alimentos. Os micronutrientes são: B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn (RONQUIM, 2010).

Os fertilizantes minerais devem conter os nutrientes necessários para o desenvolvimento e crescimento da cultura desejada. Preferencialmente possuir em sua formulação os macronutrientes N, P e K, podendo estar contidos em insumos naturais ou manufaturados. O nitrogênio, fósforo e potássio são utilizados em grande quantidade, já o enxofre, cálcio e magnésio são necessários em menor quantidade (ISHERWOOD, 2003). Isherwood (2003) traz em sua explicação que esses nutrientes são constituintes de muitos componentes das plantas, tais como: proteínas, ácidos nucleicos e clorofila, e são considerados essenciais para os processos de transferências de energia, manutenção da pressão interna e ação enzimática.

Às vezes esquecido, o silício (Si) está presente com nutriente vegetal e, muitas vezes, tem participação importante na qualidade e sanidade das culturas. Estudos recentes da aplicação de Si na agricultura coincidem com sua inclusão como micronutriente na Lei dos

Fertilizantes (BRASIL, 2013). As pesquisas do Si avaliam a aplicação de sais de silicato, como o CaSiO_4 , em lavouras (MAUD et al., 2003; CAMARGO et al., 2007; FILGUERAS, 2007). Os benefícios do Si se dão na relação planta-ambiente, aportando às culturas condições de suportar adversidades climáticas, do solo e biológicas.

A grandeza do agronegócio brasileiro contrapõe-se à alta dependência externa de insumos fazendo com que Lapido-Loureiro (2009) apontasse o Brasil como um “gigante de pés de barro”, ressaltando a fragilidade nacional da produção de fertilizantes, acentuada pelas sérias limitações dos seus solos de forma geral, e alertando para a importância de se buscar alternativas.

2.3 Remineralizador

A remineralização do solo é o principal pressuposto da tecnologia da rochagem que consiste em adicionar ao solo a rocha moída, na forma de farelo, pó ou filler (THEODORO et al., 2010; LEONARDOS et al., 1976). Esta técnica visa reproduzir o processo natural de geração de solos a partir da decomposição das rochas formadoras da crosta terrestre, processo conhecido como intemperismo ou alteração dos minerais de rocha. À medida que a rocha e seus minerais (primários) são alterados a novos minerais de solo (argilominerais) ocorre a liberação parcial de elementos macro e micronutrientes. Assim, restituem-se ao solo os elementos minerais aproximando este a um solo jovem rico em nutrientes.

Os remineralizadores, agrominerais, pós de rocha, petrofertilizantes, remineralização ou fontes alternativas de nutrientes (FAN) são encontrados na literatura técnica e científica (LAPIDO- LOUREIRO; NASCIMENTO, 2009; LAPIDO-LOUREIRO; RIBEIRO, 2009; MARTINS, 2010; THEODORO et al., 2006).

Nesta técnica, os nutrientes disponíveis são liberados lentamente (MACHADO et al., 2009; THEODORO, 2000; MELAMED et al., 2007). Segundo Kautzmann et al. (2009) este processo busca o rejuvenecimento do solo para uso na agricultura, recuperando seus constituintes sem que este processo afete a vida natural existente nele, conhecido como a fertilização sustentável. Sendo assim, como alerta Van Straaten (2006), o potencial remineralizador das rochas será muito importante, desde que as concentrações de nutrientes que estão presentes em sua matriz mineral sejam solubilizadas e permaneçam disponíveis às culturas.

O francês M. Missoux (1853) e o alemão Julius Hensel (1880), foram pioneiros na divulgação de trabalhos sobre a utilização da rocha como fonte de nutrientes para as plantas

(LAPIDO-LOUREIRO; NASCIMENTO, 2009; VAN STRAATEN, 2006). O livro *Bread of stones* foi publicado em 1880 por Hensel que significa pão proveniente das rochas. Apartir de 1948, despertou interesse de pesquisadores como: Keller, Fyfe, Leonardos, Chesworth, Straaten, Pride, Gillman, Barak, Weerasuria, Coroneos, Hinsinger, Harley, Gilkes (FYFE et al., 2006; LAPIDO-LOUREIRO; NASCIMENTO, 2009; VAN STRAATEN, 2006).

No Brasil, já na década de 50, há registros do estudo utilizando pó de rocha para fertilização de solos, realizado por D. Guimarães e Vladimir Ilchenko. O professor Othon Leonardos foi considerado o precursor do uso do pó de rocha como insumo agrônômico, com estudos realizados nos anos 1970 e 1980. Neste período, se buscavam os materiais que fossem capazes de fornecer potássio e outros nutrientes para as plantas, como rotas alternativas para a obtenção de fertilizantes (COELHO, 2005; CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2010; RESENDE et al., 2006). Entre todos os nutrientes necessários ao solo e à planta, os estudos concentravam-se principalmente no aporte de P e K, por serem estes os dois principais fertilizantes minerais utilizados na agricultura intensiva.

Na década de 90 foi criada uma parceria entre a Embrapa Cerrado e a Universidade de Brasília. Em 2003 foi criada uma rede interinstitucional de pesquisa, denominada de Rede Agri-Rocha, (RESENDE et al., 2006). Com o objetivo de avançar nos estudos de rochagem, foram realizados os congressos de rochagem nas cidades de: Brasília/DF (2009), Poços de Caldas/MG (2013) e em Pelotas/RS (2016). Estes eventos adquiriram grande relevância na consolidação desta tecnologia, no avanço do conhecimento, na divulgação do tema e no apoio ao desenvolvimento de políticas públicas.

Os estudos com rochas silicáticas vulcânicas são os mais encontrados em estudos na literatura, por serem as principais rochas fontes de K, e apresentam altas taxas de dissolução ou degradabilidade (MARTINS et al., 2008).

A remineralização de solos através, do uso de pó de rocha vulcânica, é uma alternativa que pode contribuir na melhoria da fertilidade dos solos, com expectativa de reduzir a necessidade de adubos químicos solúveis, reduzindo os custos dos agricultores e os impactos gerados pelo consumo excessivo dos fertilizantes solúveis (químicos). A remineralização, parte da premissa de que as rochas disponibilizam uma faixa maior de macronutrientes e micronutrientes às plantas (RAMOS *et al.*, 2015).

Em regiões tropicais, com intensos períodos e volumes de chuvas, os adubos solúveis são facilmente lixiviados e, portanto, reduzindo o tempo de permanência no solo e disponibilidade às plantas. As intensas chuvas nas regiões tropicais removem com facilidade os nutrientes solúveis do solo, implicando na necessidade de reposição de fertilizantes a cada

cultivo. Por sua vez, os remineralizadores, apesar da menor taxa de disponibilidade de nutrientes, por sua menor solubilidade, mantém o aporte de nutrientes por longos períodos de tempo (THEODORO; ALMEIDA, 2013).

A remineralização traz efeitos positivos para a fertilidade do solo e pode ser considerada uma alternativa para a conservação do solo bem como sua recuperação. Silva et al. (2008) concluiu que esta técnica promoveu resultados positivos em relação a qualidade química do subsolo, em testes realizados em casa de vegetação com solo do cerrado.

Fyfe et al. (1983) sugeriram que o incremento de uma tonelada/ha/ano de remineralizador com potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}) e fósforo (P^{+5}) pode devolver a qualidade de fertilidade de solos pobres, como em muitos locais do Cerrado. De certa forma, é um conceito de fertilização sustentável que permite, com o tempo, que o solo cultivável se recupere sem prejudicar o seu equilíbrio químico natural. Segundo Melamed et al. (2007), o uso de remineralizador traz vantagens ao solo, pois ele propicia o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) por ocorrer à formação de neominerais de argila à medida que ocorre o processo de intemperismo da rocha.

Sékula (2011) realizou uma pesquisa com produtores orgânicos no município de Guarapuava estado do Paraná, onde utilizou o pó de basalto combinado com biofertilizantes como técnicas alternativas de adubação. A pesquisa foi desenvolvida em campo entre 2005-2011, em área de latossolo. Nos tratamentos foram utilizadas aplicações de foliares de biofertilizantes, ureia líquida e supermagro, respectivamente. As culturas de verão (milho, girassol, feijão, soja) e de inverno (aveia preta, azevém, ervilha, cevada) foram avaliadas. Não houve diferença significativa na fertilidade do solo, as culturas nem entre os tratamentos. Em relação ao NPK, o pó de basalto com ureia líquida e supermagro alcançou resultados inferiores.

Knapik (2007) realizou estudo de caracterização química de pós de rochas vulcânicas para quantificar o incremento de macro e micronutrientes em plantas e da produtividade de culturas que receberam o tratamento com remineralizador. Além de ter alcançado resultados satisfatórios na correção da acidez do solo, os resultados de liberação de nutrientes também foram satisfatórios. Tais resultados podem ser explicados pelo processo geoquímico de alteração das rochas silicáticas, que através da alteração preferencial de feldspatos e aluminossilicatos e liberação de 2/3 do Si para a solução, como sugere a reação de climatização do K-feldspato a caulim. Nela ocorre o processo de geração de minerais de argila, com a consequente retenção da maior parte do Al nas novas fases minerais e (KAUSKOPF, 1972).

2.4 Zeólitas

A formação Serra Geral, abrange toda a região centro sul do Brasil estendendo-se ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina. É constituída predominantemente por basaltos e basalto-andesitos de filiação toleítica, mas com expressivos derrames ácidos com riolitos e riodacitos, aflorantes na região dos Aparados da Serra (MELFI et al., 1988).

A formação de zeólitas deve-se aos fenômenos geológicos que ocorreram nos derrames de lavas vulcânicas sobre os sedimentos arenosos preexistentes. As paragêneses mais encontradas nesta região são as seguintes: escolecita, laumontita e heulandita, juntamente com as demais fases de alumínio silicatos, dos diferentes padrões de derrames. Dresch (2010) menciona escolecita, heulandita, estilbita e chabazita, além de calcedônia e celadonita em duas saibreiras na região metropolitana de Porto Alegre. Bergmann et al. (2013) espacializam a distribuição de zeólitas nas rochas vulcânicas do RS em quatro Blocos.

O material selecionado para elaboração da presente experimentação agrônômica foi proveniente do Bloco Região Metropolitana de Porto Alegre, onde seus estudos mostram a predominância de escolecita, laumontita e heulandita. A heulandita e a escolecita tem compatibilidade de adsorver cátions e moléculas de diâmetros da ordem de $4,1 \text{ \AA}$ de natureza orgânica como amônia ou metálicas como cálcio (BANDEIRA et al., 2013).

Nos basaltos, principalmente na base da sequência de derrames, são encontradas zonas amigdaloides preenchidos por minerais do grupo das zeólitas. Em pedreira de basalto para a construção civil, a presença de zeólitas é considerado um contaminante, para o uso em concreto cimento e concreto asfáltico, por acarretar prejuízos à qualidade mecânica das obras. Por isto, estes horizontes rochosos são comercializados como aterro ou saibro para manutenção de estradas não pavimentadas. Por outro lado, as zeólitas contidas nesse material são conhecidas por suas qualidades agrônômicas, e quando incorporadas ao solo, contribuem com o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo e na disponibilidade de macro e micronutrientes às plantas (BANDEIRA et al., 2013).

De acordo com Da Luz (1994), as zeólitas naturais são geradas no momento da cristalização nos espaços e poros das rochas de componentes presentes nos fluidos hidrotermais, ou pela modificação de vidros vulcânicos. As condições de temperatura, pressão, atividade das espécies iônicas e pressão parcial da água são determinantes na formação das muitas espécies de zeólitas. Diferentes espécies naturais são conhecidas, entretanto, apenas algumas são amplamente utilizadas.

O grupo das zeólitas compreende um vasto número de minerais tectosilicatos naturais e sintéticos. As zeólitas são aluminosilicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos, dentre os quais se destacam, sódio, potássio, magnésio e cálcio. Constituem estruturas poliméricas em redes tridimensionais, compostas de tetraedros do tipo TO_4 ($T = Si, Al, B, Ge, Fe, P, Co$) unidos nos vértices por átomos de oxigênio.

A fórmula geral da zeólita é $M_{x/n}[(AlO_2)_x (SiO_2)_y] \cdot mH_2O$, onde, M é o cátion de valência n, m é o número de moléculas de água e x e y o número de tetraedros por célula unitária (DA LUZ, 1994; KESRAOUI-OUKI et al., 1994).

A Figura 1 mostra a estrutura polimérica dos tetraedros de silício e alumínio da célula unitária da Heulandita. A aptidão de troca catiônica das zeólitas deve-se ao desequilíbrio de cargas em função da relação Si e Al, promovendo superfícies de carga negativa nos canais das zeólitas. Assim, cátions de tamanho compatível aos canais são adsorvidos através de forças débeis possibilitando a troca catiônica (DA LUZ, 1994).

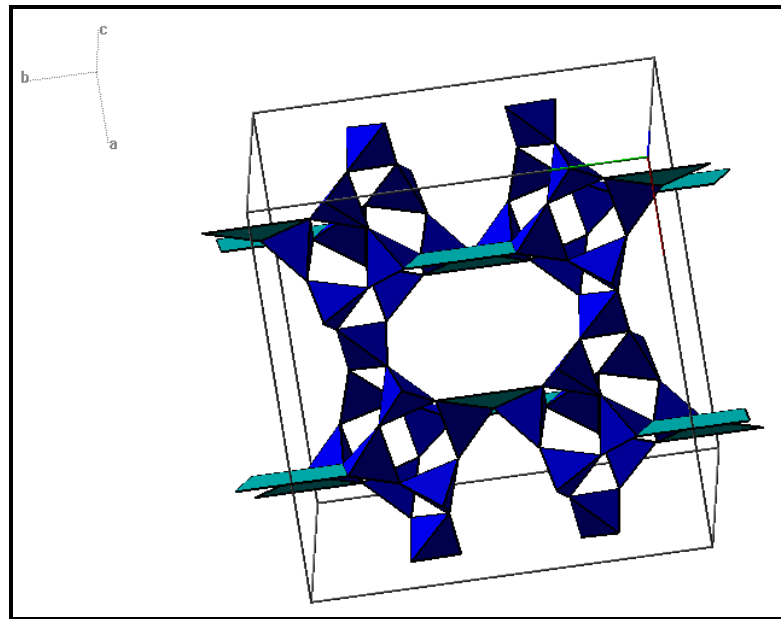
Os íons de compensação, moléculas de água e sais, são encontrados dentro dos canais de cavidades interconectadas das zeólitas. O íon tem uma grande liberdade de se movimentar, com isso acabam realizando a troca iônica e a desidratação. As diferentes formas de zeólitas são resultados dos diferentes arranjos tetraédricos com diferentes cátions (LUNA, 2001; CHRISTIDIS et al., 2003).

A rede porosa existente nas zeólitas é também responsável pela grande superfície específica interna. A estrutura cristalina ordenada confere também homogeneidade nas dimensões de seus poros, sendo assim, são capazes de selecionar as moléculas que, por sua forma e tamanho, podem ter acesso aos canais. As zeólitas são conhecidas também como peneiras moleculares pelo fato das dimensões dos poros impossibilitarem que moléculas maiores entrem no seu interior. Esta característica a distingue de outros materiais porosos, tais como o carvão e a alumina ativados que em geral apresentam poros com distribuição dispersa de tamanho (DABROWSKI, 2001).

Estas características fazem com que as zeólitas sejam empregadas na indústria em sistemas de purificação e separação de gases, tratamento de resíduos industriais, sistemas de filtração para tratamento de águas, além dos usos em reações de catálise.

Na agricultura, as zeólitas têm sido utilizadas em misturas com adubos químicos visando a aumentar a permanências do N, P e K, no solo. Também estão sendo amplamente aplicadas como complemento de rações, na redução de odores provenientes de excreções animais contendo amoníaco, na remoção de toxinas que podem ser nocivas aos próprios animais.

Figura 1 – Célula unitária da Heulandita mostrando o canal de poros, delimitado por estrutura cristalina polimérica das coordenações tetraédricas de Si e Al



Fonte: XtalDraw (DOWNS, 2016).

A zeólita natural conhecida como clinoptilolita, encontrada tanto no solo como nos sedimentos (MING; DIXON, 1987), tem sua utilização na retenção de amônia (MACKOWN; TUCKER, 1985; ALLEN et al., 1993) e para promover a elevação da liberação de fósforo da rocha fosfática (LAI; EBERL, 1986; BARBARICK et al., 1990; ALLEN et al., 1993).

Conforme Carrion et al. (2010), os resultados alcançados com os testes no cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) e tomate (*Solanum lycopersicum*), utilizando zeólita associada à ureia (31,5% de clinoptilolita e 56% de mordenita), aumentou a produtividade de ambos os cultivos.

Werneck et al. (2008) conseguiu comprovar a eficiência na produção de flores em escala comercial através da mistura da zeólita com ureia em Nova Friburgo, RJ. Com este método foi possível verificar um aumento nas hastes de rosas e de nitrogênio no sistema solo-planta, onde foi constatado que neste sistema houve a promoção da liberação lenta dos nutrientes para o solo em harmonia com as necessidades nutricionais das plantas.

Leggo (2000) considerou que, em função da zeólita possuir afinidade por nutrientes, a mesma poderia ser utilizada na composição dos substratos para estimular o crescimento das plantas. A mistura de zeólitas demonstrou efeitos positivos em relação ao crescimento de plantas como alface (GÜL et al., 2005) e tomate (VALENTE et al., 1986).

Cantera-Oceguera (2002) utilizou zeólita natural cubana na produção de fertilizantes granulados e demonstrou a possibilidade de utilização de 25% a 50% do mineral na fórmula

8:9:14 de N, P e K, sem comprometer o rendimento agrícola. Os resultados indicaram ainda que houve diminuição de 20% a 36% no custo dos produtos para adubação. A adição de 25% de zeólita natural ao fertilizante granulado aumentou o rendimento agrícola em média 25,8% nos cultivos avaliados, alcançando-se a melhora na eficácia de utilização dos fertilizantes minerais de 41%, o que indica a possibilidade de economizar fertilizantes minerais com a adição da zeólita no processo de incorporação aos adubos.

As zeólitas podem atuar na qualidade da eficiência do uso da água através do aumento da capacidade de retenção de água do solo, e também do aumento da disponibilidade da água às espécies vegetais (MALOUPA et al., 1992; XIUBIN; ZHANBIN, 2001). Issa et al. (2001) observaram que a mais alta produtividade de gérberas (*Gerbera jamesonii*) foi obtida quando utilizaram substratos de cultivo com mistura de zeólita e perlita (1:1). Esses autores destacaram que o rendimento positivo nesse substrato foi devido à presença da zeólita, a qual conferiu alta capacidade de troca de cátions e capacidade de reter e de disponibilizar nutrientes, para os cultivos agrícolas, além do melhoramento do manejo de água. Bernardi et al. (2004) avaliaram o efeito de doses de um concentrado de zeólita sobre a capacidade de retenção de água de um Neossolo Quartzarênico. Os resultados indicaram que com o uso do concentrado de zeólita foi possível aumentar a retenção de água do solo e que essa água estava retida com baixa tensão. Houve aumentos de 10%, 38% e 67% na capacidade de água disponível em relação à testemunha, respectivamente, com a adição das doses de 3,3%, 6,7% e 10% de zeólita ao solo.

Em síntese, as zeólitas podem ser utilizadas para modificação de solos com baixa qualidade, como aditivos incorporados aos substratos aplicados às plantas, e também em forma pura como meio de cultivo. Também podem ser modificadas para produção de fertilizantes, como suporte para herbicidas, pesticidas, e também aos micro-organismos que promovem o crescimento das plantas. Devido ao aumento das restrições em relação aos produtos agroquímicos, as zeólitas oferecem uma alternativa ecológica para o agricultor moderno e consciente dos efeitos negativos do cultivo intensivo e a utilização desses agroquímicos no meio ambiente.

2.5 Adubação

O Manual de Adubação e Calagem (SBCS, 2004) considera duas formas de adubação para o cultivo de eucalipto. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova e

misturado ao solo; no segundo caso, o adubo aplicado ao fundo do sulco de plantio, aberto por subsolador.

2.5.1 Adubação de base

A adubação de base visa corrigir deficiências específicas, como o equilíbrio de pH, ou suprimento de nutrientes. De acordo com Wilcken et. al (2008) a calagem é necessária para o cultivo de eucalipto, apesar deste ser tolerante à acidez e ao alumínio. O calcário é necessário para o suprimento de cálcio e magnésio. Desta maneira, é recomendada a aplicação de calcário dolomítico, nas doses de 1,0 a 2,5 t/ha, levando sempre em conta as análises do solo. É recomendado para solos com pH menor que 5,0 a aplicação também de fosfatos naturais ou de fosfato reativo na razão de 1,0 t/ha. Em solos com baixo teor de matéria orgânica, é recomendada a aplicação de 10 kg de N/ha e de 20 kg de K_2O .ha⁻¹.

A calagem recomendada, de acordo com o Documento de Implantação de Manejo de Florestas Comerciais, é utilizar de 1,0 à 2,5 t/ha de calcário dolomítico, devendo ser aplicado aos quarenta e cinco dias antes do plantio. É necessária a aplicação de B e Zn quando for detectado pela análise de solos teores inferiores a 0,21 e 0,6 mg/dm⁻³, respectivamente. Nestes casos, recomenda-se a aplicação de 1 a 2 kg/ha de B e Zn (SILVA; ANGELI, 2006).

A fórmula da adubação de plantio mais utilizada em eucalipto é a relação N-P-K de 06-30-06, com doses variando de 100 a 150 g/muda (WILCKEN et. al, 2008).

2.5.2 Adubação de cobertura

A adubação de cobertura tem como objetivo repor os nutrientes de maior mobilidade no solo como, nitrogênio, potássio e boro. Esta adubação se divide em duas aplicações: a primeira é aplicada entre setenta e cinco e noventa dias após ser realizado o plantio e a segunda entre seis e nove meses após o plantio. As doses totais de N devem ser parceladas em 30 a 40% na 1ª cobertura e 60 a 70% na 2ª cobertura. As fórmulas mais recomendadas de N-P-K são 20-00-20 ou 20-05-20, mais micronutrientes, principalmente B, Zn e Cu (WILCKEN et. al, 2008).

2.5.3 Adubação de manutenção

A adubação de correção ou manutenção deve ser realizada entre dezoito e vinte e quatro meses após o plantio. A adubação deve ser baseada no monitoramento nutricional, que deve ser realizada em plantações de florestas com idade entre doze e dezoito meses (WILCKEN et. al, 2008).

2.6 Microbiologia no solo

A microbiologia do solo é fator determinante a fertilidade do solo, pois tornam os nutrientes minerais biodisponíveis as plantas. É consenso na pesquisa sobre remineralizadores de solos a importância dos processos microbiológicos a eficiência destes.

Primavesi (2010) discorre sobre a “a microbiologia do solo” em seu livro *Manejo Ecológico do Solo*. O ciclo das substâncias minerais, básicas para a vida, dependem dos microrganismos, basicamente: bactérias, fungos e actinomicetos, cada um, ou em consórcio, que degradam a matéria orgânica, repondo a solução do solo, os elementos nutrientes em sua forma simples, como também extraem estes nutrientes contidos em fases minerais. Portanto, a composição mineral de um solo, é fator essencial na manutenção de sua fase microbiana.

A aplicação de remineralizadores em solos certamente incrementa a concentração dos nutrientes minerais, porém o provisionamento destes elementos minerais dependerá da existência e atuação microbiana.

Os micro-organismos, tanto bactérias como fungos, decompõem tecidos e extraem elementos minerais através da ação catalítica de suas enzimas. Por exemplo, os fungos micorrizicos arbusculares tem a capacidade de solubilizar o fosforo, mediante enzimas específicas. (SMITH; SMITH, 2012, CARVALHO, 2012, HARLEY; GILKES, 2000, KEUSKAMP et al., 2015, MAGALHAES et al., 1991). A presença deste fungo promove o aumento do P disponível em análises de solo.

As plantas, em sua zona radicular, ou rizosfera, apresentam relação simbiótica com microrganismos. A maioria das plantas possuem micorrizas, ou seja, fungos que ajudam a mobilizar os nutrientes através das raízes. As árvores leguminosas estabelecem relações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio (PRIMAVESI, 2010).

Os nutrientes minerais também contam com auxílio de microrganismos para sua disponibilização às plantas. Primavesi (2014) menciona o *Aerobacter* e *Bacillus*,

Pseudomonas, *Bc. circulans* como sendo capaz de oxidar o silício e mobilizar fósforo na rizosfera.

Amostras de feldspatos potássico em diferentes condições de solo, e colônias de microrganismos de solos revelaram ao microscópio eletrônico de varredura topografias de corrosão (MANNING; BAPTISTA, 2017). Ambas as amostras do estudo, uma com mais de dois séculos e outra com 10 anos fazendo parte de um solo, apresentaram evidências de intemperismo microbiótico, por bactérias e fungos.

São muitos os estudos que comprovam a relação de sinergia positiva entre microrganismos e matéria mineral (CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2017). No entanto, nesta pesquisa, a variável microbiológica não foi avaliada, o que não implica em considerá-la menos importante. Ao contrário, esta condição implica em admitir que os resultados e discussão dos mecanismos de fertilização de solos utilizando remineralizadores, não está completo.

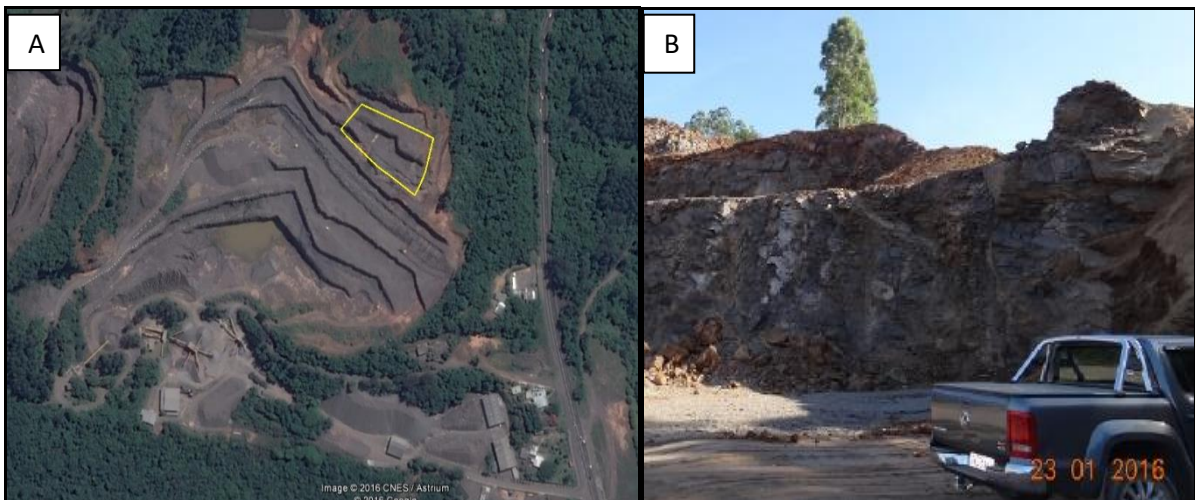
3 METODOLOGIA

O experimento contou com seleção e caracterização da amostra de remineralizador, planejamento de plantio e tratamentos e planejamento e procedimentos de medição. As etapas estão apresentadas a seguir.

3.1 Seleção da amostra

A amostra de remineralizador foi selecionada em pedreira da empresa Incopel Indústria e Comércio de Pedras Ltda, localizada em Estância Velha – RS, coordenadas 485.959 S; 6.722.047 W, datum WGS 84 (Figuras 2).

Figura 2 A: Vista da mineradora de basalto Incopel. B: Interior da mina. A amostra utilizada no estudo foi extraída do local marcado com o polígono em amarelo. Data da imagem: 23 de janeiro de 2016



Fonte: *Google Earth*, 2016.

Fonte: Autoria própria, 2016.

A amostra foi denominada I3BV e trata-se de basalto vesicular extraído da zona de capeamento, com espessura média de 6m, cujas vesículas apresentaram pobre preenchimento com zeólitas. A rocha de basalto vesicular foi lavrada, britada e peneirada em malha de 3/4”, produzindo um material com textura de farelado, pó a *filler* conforme a IN n° 53/2013 (BRASIL, 2013). A Figura 3 mostra o material depositado na área do experimento.

Figura 3 – Pilha da amostra I3BV já britada pela empresa e deixada no local do experimento de plantio



Fonte: Autoria própria, 2015.

O remineralizador apresentou aspecto terroso de coloração castanho escuro, e consistência friável (desagregado com a força dos dedos). Para o local do experimento foram transportadas 10 toneladas do remineralizador, armazenado na forma de pilha e coberto por lona plástica escura. Desta pilha foi coletada uma amostra composta por 10 sub-amostras de 2 kg, totalizando 20 kg, a qual foi utilizada para a caracterização física, química, mineralógica e da qualidade agronômica.

3.2 Caracterização física

Nesta etapa foram analisadas a granulometria, a umidade, a massa específica e a massa específica aparente. Esses dados são importantes a serem analisados para a estocagem do material.

3.2.1 Classificação granulométrica

A amostra I3BV foi caracterizada quanto a distribuição granulométrica, para constatar qual a granulometria da amostra que foi aplicada no experimento e se tal granulometria está dentro dos parâmetros exigidos pela IN nº 05/2016 do MAPA para que este material possa ser reconhecido como remineralizador de solos.

A distribuição granulométrica foi realizada no Laboratório de Solos e Resíduos Sólidos (LASORS) da Universidade La Salle, localizado em Nova Santa Rita, RS. A

classificação granulométrica foi realizada conforme a metodologia descrita na norma NBR-7181 (ABNT, 1984 com adaptações).

Para esta análise uma alíquota da amostra foi seca em estufa por 24 h a 105 °C e pesada. Para classificar a granulometria adotou-se as seguintes peneiras de diferentes aberturas (ABNT 4 – abertura 4,8 mm, ABNT 7 – abertura 2,8 mm, ABNT 10 – abertura 2 mm, ABNT 20 – abertura 0,84 mm e ABNT 50 – abertura 0,3 mm). O peneiramento foi realizado em agitador mecânico (Produtest®), durante 15 minutos. Após o peneiramento mecânico foi verificado por peneiramento manual a eficiência do procedimento. As peneiras contendo as porções retidas foram pesadas em balança semi-analítica (Gehaka®, BG 1000, precisão de $\pm 0,01$ g). Os resultados foram planilhados em massas retidas e a percentagem acumulada do material passante.

Quadro 1 – Classificação granulométrica do produto remineralizador prevista na IN nº5/2016 do MAPA

ESPECIFICAÇÕES DE NATUREZA FÍSICA DOS REMINERALIZADORES		
Especificações de natureza física	Garantias granulométricas	
	Peneiras	Partículas passantes (peso/peso)
Filler	0,3 mm (ABNT nº 50)	100%
	2,0 mm (ABNT nº 10)	100%
Pó	0,84 mm (ABNT nº 20)	70%
	0,3 mm (ABNT nº 50)	50%
Farelado	4,8 mm (ABNT nº 4)	100%
	2,8 mm (ABNT nº 7)	80%
	0,84 mm (ABNT nº 20)	25%

Fonte: MAPA, 2016.

3.2.2 Determinação da umidade e massa específica

A umidade foi realizada em amostra *in natura*, previamente pesada, colocada em estufa a 105°C por 24 horas. Após este período, foi retirada da estufa e colocada em um dessecador para voltar à temperatura ambiente e levada novamente a pesagem (EMBRAPA, 1997).

A massa específica da amostra foi determinada pelo método do picnômetro de água, sendo utilizado material passante na peneira ASTM 200. Neste procedimento utilizou-se uma balança analítica (Schimadzu, AY 220, precisão de $\pm 0,1$ mg), sendo empregada uma massa

de amostra de 10 g e água destilada. As pesagens compreenderam os pesos da amostra de remineralizador seca, do picnômetro com água e do picnômetro com água e amostra. O picnômetro com água e amostra foi deixado por 15 minutos em banho-maria para retirar todo o ar existente entre as partículas de rocha. Logo após o resfriamento do picnômetro em banho de água a temperatura ambiente, durante 15 minutos, foi colocada a rolha perfurada, fazendo com que o excesso de água fosse expulso. Só então o picnômetro foi pesado novamente.

3.2.3 *Massa específica aparente*

Para determinar a massa específica aparente foi utilizado o método direto da proveta (volume interno de 100 mL), com uma amostra do remineralizador destorroada e peneirada em malha < 2,0mm (BRASIL, 1949; EMBRAPA, 1979).

3.3 **Caracterização mineralógica**

Para a caracterização mineralógica utilizou-se a técnica clássica da difração de raios-X, que permite conhecer as fases cristalinas existentes em rochas. Isto é possível porque nos cristais, os átomos se ordenam em planos cristalinos separados entre si por distâncias da mesma ordem de grandeza e dos comprimentos de onda dos raios-X. Os minerais e/ou fases cristalinas são identificados através da medida das distâncias interplanares (valores de “*d*”) e das intensidades relativas dos picos nos difratogramas. (ALBERS et al, 2002). Os minerais identificados na análise total foram comparados com padrões do banco de dados (PDF2) e indicados/referenciados sobre o pico mais importante. As análises foram interpretadas através do programa DIFFRAC^{PLUS} em que os picos foram indexados no difratograma. A análise semiquantitativa resultado do ajuste dos padrões com picos do difratograma e assim fornece uma aproximação da composição percentual existente na amostra. Salienta-se que o método dificilmente identifica estruturas cristalinas que ocorram em quantidades inferiores a 2% na amostra analisada

Para a realização desta análise uma quantidade de 10g da amostra em pó foi pulverizada e depositada em um porta amostra específico para pó procurando-se preservar a desorientação das partículas onde todos os minerais ou estruturas cristalinas são analisados. Os minerais e/ou fases cristalinas serão identificados através da medida das distâncias interplanares (valores de “*d*”) e das intensidades relativas dos picos nos difratogramas.

A análise por difração de raios X (DRX) foi realizada em um difratômetro de raios X da marca Siemens (BRUKER AXS), modelo D-5000 (θ - θ) equipado com monocromador curvado de grafite no feixe secundário e tubo de ânodo fixo de Cu, operando a 40 kV e 40 mA.

O intervalo angular analisado foi de 3 a $70^\circ 2\theta$ em passo de $0,05^\circ/2s$ utilizando-se fendas de divergência e anti-espalhamento de 1° e 0,2 mm no detector.

Para a realização desta análise uma quantidade de 10g da amostra em pó foi pulverizada e depositada em um porta amostra procurando-se preservar a desorientação das partículas para que todos os minerais ou estruturas cristalinas sejam analisados.

As análises semiquantitativas da amostra I3BV cominuída foram realizadas no Laboratório de Análise Química de Rochas do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

3.4 Composição química

A composição química do remineralizador foi avaliada através do seu elementos majoritários por espectrometria de fluorescência de raios - X (FRX) e elementos totais por espectrometria plasma indutivamente acoplado (ICP). Ambas as análises foram realizadas pelo laboratório da SGS Geosol Laboratórios Ltda.

O espectrômetro de fluorescência de raios-X utilizado na SGS Geosol está equipado com tubo de raios-X de Rh. A análise quantitativa foi realizada através da técnica em amostra de pó fundida com curva de calibração a partir de padrões de rocha. A presença de voláteis foi avaliada através de técnicas gravimétricas e está representada por *Loss of Ignition* (LOI).

A análise composicional por FRX determina, quantitativamente, a presença de elementos majoritários através dos seus óxidos simples: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 . Para esta análise utiliza-se uma quantidade de amostra de 2g, sendo que a decomposição da amostra foi realizada através de fusão em máquina automática com tetraborato de lítio ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$), A metodologia está no ANEXO A.

Para a análise por ICP uma amostra de 10 g foi submetida a abertura parcial em água régia (solução de ácido clorídrico (HCl) e ácido nítrico (HNO_3), não sendo dissolvidos os silicatos. A leitura procedeu por Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP - AES) e por Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP - MS), metodologia está no ANEXO B.

3.5 Disponibilidade de nutrientes

Para avaliar a disponibilidade de nutrientes do remineralizador, optou-se por realizar ensaios de lixiviação em dois níveis de reatividade, um baixo empregando como lixiviante água deionizada, e um nível de lixiviação alto, com solução de ácido cítrico a 2%. Os ensaios de lixiviação são utilizados para avaliar a estabilidade química dos materiais, quando em contato com soluções aquosas (extratores), permitindo assim verificar o nível de mobilização dos seus elementos constituintes. Estes ensaios procuram reproduzir em laboratório os fenômenos naturais de arraste, diluição e de dessorsão que ocorrem pelo contato de água com o material. Tais ensaios podem representar vários anos do fenômeno natural de lixiviação (ARROIO, 1984). Os ensaios de lixiviação com soluções ácidas têm a função de reproduzir o ambiente do solo na zona de assimilação dos nutrientes pelas raízes das plantas.

Para avaliar a disponibilização de elementos predominantes e traço a amostra I3BV foi submetida a ensaios de lixiviação de curta duração (30 minutos e 24 horas), tendo sido analisados os elementos: Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, P, Pb, Si e Zn.

O pH de cada lixiviado foi aferido (com um pHmetro DM-2P da Digimed) para traçar as relações entre este parâmetro e os elementos lixiviáveis. Os ensaios foram realizados em duplicata e todos os lixiviados obtidos foram preservados de forma a conservar suas características, e enviados para análises químicas no *Spanish Council for Scientific Research (CSIC) - Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA)* em Barcelona, Espanha. As concentrações dos elementos maiores e traço foram determinadas por Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP – AES) e por Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP – MS), respectivamente. Nos testes de lixiviação foram utilizadas as seguintes técnicas:

A escolha de utilizar os procedimentos analíticos empregados na determinação da fertilidade de solos para avaliar a disponibilidade de nutrientes em um remineralizador é a intenção de poder comparar estes dois sistemas minerais sob a mesma condição reativa.

3.5.1 Extração com água deionizada

Foi lixiviado 1g de amostra em 10 mL de água deionizada, com relação peso/volume de 1:10. O ensaio de lixiviação foi baseado na norma (BS EN 12457-2, 2002). A amostra

permaneceu em agitação de baixa intensidade durante 24h. Após, o licor foi filtrado com papel de filtro de porosidade média e encaminhado para análise.

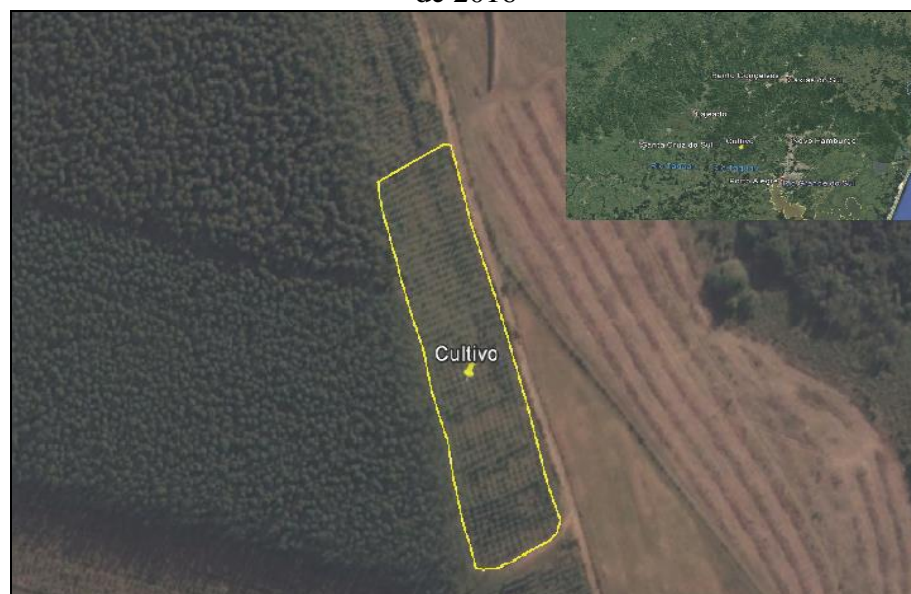
3.5.2 Extração com ácido cítrico a 2%

A lixiviação ácida se baseou no método de determinação de fósforo em amostras de fertilizantes (BRASIL, 2014). A extração em meio ácido de ácido cítrico a 2% consistiu em transferir exatamente 1,0 g da amostra para *erlenmeyer* de 250 ml, onde foi acrescentado 100 ml de solução de ácido cítrico contendo 20 g l⁻¹. A solução foi agitada durante 30 minutos na frequência entre 30 e 40 rpm. Após foi filtrada em papel de filtro de porosidade média. Foram desprezados os primeiros 20-30 ml da filtração.

3.6 Tratamentos agronômicos

O efeito da ação remineralizadora da amostra de basalto vesicular foi estudado através de tratamentos agronômicos em cultura de *Eucalyptus saligna* Smith, em campo localizado na Fazenda Barbosa, no município de Triunfo, RS, Brasil. Local de coordenadas 443.351 S; 6.703.936 W, SAD 69, com área total de 0,61 ha (Figura 4).

Figura 4 – Vista geral do experimento (poligonal em amarelo). Data da imagem: 18 de abril de 2016



Fonte: *Google Earth*, 2017.

Para comparar o efeito da aplicação do remineralizador estudado foram realizados seis tratamentos de preparo do solo: T1) tratamento testemunha (sem adubação), T2) adubação utilizada pelo produtor, T3) tratamento com a aplicação de adubagem química e calagem recomendada no trato agrônômico, T4) tratamento com uso apenas do remineralizador, T5) tratamento utilizou metade da carga de remineralizador aplicada no tratamento 4 e metade da adubação recomendada no tratamento T3, e T6) tratamento com aplicação de remineralizador com cama de aviário.

Os seis tratamentos foram realizados com três repetições cada, totalizando dezoito canteiros, cada canteiro dimensionado para receber três linhas de plantio. O canteiro 3.1 recebeu 5 linhas, em razão da execução em campo. Os tratamentos serão detalhados no item 3.7 na Tabela 3.

3.6.1 Amostragem de solo

A primeira campanha de amostragem teve a finalidade de avaliar a qualidade do solo a ser trabalhado. Nesta oportunidade, a gleba do experimento foi amostrada de forma aleatória e estratificada pelo tipo de cobertura do solo: com cobertura de vegetação (gramíneas) e sem cobertura. As partes que continham cobertura se distribuíam erráticamente dentro da área total, na forma de manchas dispersas.

O solo foi coletado em duas profundidades: 20 cm (para determinação da adubação) e de 20-50 cm (para avaliar a condição do desenvolvimento das plantas). Foram coletadas trinta e duas amostras, sendo dez amostras de pontos sem gramíneas e dez amostras com cobertura de gramíneas, estas a uma profundidade de 20 cm, oito amostras do perfil de 20 a 50 cm, sendo quatro amostras com cobertura de gramíneas e quatro amostras sem cobertura de gramíneas, foram coletadas mais quatro amostras para determinar a umidade do solo. Para a amostragem de solo utilizou-se trado holandês com haste de 1 m, pá de corte, enxada e luvas descartáveis, as amostras foram acondicionadas em sacolas de plásticos zip.

3.6.2 Preparação das amostras de solo

As amostras foram preparadas no LASORS da Universidade La Salle.

As amostras de 0 a 20 cm, sem e com cobertura de gramíneas, foram respectivamente misturadas e homogeneizadas, gerando duas amostras compostas. O mesmo procedimento foi realizado para as oito amostras de solo com a profundidade de 20 a 50 cm, sem e com

cobertura de gramíneas, gerando outras duas amostras compostas. Estas amostras compostas foram quarteadas para separação de alíquotas e enviadas para análises físicas e de fertilidade do solo.

As alíquotas das quatro amostras compostas foram enviadas para análises de qualidade agronômica ao Laboratório de Análises do Departamento de Solos, da Faculdade de Agronomia – UFRGS, conforme ANEXO C. A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de fertilidade do solo das amostras compostas.

Conforme o Manual de Adubação e de Calagem: para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (SBCS, 2004) a análise agronômica do solo amostrado apresenta os seguintes parâmetros de fertilidade do solo.

O solo onde o experimento foi realizado apresentou textura argilosa, com valores superiores a 40% de argila na profundidade de 20 cm.

Para a disponibilidade de nutrientes do solo em relação ao fósforo (P), pode-se constatar que, na profundidade até 20 cm não houve alteração, ficando em $3,1 \text{ mg/dm}^{-3}$ considerado baixa fertilidade. O teor de fósforo para a profundidade de 20–50 cm baixou sendo considerado muito baixo à condição de fertilidade do solo.

A disponibilidade de potássio (K) ficou em média de 37 mg/dm^{-3} sendo considerado de baixa fertilidade.

O índice SMP do solo ficou em 5, sendo considerado baixo, classificado como um solo ácido.

A disponibilidade de cálcio e magnésio trocáveis é considerado baixo.

A disponibilidade de Enxofre de 14 mg/dm^{-3} é considerada alta.

A disponibilidade de micronutrientes cobre, boro e Manganês é considerada alta já o zinco é considerado médio.

A capacidade de troca de cátions é considerada média.

A matéria orgânica é considerada baixa.

O teor de argila é considerado de classe 2 na profundidade de 0 a 20 cm, porém quando a profundidade é de 20 a 50 cm ele passa para a classe 3 do solo.

Tabela 1 – Atributos físicos e químicos do solo antes da intervenção do experimento com remineralizador em cultura de *Eucalyptus saligna* Smith

AMOSTRAS	ARGILA	M.O	pH H ₂ O	SMP	P	K	Zn	Cu	B	S	Mn	Ca _{troc.}	Mg _{troc.}	CTC
	%						mg/dm ³					cmol _c /dm ³		
1 *	47	2.3	4.0	5,0	3.1	49	0,9	0,9	0,7	16	10	0.8	0.4	15.0
2 **	42	2.5	4.1	5,1	3.1	25	0,4	0,4	0,6	12	7	0.6	0.3	13.2
3 ***	36	2.0	4.1	5,1	1.0	36	0,4	0,4	0,6	20	7	0.5	0.3	13.2
4****	35	1.9	4.1	5,2	0.8	21	0,3	0,5	0,6	11	3	0.2	0.1	11.2

Fonte: UFRGS, 2017.

Nota 1: *0-20cm – sem gramíneas;

Nota 2: **0-20cm – com gramíneas;

Nota 3: ***20-50cm sem gramíneas;

Nota 4: ****20-50cm – com gramíneas

3.6.3 Acompanhamento da fertilidade do solo ao longo do experimento

A amostragem foi feita nas linhas centrais de cada canteiro, compostos por três linhas de eucalipto, exceto o tratamento 3.1, com 5 linhas. As amostragens de solo compreenderam a coleta de três amostras em cada linha, para formar uma amostra composta por linha, sendo retiradas duas amostras em locais das extremidades da linha e uma na porção central, a uma profundidade de 0 a 20 cm. Levando em conta que o experimento é composto por seis tratamentos em triplicatas, isso resultou no total de dezoito amostras por campanha.

Com a finalidade de acompanhar o comportamento da evolução da qualidade de fertilidade do solo, e a evolução do experimento os tratamentos foram amostrados nos seguintes períodos, conforme quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma das etapas do experimento.

ETAPAS DO EXPERIMENTO	
Data	Fase
1 de Julho de 2015	Primeira amostragem de solo
20 de Julho de 2015	Resultados da primeira análise
12 de setembro de 2015	Preparação dos experimentos com tratamentos
30 de setembro de 2015	Plantio das mudas de <i>Eucalyptus saligna</i>
11 de Janeiro de 2016	Segunda amostragem do solo
11 de Janeiro de 2016	Primeiro controle de desenvolvimento
03 de Fevereiro de 2016	Resultados da Segunda análise
12 de Abril de 2016	Segundo controle de desenvolvimento
04 de Junho de 2016	Adubação de cobertura
25 de Julho de 2016	Terceira amostragem de solo
25 de Julho de 2016	Terceiro controle de desenvolvimento
23 de Agosto de 2016	Resultados da Terceira análise

Fonte: Autoria própria, 2015.

3.6.4 Determinação da umidade do solo

Realizou-se a determinação da umidade do solo em amostra *in natura* coletadas na primeira campanha (avaliação do solo do local de instalação do experimento). Para tanto, adotou-se os procedimentos em dois níveis de secagem, a 60°C e 105°C, para conhecer a umidade efetiva e total do solo.

Alíquotas das 4 amostras compostas foram pesadas e colocadas em estufa à 60°C por 24 horas. Após este período, foram retiradas da estufa e colocadas em um dessecador para

voltar à temperatura ambiente e então pesadas'. Após aferido o seu peso as amostras, voltaram para a estufa e permaneceram por mais 24 horas a 105°C, onde foram colocadas em um dessecador para voltar à temperatura ambiente e pesadas novamente. (EMBRAPA, 1997).

3.6.5 Análise agronômica

As amostra do remineralizador e dos solos dos tratamentos foram analisadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, para determinação dos parâmetros de fertilidade de solos. As metodologias empregadas pelo laboratório foram: argila, utilizado o método do densímetro; pH em água na proporção 1:1; P e K determinação pelo método *Mehlich* I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn e Na trocáveis extração com KCl 1 mol L⁻¹; SSO4 extração com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extração com água quente.

3.7 Delineamento experimental

O preparo do solo para receber os tratamentos contou com a etapa de revolvimento com uso de subsolador em linhas paralelas. O uso do subsolador permitiu o afrouxamento e aeração do solo. A passagem do subsolador abriu uma cava de 30 cm de largura por 10 cm de profundidade, conforme Figura 5.

Figura 5 – Aspecto da linha revolvida com o subsolador no local do experimento



Fonte: Autoria Própria, 2015.

As linhas de plantio dos tratamentos foram estabelecidas em paralelo às linhas do plantio anterior, não destocadas.

Ressalta-se que não houve qualquer procedimento de supressão de vegetação, como também da limpeza da serapilheira.

As dimensões planejadas para a malha de plantio foram:

- Malha de plantio: 2m x 3m;
- Comprimento da linha: 40m;
- Espaçamento entre linhas: 2m;
- Espaçamento entre plantas: 3m;
- Quantidade de plantas entre 10 e 14;
- Influência da adubação: raio de 1m.

A escolha dos tratamentos buscou comparar as possíveis práticas de plantio do *Eucalyptus saligna* Smith, desde a condição de menor fertilidade (sem adubação), à adubação recomendada por critérios agronômicos, tomando como base a qualidade do solo expressa no laudo agronômico.

Como adubos comerciais utilizou-se os sais solúveis: KNO_3 (nitrato de potássio) e SFS (Super Fosfato Simples) com relação $\text{P}_2\text{O}_5/\text{SFS}$ de 16%.

O experimento contemplou seis tratamentos conforme descrito no item 3.6, detalhado na seguinte forma:

O tratamento T1 consistiu no uso do solo sem adição de adubos ou remineralizador. Conforme o Manual de Adubação e de Calagem, para o plantio de *Eucalyptus saligna* Smith o solo apresenta deficiência em calagem, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

O tratamento T2 foi baseado na adubação utilizada pelo produtor que abriga o experimento, o produtor relatou ter obtido resultados satisfatórios com a adubação direta, próxima à planta, aplicando a quantidade de 20 kg KNO_3/ha (2,8kg N/ha, 7,7 kg K/ha) para a correção do solo fornecendo nitrogênio e potássio e 20 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ (8,7 kg P/ha) para o fornecimento de fósforo. Como o produtor não realiza a calagem como padrão, esta não foi realizada neste tratamento.

O tratamento T3 foi realizado conforme o Manual de Adubação e de Calagem (SBCS, 2004), observando-se a qualidade do solo. Foi especificada a calagem de 6 t de calcário (PRNT 100%)/ha, porem foi aplicado 6 t de calcário dolomítico PRNT 70,1%/ha. Para a correção do fosforo foram aplicadas 666,6 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ (291 kg P/ha). Para fornecer o potássio

e nitrogênio para a correção do solo foram utilizados 230 kg KNO₃/ha (31,8 kg N/ha, 89 kg K/ha).

No tratamento T4 foi feita aplicação de remineralizador, amostra I3BV de 6,6 t/ha. O critério adotado foi a aplicação de remineralizador na mesma proporção da aplicação do calcário. Se fosse tomado como base a disponibilidade agronômica dos nutrientes K e P, conforme será apresentada na discussão dos resultados, a recomendação do Manual de Adubação e de Calagem (SBCS, 2004), a quantidade de produto necessário para a correção e adubação se tornaria impraticável.

Para o tratamento T5 foi adotado o critério de utilizar 50% da adubação recomendada utilizada no tratamento T3 e 50% de remineralizador utilizado no tratamento T4.

No tratamento T6 foram aplicada 6,6 t/ha de remineralizador e estimados 900 kg/ha de cama de aviário, com base na SBCS (2004). Estimando-se que a cama de aviário de frango possua 3,2% de N contido. O critério de aplicação de matéria orgânica foi o de suprir a necessidade de nitrogênio que não está disponível no remineralizador.

Após nove meses do plantio foi realizada aplicação de adubação de cobertura com 245 kg KNO₃/ha (34 kg N/ha, 94,7 kg K/ha), sendo que a adubação foi aplicada em todos os tratamentos.

Todos os dados destes tratamentos estão expressos na Tabela 2.

A Tabela 2 – Resumo das aplicações de adubos e remineralizador por tratamento

Tratamentos	CaO (t/ha)	I3BV (t/ha)	N e K (KNO ₃) (kg/ha)	P ₂ O ₅ (SFS)** (kg/ha)
T1	0	0	0	0
T2	0	0	20	20
T3	6	0	230	666,6
			150 ***	
T4	0	6,6	0	0
T5	3	3,3	115	333,3
T6	0	6,6	900*	0

Fonte: Autoria própria, 2015.

Nota 1: * Cama de aviário;

Nota 2: ** Superfosfato simples;

Nota 3: *** Cobertura

Na Tabela 3 são apresentadas as dimensões de cada canteiro referente ao tratamento, bem como a quantidade de mudas plantadas nas linhas centrais, as quais serão amostradas para fins de avaliação do desenvolvimento, sendo que todos os tratamentos foram realizados em triplicatas.

Tabela 3 – Distribuição dos tratamentos, para controle de fertilidade de solo e desenvolvimento das mudas com a identificação das parcelas, tratamentos, Largura (m), comprimento (m), quantidade das mudas por linha de controle

Parcelas	Tratamentos	Largura (m)	Comprimento (m)	Quantidade de mudas por linha	Descrição tratamentos
1	T1.1	9	40	14	Testemunha
	T2.1	9	40	14	Adubação do Produtor
	T3.1	9	40	12	Adubação Recomendada
	T4.1	7,3	40	14	Remineralizador
	T5.1	8,1	40	14	Adubação Mista
	T6.1	9,3	40	14	Remineralizador com cama de aviário
2	T1.2	7,5	40	14	Testemunha
	T2.2	7,8	40	13	Adubação do Produtor
	T3.2	8	40	14	Adubação Recomendada
	T4.2	8	40	10	Remineralizador
	T5.2	9	40	14	Adubação Mista
	T6.2	7,6	40	14	Remineralizador com cama de aviário
3	T1.3	9	40	14	Testemunha
	T2.3	9	40	14	Adubação do Produtor
	T3.3	9	40	14	Adubação Recomendada
	T4.3	9	40	14	Remineralizador
	T5.3	9	40	14	Adubação Mista
	T6.3	9	40	14	Remineralizador com cama de aviário

Fonte: Autoria própria, 2015.

A Figura 6 apresenta o croqui do experimento com a disposição aleatória dos tratamentos e a indicação das mudas sorteadas para serem monitoradas. O plantio foi realizado em malha de 2m x 3m em linhas de aproximadamente 40 m. Foram plantadas de 10 a 14 plantas por linha.

Figura 6 – Distribuição dos tratamentos, quantidade de mudas plantadas por canteiro e identificação das plantas monitoradas

ESCOLHA DAS MUDAS PARA ACOMPANHAMENTO DOS EUCALIPTOS																			
T 1.1	T 2.1	T 3.1			T 4.1	T 5.1	T 6.1	T 1.2	T 3.2	T 6.2	T 4.2	T 2.2	T 5.2	T 1.3	T 3.3	T 2.3	T 6.3	T 4.3	T 5.3
0 1 0	0 1 0	0 0 1 0 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0	0 1 0
0 2 0	0 2 0	0 0 2 0 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0
0 3 0	0 3 0	0 0 3 0 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0	0 3 0
0 4 0	0 4 0	0 0 4 0 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0	0 4 0
0 5 0	0 5 0	0 0 5 0 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0	0 5 0
0 6 0	0 6 0	0 0 6 0 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0	0 6 0
0 7 0	0 7 0	0 0 7 0 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0	0 7 0
0 8 0	0 8 0	0 0 8 0 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0	0 8 0
0 9 0	0 9 0	0 0 9 0 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0	0 9 0
0 10 0	0 10 0	0 0 10 0 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0	0 10 0
0 11 0	0 11 0	0 0 11 0 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0	0 11 0
0 12 0	0 12 0	0 0 12 0 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0	0 12 0
0 13 0	0 13 0	0 0 0 0 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0	0 13 0
0 14 0	0 14 0	0 0 0 0 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0	0 14 0
Tratamentos																			
T1	Testemunha																		
T2	Adubação do produtor																		
T3	Adubação recomendada																		
T4	Remineralizador																		
T5	Adubação mista																		
T6	Remineralizador com cama de aviário.																		
Numeros em vermelho indicam as mudas que foram monitoradas																			

Fonte: Autoria própria, 2015.

3.8 Plantio e avaliação de desenvolvimento do *Eucalyptus saligna* Smith

As mudas clonais de *Eucalyptus saligna* Smith foram fornecidas pelo produtor rural onde o experimento foi realizado. Foram adquiridas da empresa Metalúrgica e Viveiro DACKO, localizada no município de Herval Grande, Rio grande do Sul. As mudas selecionadas para o plantio nas linhas de controle (a serem monitoradas) apresentam tamanho médio de 30 cm, da raiz à última folha (Figura 7). No plantio houve a preocupação de manter o alinhamento e espaçamento planejado.

Foi realizado o acompanhamento do desenvolvimento da altura e do diâmetro das plantas previamente sorteadas conforme o croqui de plantio apresentado na Figura 6. As medições de altura foram feitas com fita métrica, considerando o comprimento do solo ao ramo de folha superior, e o diâmetro foi medido a 5 cm de distância do solo utilizando-se um paquímetro conforme Figura 7 C.

Figuras 7 – A e B – Mudanças selecionadas para plantio nas linhas de controle, C – demonstração do método de controle de diâmetro através do paquímetro e altura com fita métrica. Figura A e B realizada em 30 de setembro de 2015 e Figura C realizada em 11 de janeiro de 2016



Fonte: Autoria própria, 2017.

Foram realizadas três campanhas de medição do desenvolvimento das mudas, em intervalos aproximados de três meses a partir da data do plantio: 1ª medição a cento e três dias

após o plantio, 2ª medição após noventa e três dias após a primeira medição, e 3ª medição após cento e quatro dias da segunda medição, conforme descrito anteriormente no item 3.6.3, Quadro 2. Os resultados detalhados estão apresentados no APÊNDICE B.

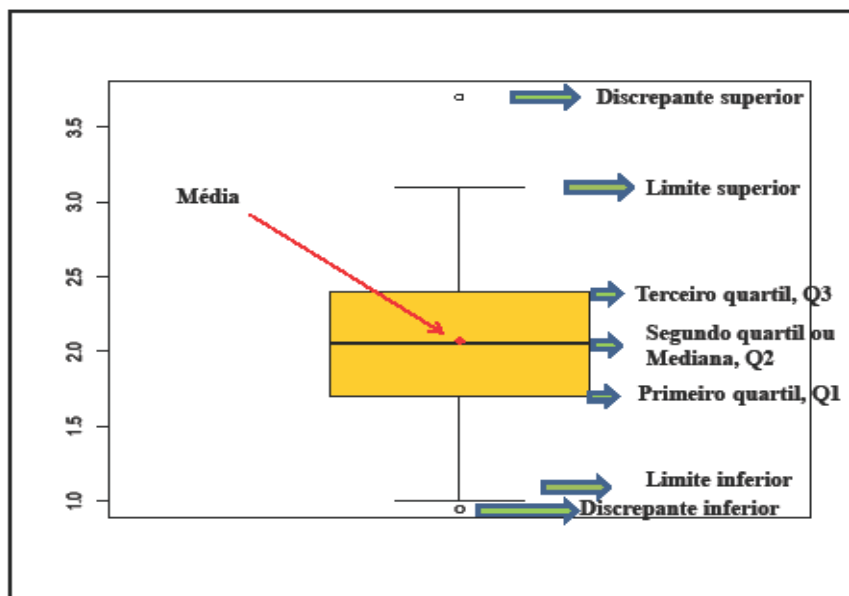
3.9 Avaliações estatísticas do desenvolvimento das plantas.

Utilizou-se análise de variância ANOVA, buscando-se determinar o melhor resultado entre os tratamentos realizados, comparando estes entre si, através do Teste Tukey, ao nível de significância de 5%. O estudo foi realizado para os tratamentos separadamente para cada um dos intervalos de medição de desenvolvimento das plantas.

Para a aplicação do modelo foi verificada a homogeneidade de variâncias, a normalidade dos resíduos e a presença de valores discrepantes (*outliers*), pois são pressupostos que devem ser atendidos para validação do modelo.

Os dados foram analisados por meio do software SAS Enterprise Guide 6.1 tomando por base as seguintes medidas: média, mediana, limite inferior, limite superior, primeiro e terceiro quartil, representados em gráficos *Box-plot* (figura 8). Esses gráficos possibilitam observar a variabilidade dos dados em um intervalo de confiança de 95% e identificar os valores discrepantes medidos (MCGILL; TUKEY; LARSEN, 1978).

Figura 8 – Representação dos elementos de um gráfico *Box-plot* com a identificação da média, mediana, valores do primeiro quartil (Q1) e terceiro quartil (Q3), limite inferior, limite superior e valores discrepantes



Fonte: Autoria própria, 2017.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As etapas da pesquisa, cujos resultados serão discutidos a seguir, contemplam os objetivos específicos de: caracterização tecnológica do remineralizador (física, química e mineralógica); avaliação da disponibilização de elementos fertilizantes do remineralizador mediante análise agrônoma e de lixiviação; acompanhamento das condições de qualidade agrônoma dos solos dos tratamentos; e desenvolvimento das plantas.

4.1 Caracterização física do Remineralizador

As características físicas da amostra I3BV, compreendeu a classificação granulométrica, determinação de umidade, massa específica aparente e massa específica.

4.1.1 Classificação granulométrica

A análise granulométrica, realizada através de peneiramento, avaliou as texturas de areia presentes na amostra, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição granulométrica da amostra I3BV e as granulometrias previstas pelo MAPA

Abertura (mm)	I3BV	MAPA		
		MAPA (Farelado)	MAPA (Pó)	MAPA (Filler)
		Passante (%)		
4,8	100	100		
2,8	93	80		
2	88		100	
0,84	51	25	70	
0,3	26,5		50	100

Fonte: Autoria própria, 2017.

A amostra apresentou 12% de areia grossa, 61,5% de areia média e 26,5% de texturas menores (areia fina, silte e argila). A Tabela 4 mostra a relação de granulometria com base na definição do MAPA para fertilizantes granulares, conforme a normatização do MAPA a granulometria da amostra engloba as 3 faixas granulares, de Farelado, Pó e Filler. Neste experimento preferiu-se utilizar o material nas condições de entrega da pedreira, que pode ser classificado como pedrisco.

Para atender as especificações do MAPA o material deverá ser classificado com peneiras adequadas e obter-se um produto com três granulometrias diferenciadas. Considerando a baixa reatividade dos remineralizadores, a aplicação apenas da classe de farelado não deverá ser recomendada.

4.1.2 Determinação da umidade

A umidade de armazenamento em campo da amostra I3BV foi de 12%. No entanto, não houve dificuldade de espalhamento do remineralizador, com a aplicação feita a lanço. Portanto, a aplicação de 6,6 t/ha, corresponde em massa seca ao valor de 5,9 t/ha. Neste estudo, foi mantido o valor de aplicação do remineralizador úmido.

4.1.3 Massa específica aparente

A determinação da massa específica aparente foi utilizada para fins de ajuste da aplicação em campo. O valor foi determinado em laboratório em $1,5 \text{ g/cm}^3$.

4.1.4 Massa específica

Utilizando a técnica da picnometria com água deionizada o resultado da massa específica do remineralizador foi de $2,54 \text{ g/cm}^3$. Considerando que trata-se de basalto em condições de alteração e com presença de zeólitas o valor encontrado está na faixa da massa específica esperada, A análise realizada no Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas da CIENTEC determinou a densidade de $2,822 \text{ g/cm}^3$.

4.2 Caracterização mineralógica

A amostra de remineralizador I3BV foi submetida a difração de raios – X. A Tabela 5 apresenta as principais fases cristalinas na amostra, suas formulas químicas possíveis (banco de dados da DRX) e seu respectivos percentuais (semiquantitativos). A Figura 9 apresenta o espectro de picos da DRX. Deve ser ressaltado que os percentuais são relativos a massa mineral cristalina, não considerando a massa amorfa, que deve representar, em torno da metade da massa rochosa.

Tabela 5 – Aproximação semiquantitativa (%) das principais fases minerais presentes na amostra I3BV

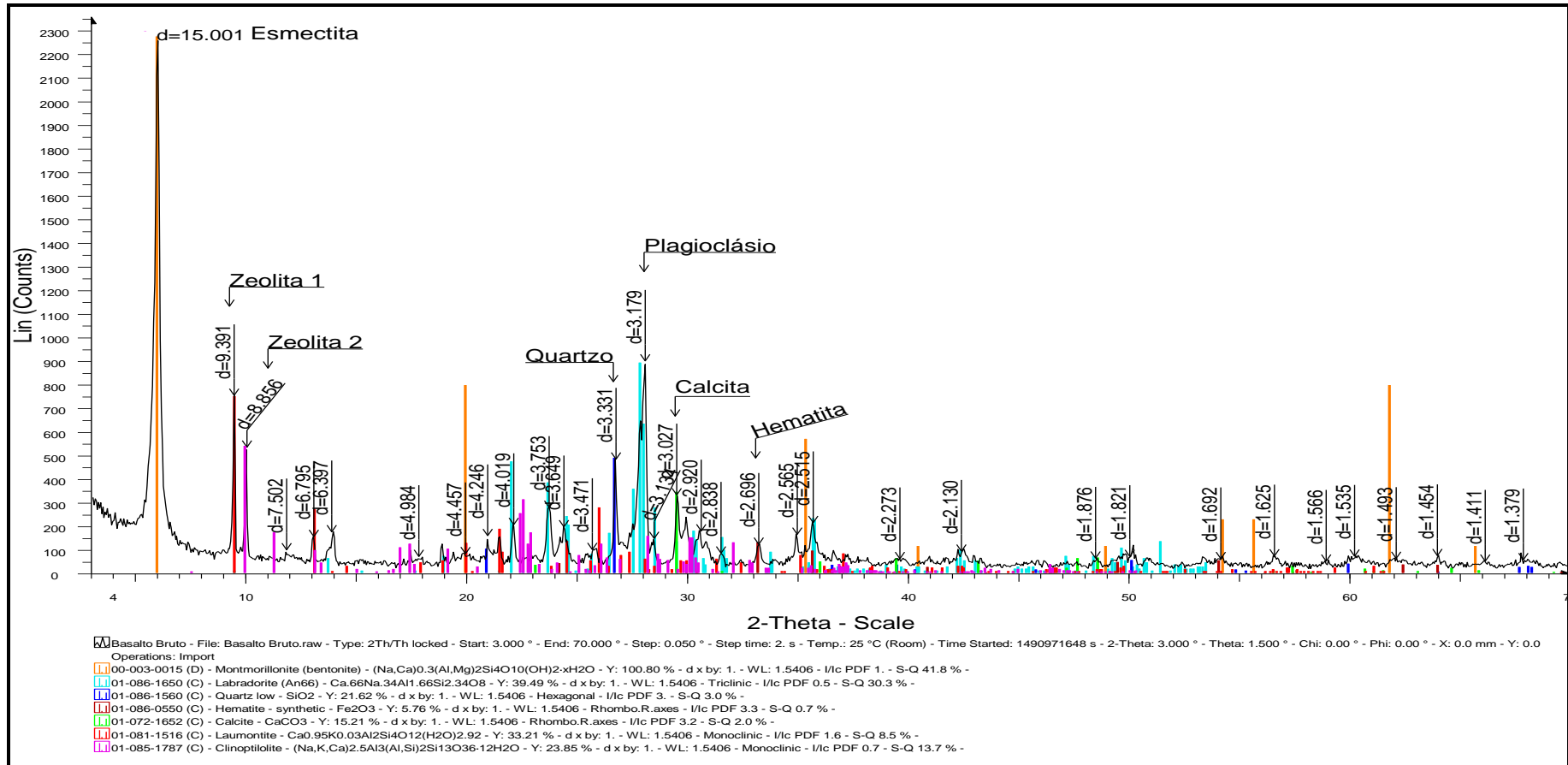
Fase	Composição padrão	Classe mineral	Porcentagem (%)
Montmorilonita (bentonita)	$(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	Esmectita	41,8
Labradorita	$\text{Ca}_{0.66}\text{Na}_{0.34}\text{Al}_{1.66}\text{Si}_{2.34}\text{O}_8$	Feldspatos	30,3
Clinoptilolita	$(\text{Na,K,Ca})_{2.5}\text{Al}_3(\text{Al,Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Zeólitas (1)	13,7
Laumontita	$\text{Ca}_{0.95}\text{K}_{0.03}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{H}_2\text{O})_{2.92}$	Zeólitas (2)	8,5
Quartzo	SiO_2	Silicatos	3
Calcita	CaCO_3	Carbonatos	2
Hematita	Fe_2O_3	Óxidos	0,7

Fonte: UFRGS, 2017.

A predominância da fase cristalina de esmectitas indica que a rocha de origem apresentava elevado grau de alteração. Isto era esperado, tendo em vista, a posição próxima a superfície do horizonte lavrado e o aspecto de baixa consistência da rocha. Por terem as esmectitas estruturas TOT, podem promover a retenção e troca de cátions como o K. Também predominantes, os feldspato calco-sódico são conhecidos como minerais de rocha com potencial de fertilização de solos (MELO; CASTILHOS; PINTO, 2009).

Apesar da intensão inicial fosse trabalhar um horizonte amigdalóide preenchidas com zeólitas, ao lavra revelou-se um horizonte vesicular, minimamente preenchido com minerais do grupo das zeólitas e carbonatos. Mesmo assim, as zeólitas totalizaram mais de 20% da massa cristalina. A laumontita é citada em estudos das zeólitas da Formação Serra Geral no RS, porém não há referências à clinoptilolita. As zeólitas conferem aos solos capacidade de troca catiônica, e, portanto, retenção e disponibilidade de nutrientes, desde cátions nitrogenados aos macronutrientes minerais (BERGMANN et al., 2013). Bandeira et al. (2013) estudaram a seletividade teórica das zeólitas presentes nos basaltos amigdalóides do RS. De acordo com os autores, a laumontita do grupo da heulandita pode trocar cátions de Ca, Na, K e NH_4^+ .

Figura 9 – Difratoograma de raios - X da amostra I3BV



Fonte: UFRGS, 2017.

Para fins de análise composicional, adotou-se que os minerais de zeólitas e calcitas, que preenchem as cavidades, tem origem supergênica, ou seja, não participam da composição inicial do magma, (SIMAS et al., 1999; FRANK et al., 2006; FRANK, 2008; MICHELIN, 2007). A presença significativa de zeólitas pode ser atribuída à decomposição do vidro vulcânico, que é um material sem estrutura cristalina e se degrada prontamente quando submetido ao intemperismo. Por sua vez, os minerais cristalizados de maneira repentina tendem a ter tamanho menor, e a apresentar um menor grau de ajuste da estrutura cristalina, o que também favorece sua degradação (BERGMANN et al, 2013).

Sabe-se que o processo de disponibilidade e mobilidade dos elementos químicos presentes na rocha dependerá do processo de alteração ou intemperismo por hidrólise, dissolução ou oxidação das fases minerais. Portanto, a informação da mineralogia permitiu presumir os minerais mais propensos ao intemperismo.

O plagioclásio (labradorita) ocorre e compreende minerais da classe dos feldspatos contendo cálcio e sódio na estrutura. Sua resistência ao intemperismo é baixa (ALLEONI; MELO, 2009), consistindo em um mineral com alto potencial para liberação de cálcio e sódio além do silício e alumínio para o meio. A calcita é propensa à dissolução, liberando o cálcio e contribuindo para o caráter alcalino do remineralizador

Os graus, de médio a alto, de susceptibilidades ao intemperismo das fases minerais da amostra do remineralizador estudado indica uma boa capacidade de liberação de nutrientes ao solo e de CTC.

4.3 Caracterização química

O estudo da composição química permitiu verificar a composição da amostra, seus elementos majoritários, medidos em óxidos simples, pela técnica da FRX, e a composição em concentração de 65 elementos utilizando análise por ICP. Os resultados são discutidos a seguir.

4.3.1 Fluorescência de raios – X

Os resultados da análise por FRX (Tabela 6) mostra a predominância dos óxidos de SiO_2 e Al_2O_3 que correspondem a mais de 70%, da composição da amostra, seguidos de Fe_2O_3 e CaO . O valor do SiO_2 classifica a amostra de rocha como neutra ou intermediária, entre ácida e básica (GILL, 2010). Apesar do contexto geológico ser de rocha básica (basalto),

ou seja, com conteúdo de SiO₂ menor que 52%, além de tratar-se de horizonte alterado, o expressivo conteúdo de zeólitas (ricas em Si) pode ser o responsável pelo incremento no teor de SiO₂ (TURNER; VERHOOGEN, 1960).

Para um material mineral ser classificado como remineralizador sua composição deve atender a IN n° 05/2016 que estabelece ter teor mínimo de 9% de soma de bases (CaO, MgO, K₂O) e 1% de óxido de potássio (K₂O) (BRASIL, 2016). Os resultados da Tabela 6 indicam um valor de 11,44% na soma de bases e teor de óxido de potássio (K₂O) de 2,49%. Portanto, a amostra atende a esta classificação.

Tabela 6 – Composição percentual dos óxidos simples dos elementos predominantes da amostra I3BV, determinada por Fluorescência de raios –X

Elementos	I3BV
Al ₂ O ₃	14,1
CaO	5,38
Fe ₂ O ₃	9,5
K ₂ O	2,49
MgO	3,57
MnO	0,17
Na ₂ O	3,22
P ₂ O ₅	0,26
SiO ₂	56,1
TiO ₂	1,17
LOI	2,7

Fonte: SGS GEOSOL, 2017.

4.3.2 Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES) e Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS)

A Tabela 7 apresenta um resumo das análises em ICP. A análise elementar e a de óxidos simples corroboram a mineralogia encontrada, dado os elevados teores de Al, Fe, Ca, Mg, Na e K. A análise por ICP não determina o teor de Si, em função da perda parcial deste elemento no processo de digestão da amostra.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 7 os valores de alumínio e, principalmente ferro, mostram ter havido uma concentração destes pelo processo de intemperização da rocha, presentes, possivelmente, na forma de hidróxidos pouco solúveis de alumínio e ferro (ALLEONI; MELO, 2009). Como será verificado, mais adiante, a condição

de pH alcalino da amostra, se mantidas condições de pH acima de 5,8 o Al e Fe se manterão na forma insolúvel, portanto, não tóxico para as plantas (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 2006).

Destaca-se, que apesar do intemperismo, elementos propensos a lixiviação como o Ca e K (ALLEONI; MELO, 2009), ainda mantém níveis de concentração elevados para rocha alterada, sendo potenciais nutrientes as plantas.

Tabela 7 – Composição química dos elementos majoritários e elementos-traços da amostra

I3BV		
Elementos		I3BV
Al	%	2,16
As	ppm	<1
Ca	%	2,11
Cd	ppm	0,05
Fe	%	5,06
Hg	ppm	0,03
K	%	0,15
Mg	%	1,47
Mn	ppm	849
Na	%	0,29
P	ppm	960
Pb	ppm	<0,2
Zn	ppm	65
B	ppm	<10
Ba	ppm	138
Cu	ppm	34,9
Mo	ppm	0,5
S	%	<0,01
Co	ppm	26,1

Fonte: SGS Geosol, (2017).

Destaca-se também as concentrações de elementos potencialmente tóxicos como As (< 1 ppm), Cd (0,05 ppm), Hg (0,03 ppm) e Pb (< 0,2 ppm). Estes níveis atendem ao estabelecido pela IN n° 05/2016, que limita os teores destes elementos em: 15 ppm para o As, 10 ppm para o Cd, 0,1 ppm para o Hg e 200 ppm para o Pb (BRASIL, 2016).

4.4 Disponibilidade de nutrientes

Para efeito comparativo com as condições de fertilidade de solo, a amostras I3BV foi submetida a análise agrônômica de fertilidade química e ensaios de lixiviação em ácido fraco e água.

A Tabela 8 apresenta os resultados de disponibilidade de nutrientes reveladas pela determinação para as condições em solos classificam a amostra como de um solo de boa qualidade agrônômica, de caráter alcalino, inexistência de Al(troc.) e de alta capacidade de troca catiônica.

Tabela 8 – Análise agrônômica da amostra I3BV

Atributos	I3BV
P mg/dm ³	> 100
K mg/dm ³	80
Al ^{tr} cmol/dm ³	0,0
Ca ^{tr} cmol/dm ³	24,1
Mg ^{tr} cmol/dm ³	4,6
% Sat. / CTC (Bases)	98
% Sat. / CTC (Al)	0
S mg/dm ³	6,1
Zn mg/dm ³	1,0
Cu mg/dm ³	1,3
B mg/dm ³	0,1
Mn mg/dm ³	8
Argila (%)	7
pH H ₂ O	8,5
CTC cmol/dm ³	29,5
MO %	0,7

Fonte: UFRGS, 2015.

Evidenciou-se também a disponibilidade dos micronutrientes como o Cu, Zn, B e Mn. Para o plantio de eucaliptos, o cobre e o zinco são recomendados na adubação de plantio, já o boro é recomendado na adubação de coroamento ou em filete contínuos após 75 dias do

plantio, além disso, o B o Zn e o Cu são recomendados na adubação de cobertura (WILCKEN et. al, 2008).

Segundo Castilhos e Meurer (2001) as pesquisas com o propósito de mensurar as taxas de liberação de nutrientes inorgânicos para as plantas de fontes minerais têm utilizado técnicas de extração por ácidos orgânicos de baixo peso molecular como, por exemplo, o ácido cítrico. Tal ácido pode simular as condições de intemperização de minerais pela formação de complexos orgânico-metálicos, naturalmente gerados pelas plantas na rizosfera.

De acordo com Bigham et al. (2001), muitos organismos são capazes de favorecer intemperismo nas rochas através da secreção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular. Assim sendo, o ácido cítrico em solução a 2% foi utilizado como solução extratora. A Tabela 9 apresenta os resultados da lixiviação da amostra realizados sob duas situações extremas: em solução ácida (ácido cítrico a 2%) e em água deionizada.

Tabela 9 – Concentrações nos lixiviados da amostra I3BV em mg l^{-1} para duas metodologias BS EN 12457-2, (2002) e Brasil, (2014)

pH	6,5	2,89
Elementos	BS EN 12457-2, (2002)	Brasil, (2014)
	I3BV	I3BV
Al	8,4	32,7
As	0,001	0,005
Ca	4,46	3,3
Cd	<0,001	<0,001
Fe	4,6	11,2
K	1,5	1,6
Mg	4,3	12,6
Mn	1,2	2,9
Na	15,1	5,7
P	1,2	5,8
Pb	0	0,001
Si	17,2	46,6
Zn	0,1	0,2
S	1,1	0,6
B	0,009	0,005
Cu	0,02	0,04
Ba	0,094	0,385
Hg	<0,010	<0,010

Fonte: Csic, 2015.

Os resultados da Tabela 9 mostram a influência do pH ácido na liberação dos elementos da fração mineral, com exceções do Ca, Na, S, B, os quais apresentaram maior concentração na lixiviação com água deionizada. Possivelmente, estes elementos tenham sofrido reações de precipitação, através da formação de carbonatos e/ou sulfatos hidratados.

Os elementos tóxicos: As, Cd, Hg e Pb não foram detectados, como era previsto devido a baixa concentração ou inexistência destes elementos na amostra.

4.5 Caracterização do solo do experimento

A análise de solos, apresentada na Seção 3.6.2 do Capítulo Metodologia classifica o solo onde o experimento foi aplicado como argiloso, principalmente em seu horizonte dos primeiros 20 cm, tendo um percentual médio de argila superior a 44%. Mesmo no horizonte de 20 a 50 cm o teor de argila de 35% classifica o solo no limite da condição argilosa. Esta condição indicaria uma boa capacidade de retenção de umidade. A Tabela 10 apresenta os resultados da umidade do solo para as duas condições de remoção da umidade: 60 °C e 105 °C; para as duas profundidades: até 20 cm e de 20 – 50 cm; e para as duas condições de cobertura: amostras compostas “1” e “3” onde o solo estava exposto, e “2” e “4” onde havia gramíneas.

Tabela 10 – Umidade total (105°C) e efetiva (60°C) do solo utilizado no experimento de cultivo de eucaliptos

Amostras	Umidade 60°C (%)	Umidade removida a 60°C (%)	Umidade 105°C (%)
1	19,44	96,5	20,14
2	26,24	97	27,04
3	34,62	97,7	35,42
4	20,13	97,5	20,63
Média	25,1	97,2	25,8

Fonte: Autoria própria, 2015.

Observa-se que praticamente toda a umidade foi removida a 60°C o que pode indicar a facilidade de perda de umidade do solo. A umidade superficial foi maior na condição do solo com cobertura de gramíneas. A retenção da umidade superficial na área com cobertura de

gramíneas pode ter influenciado na menor umidade em profundidade. O contrário pode ter ocorrido para o solo sem cobertura de gramíneas.

O solo é classificado também como ácido, com pH do solo em água de 4,1 para todas as profundidades. Conforme já comentado, trata-se de solo com baixo conteúdo de macronutrientes e necessidade de calagem conforme o Manual de Adubação e de Calagem: para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (SBCS, 2004).

4.6 Monitoramento da fertilidade do solo

Para acompanhar a evolução da fertilidade dos solos nos diferentes tratamentos foram realizadas três campanhas de amostragem de solo. A primeira antes da aplicação dos tratamentos, através de amostras compostas, conforme já comentado na determinação da umidade. A amostragem composta por gleba de solo, apesar de ser uma prática agrônômica usual, tomou como premissa, que a instalação experimental se daria em solo próximo ao homogêneo. Assim, a possível variabilidade do solo tornou-se uma variável interveniente aos resultados das amostragens sistemáticas realizadas nas campanhas seguintes.

A segunda campanha ocorreu após cinco meses da adubação do solo e a terceira após cinquenta e um dias da aplicação da adubação de cobertura de nitrogênio com nitrato de potássio. A Tabela 11 apresenta os valores médios das análises dos solos das três repetições de cada tratamento ANEXO C e APÊNDICE A.

A primeira e a segunda campanhas de amostragem contemplaram as análises de micronutrientes (S, Zn, Cu, B e Mn), cujos resultados são apresentados na tabela 11. Todavia, optou-se por não prosseguir na análise destes elementos na terceira campanha, pela dificuldade que seria em inclui-los no escopo deste trabalho.

A seguir serão discutidos individualmente os parâmetros das análises de solos, considerando-se os valores médios dos parâmetros encontrados. Contudo deve estes resultados serem tomados com cautela, haja vista a grande variabilidade de resultados entre as repetições dos diferentes tratamentos, conforme apresentado no APÊNDICE A.

Tabela 11 – Resultado da evolução da fertilidade do solo ao longo do experimento, onde os tratamentos T1 - Testemunha, T2 - Adubação do produtor, T3 – Adubação Recomendada, T4 – Remineralizador, T5 – Adubação Mista e T6 – Remineralizador com cama de aviário

Tratamentos	Al ^{tr}	Ca ^{tr}	Mg ^{tr}	Al + H	CTC	P	K	S	Zn	Cu	B	Mn	Argila	M.O.	pH H ₂ O	Saturação	Saturação
																CTC (Bases) %	CTC (Alumínio) %
				(cmolc/dm ³)				(mg/dm ³)				(%)					
Solo inicial																	
	4,8	0,7	0,35	13	14,1	3,1	37	14	0,7	0,7	0,7	5,4	44,5	2,4	4,05	8	80,3
Após 103 dias do plantio																	
T1	3,3	0,5	0,3	15,5	16,3	1,9	29,3	13,7	0,6	0,6	0,6	5,3	35,3	2,1	3,8	5,3	79
T2	3,3	0,5	0,3	18,1	18,9	2,4	26,3	15,7	0,5	0,6	0,7	3,2	33,7	1,8	3,8	5	78,5
T3	3,7	0,5	0,2	22,7	23,4	2,5	29,7	23,7	0,5	0,6	0,8	4	39	2,1	3,7	3,7	82,3
T4	3,2	0,8	0,4	18,7	19,8	2,9	27	18	0,7	0,5	0,6	6,3	40,7	2,1	3,9	6,3	73,3
T5	3,6	0,5	0,2	26,4	27,2	3,6	34,3	30	0,4	0,6	0,6	4,3	34,7	2,3	3,6	3,3	80,5
T6	3,3	0,7	0,3	23	24,2	1,8	37	15	0,7	0,6	0,7	7	35,3	2,2	3,8	5,3	74,4
Após 299 dias do plantio																	
T1	3,3	1,3	0,5	12,3	14,2	1,7	62,7						34,3	2,8	4,3	13,7	63,3
T2	3,6	0,9	0,4	13,9	15,3	4,5	65,7						33,7	2,6	4,1	6,7	44,7
T3	2,7	2,3	1	10,5	13,9	11,9	49,3						33,3	2,5	4,4	26,7	48,6
T4	2,8	3,4	0,4	13,2	15,4	3,6	94						33,7	2,8	4,1	14,3	61,4
T5	2,9	2	0,8	13,2	16,2	9,5	77,3						33,3	3,4	4,2	19	48,9
T6	2,4	2,4	0,7	10,6	13,9	13,9	110,7						35,3	2,9	4,3	24	42,1

Fonte: UFRGS, 2015; 2016.

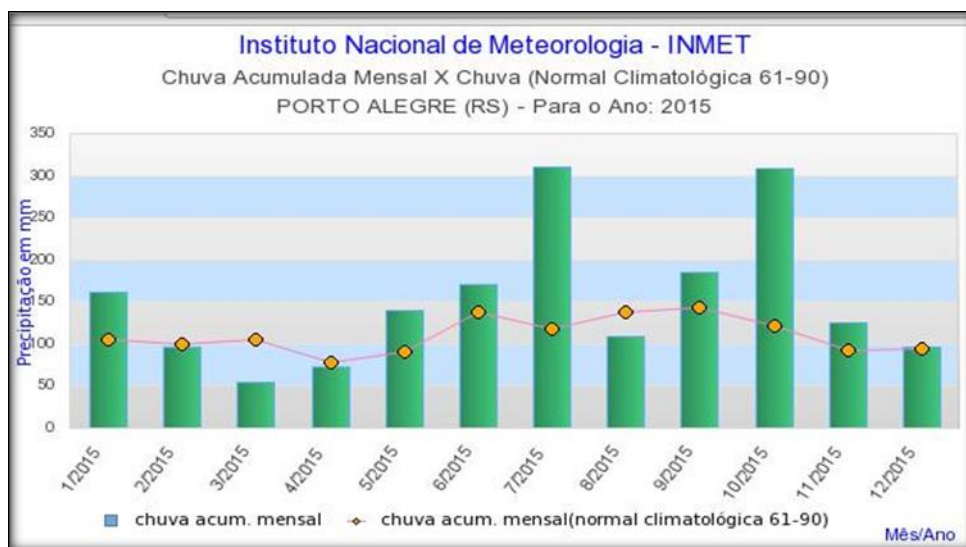
4.6.1 Considerações sobre a variável clima

O monitoramento do clima durante o experimento não foi considerado. No entanto, percebeu-se que no desenho de experimento de campo, há de ser considerada a influência das condições meteorológicas, aos resultados de análises de solo.

Para suprir esta falta considerou-se que a área sofreu intensidades de precipitação semelhantes aquelas precipitações pluviométricas em Porto Alegre, RS, por sua proximidade regional com Triunfo, RS.

De acordo com as datas dos eventos do experimento apresentadas no Quadro 2 (subseção 3.6.3) e consultado a Figura 10, a primeira amostragem, realizada em 1º de Julho de 2015, deu-se dia seco, mas em período de chuvas moderadas.

Figura 10 – Precipitação Pluviométrica para Porto Alegre, RS, 2015

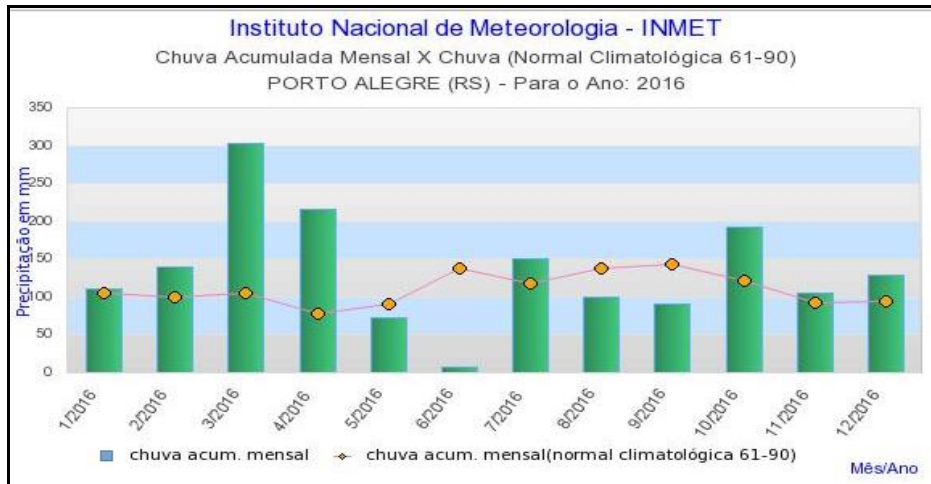


Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2016.

A preparação, adubação e plantio do solo foram realizadas nos meses de agosto a setembro de 2015, em período de redução de alta precipitação em julho de 2015. Após a adubação em solo revolvido, o mês de outubro de 2015 voltou a registrar intensas chuvas, acima de 300 mm, na região de Porto Alegre e no local do experimento. Este episódio pode ter tido influência no processo de fixação da adubação aplicada.

A segunda campanha de amostragem do solo ocorreu em janeiro de 2016, após longo período com níveis de precipitação média e baixa (Figura 11).

Figura 11 – Precipitação Pluviométrica para Porto Alegre, RS, 2016



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2017.

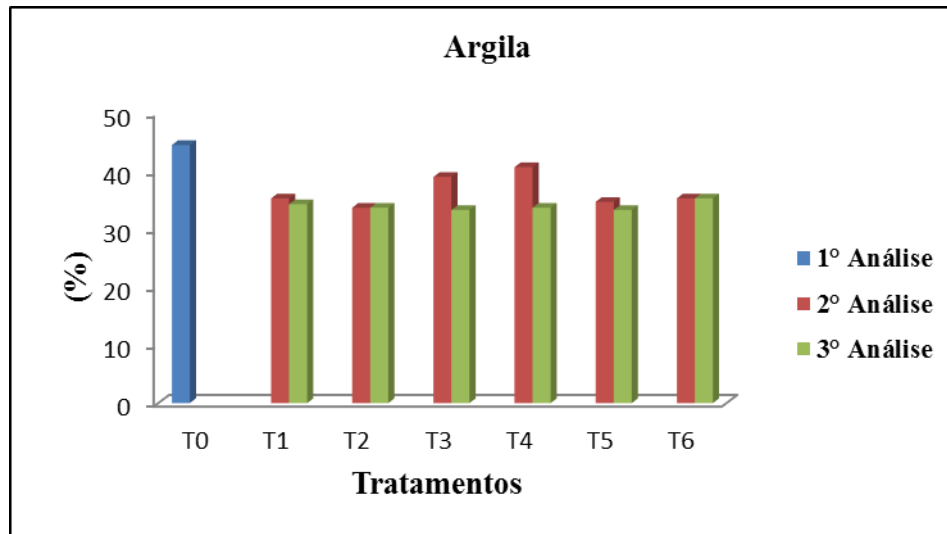
Em um período seco, em junho de 2016, foi feita a aplicação de cobertura de nitrogênio, com KNO_3 . A terceira amostragem de solo ocorreu em final de julho de 2016, em um período de aumento da precipitação. Neste mês Porto Alegre registrou 150 mm de chuva. Portanto, as condições para o solo absorver a adubação foram satisfatórias.

4.6.2 Teor de argila (%)

Conforme já comentado, o teor médio de argila no horizonte de 20 cm, em 44,5 %, indica a Classe 2 - alta argila no solo. Na Tabela 11 e Figura 12 observa-se, para todos os tratamentos, a perda de argila no solo, com diminuição média de 24%, passando para a Classe 3 – média argila.

Esta perda acentuada dos teores de argila no solo dos tratamentos pode ser atribuída às intensas chuvas registradas no período experimental, quando as linhas de plantio ainda apresentavam o solo revolvido e exposto. Apesar dos tratamentos 3 e 4 apresentarem uma menor redução de argila na primeira análise após o plantio (2ª análise), isto não se confirmaram na 3ª análise.

Figura 12 – Gráfico dos teores médios de argila (%) dos solos nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário



Fonte: Autoria própria, 2017.

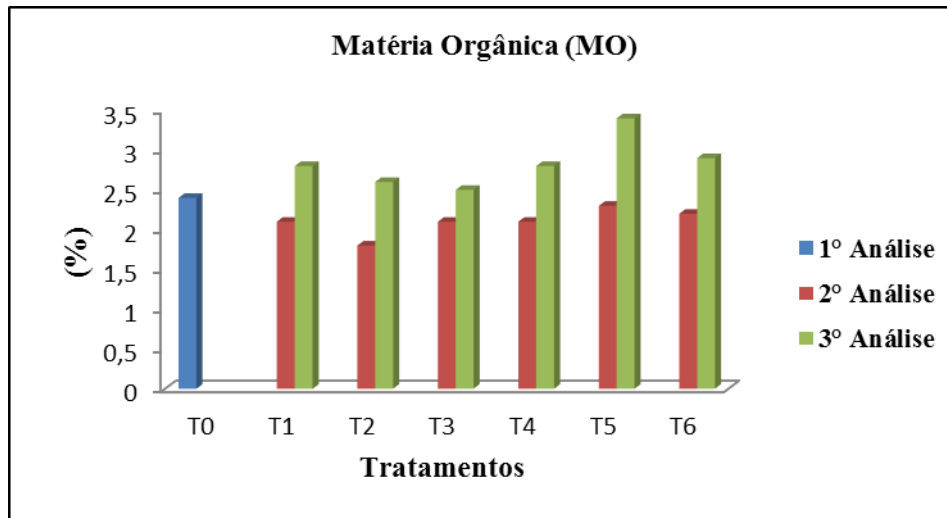
4.6.3 Teor de matéria orgânica (M.O.)

Da mesma forma que o teor de argila o valor médio da M.O, antes da instalação experimental, foi maior que a primeira medição, após o plantio. No entanto, a M.O mostrou crescimento na segunda amostragem, ultrapassando em todos os tratamentos o valor médio inicial do solo (Tabela 11), como é visualizado na Figura 13.

A redução da M.O observada na segunda amostragem pode ser efeito também das chuvas, porém, considerando a incorporação inicial de material vegetal às linhas de tratamento e a capina realizada sem a remoção da palhada podem ter influenciado no incremento da M.O. na terceira amostragem.

Conforme mencionado na metodologia, a preparação das linhas de plantio realizada com o subsolador e, após a segunda campanha de amostragem, foi realizada uma capina mecânica para suprimir a vegetação competidora que se desenvolvia entre as linhas de plantio, não tendo sido removida a palha da capina, deixada ao lado das linhas de plantio. A incorporação de massa vegetal nestes dois eventos pode ter ajudado na recuperação da matéria orgânica estável ou húmus (MO) no solo.

Figura 13 – Gráfico dos teores médios de matéria orgânica nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário



Fonte: Autoria própria, 2017.

O Tratamento T6 foi o único com incorporação de massa orgânica através da aplicação de cama de aviário (900 kg/ha), teve na segunda amostragem um decréscimo de M.O menor que a média, e atingiu o segundo maior valor na terceira amostragem.

Theodoro e Leonardos (2006) já citavam que o uso adicional de matéria orgânica foi vantajoso aos experimentos de rochagem, demonstrando que a combinação da fertilização orgânica e do remineralizador pode cumprir, se não todas, mas a maioria das exigências de macro e micronutrientes. O esterco de animais contém uma quantidade de microrganismos significativa e eles produzem algumas substâncias, as quais conseguem acelerar, pelo intemperismo biológico, favorecem a translocação dos elementos para a matriz radicular, (KIEHL, 1985).

4.6.4 pH H₂O

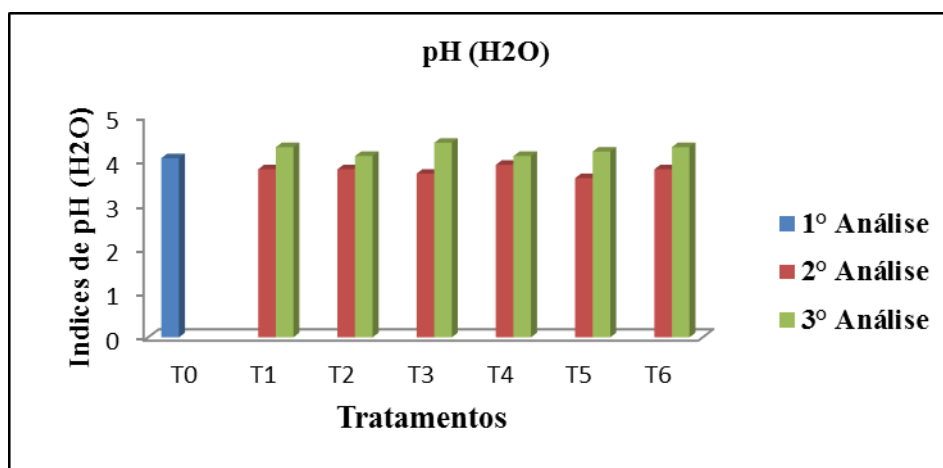
A análise de solos da área antes do plantio e das amostras dos tratamentos após a instalação do experimento são classificados como muito ácidos com pH<5 (Tabela 11 e Figura 14). Para o plantio de eucaliptos, nestas condições de pH o ROLAS (2004) recomenda a calagem, visando a correção para pH>5,5.

Nos tratamentos T2, T3 e T5 foi aplicado calcário antes do plantio, todavia, a correção não foi suficiente para alterar a condição de acidez. Os valores de pH na 2ª campanha foram

em média de 3,8, com pouca variabilidade, e na segunda campanha a média teve um leve incremento para 4,3, também com pouca variabilidade.

De acordo com Gillman et al. (2001) o pó de rochas basálticas tem a característica de elevar o pH de solo, mas a correlação não pode ser evidenciada.

Figura 14 – Gráfico dos valores médios de pH H₂O nas três análises de solo, onde T0: primeira análise de solo; T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário



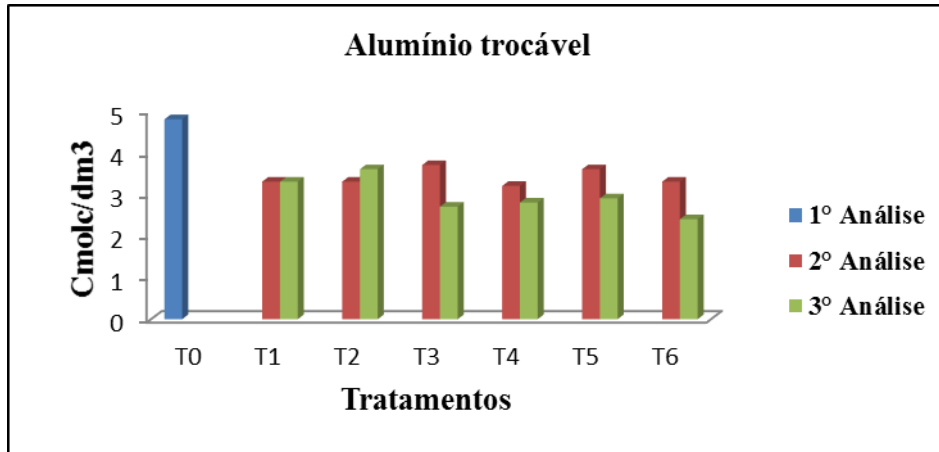
Fonte: Autoria própria, 2017.

4.6.5 Teor de alumínio trocável (Alth)

O alumínio trocável Al^{tr} é comumente associado aos solos com pH ácido, como é o caso das condições deste experimento.

Nas análises de fertilidade de solos o teor de alumínio trocável é um dado relevante, principalmente associado ao pH do solo, pois em níveis de solos com pH ácido o Al^{tr} é considerado tóxico ao desenvolvimento de plantas. Na Tabela 11 e Figura 15 observa-se que, apesar da diminuição progressiva dos teores médios de Alth para todos os tratamentos, principalmente no tratamento T6, que reduziu seu teor em torno de 50% entre a primeira e a terceira campanhas, ficando com uma concentração de 2,4 cmol_c/dm³, abaixo inclusive do tratamento testemunha T1, sendo que o pH ficou ainda ácido, no patamar de pH 4.

Figura 15 – Gráfico dos teores médios de alumínio (Al^{tr}) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário



Fonte: Autoria própria, 2017.

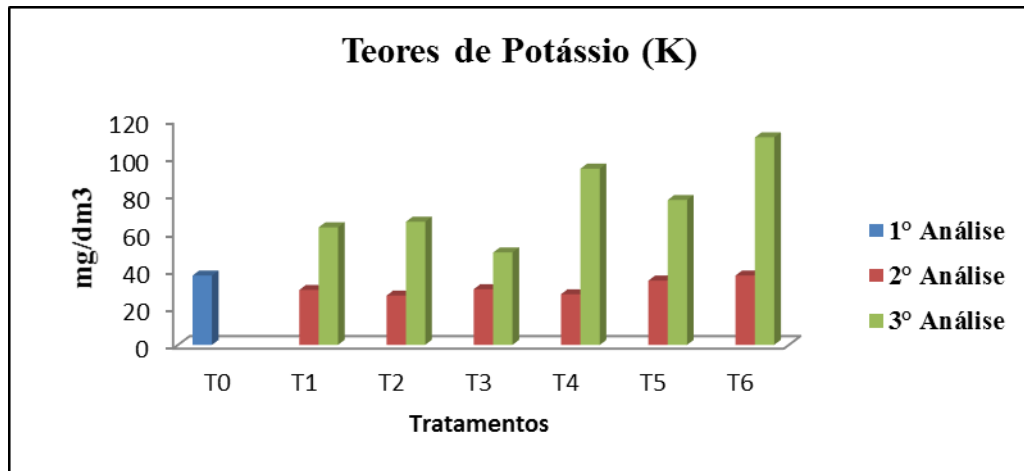
Como referenciado por muitos autores (PRIMAVESI, 2002) o nível aceitável de Al^{tr} pode ser avaliado pela percentagem de Al^{tr} pela soma total das bases no solo, sendo 16,6 % um limite aceitável. Para a melhor condição do experimento esta proporção foi de 64 %, portanto, elevada.

4.6.6 Teor de potássio (K)

Os resultados de avaliação do remineralizador referentes a análise de fertilidade química (Tabela 8) indica uma boa disponibilidade de K, da ordem de 80 mg/dm^3 , se comparado ao solo. No teste de extração em solução de ácido cítrico 2% também houve a liberação de K. É difícil mensurar qual a contribuição do remineralizador, mas certamente, será em uma escala menor do que aquela referente a adubação química.

Apesar da aplicação de potássio, em vários níveis, para todos os tratamentos, menos o T1, na forma de KNO_3 ou da disponibilidade de K^+ pelo remineralizador e proveniente da cama de aviário, nas análises após 103 dias do plantio foram menores ou igual à concentração média de K (37 mg/dm^3) no solo, antes da adubação (Tabela 11 e Figura 16).

Figura 16 – Gráfico dos teores médios de potássio (K) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário



Fonte: A autoria própria, 2017.

Os valores médios de K observados na Tabela 11 e Figura 16 mostram uma redução nos Tratamentos 1, 2, 3 e 4, na segunda análise de solo, apesar do T3 ter recebido a adubação recomendada. Os Tratamentos T5 e T6, com 34,5 e 37 mgK/dm³ são aqueles tratados com adubação química e remineralizador e com remineralizador e composto orgânico (cama de aviário).

A mobilidade (solubilidade) do potássio, associado a chuvas, pode ter influenciado sua maior redução na adubação química, ao contrario, observou-se a manutenção deste quando utilizado o remineralizador.

A reposição de cobertura para o nitrogênio utilizando KNO₃ deve ser considerada na avaliação da concentração de K na terceira campanha de amostragem, realizada 21 dias após a aplicação da cobertura. Os valores acima das avaliações anteriores tiveram as concentrações médias máximas no T6, seguido do T3 e T5, novamente mostrando boa retenção de K nos tratamentos com remineralizadores. Wilpert e Lukes (2003) já registravam efeitos positivos do remineralizador sobre incremento nos teores de K em solo na floresta na Alemanha pela aplicação de 6 t/ha de remineralizador.

4.6.7 Teor de fósforo (P)

A caracterização do remineralizador mostra que a concentração do fósforo (960 ppm) é menor que a dos outros macro nutrientes (Ca, Mg e K) da ordem de percentagem (Tabela 7).

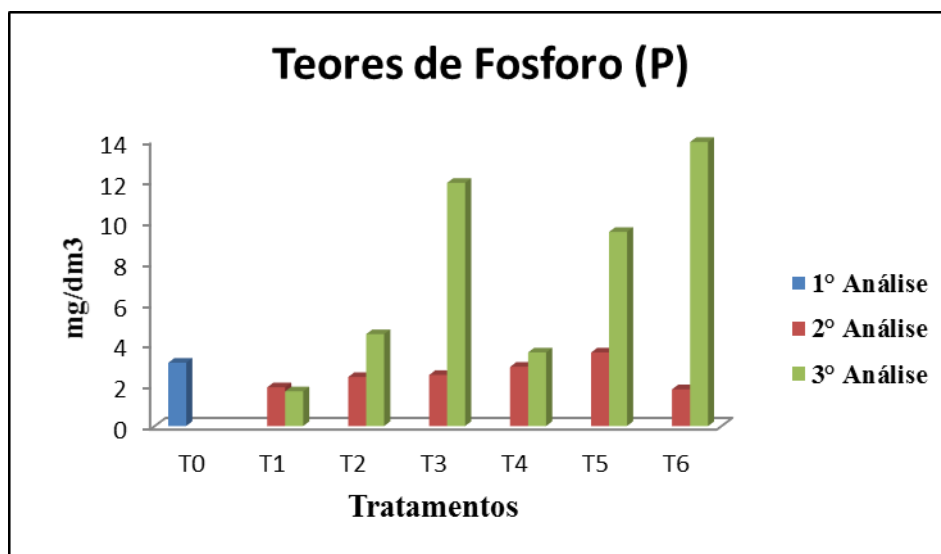
No entanto, as análises de disponibilidade química (Tabela 8) e de extração em ácido cítrico (Tabela 9) mostram valores superiores ao de K e Ca.

As análises de fertilidade química do solo antes da aplicação dos tratamentos e nas duas campanhas de amostragem mostram valores de difícil correlação. Inicialmente deve ser considerado que os níveis P do solo do experimento variaram de 3,1 mg/dm³ no horizonte superficial (20 cm) a menos que 0,1 mg/dm³ no horizonte de 20 a 50 cm. A preparação do solo pode ter contribuído para alterar o nível de P entre as linhas de plantio.

Os resultados da Tabela 11 e Figura 17 mostram, para a segunda campanha de amostragem, a redução do nível de P para todos os tratamentos, com exceção do T5 com 3,6 mg/dm³. Não era esperado o incremento do nível de P nas amostras da terceira campanha.

O laboratório que emitiu o laudo das análises foi questionado quanto a estes resultados, tendo confirmado os dados, conforme o APÊNDICE A. Considerando os fatores intervenientes podem ter interferido no resultado, os tratamentos T3 (adubação recomendada), T5 (adubação mista) e T6 (adubação com remineralizador e cama de aviário) apresentaram níveis altos de P na terceira amostragem, conforme o Manual de Adubação e de Calagem.

Figura 17 – Gráfico dos teores médios de fósforo (P) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário



Fonte: Autoria própria, 2017.

4.6.8 Teores de cálcio trocável (Ca^{th}) e magnésio trocável (Mg^{th})

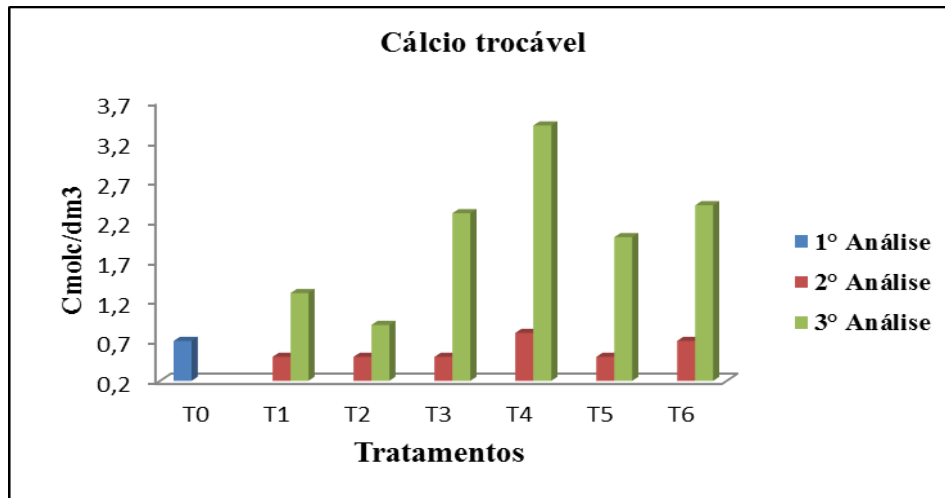
As análises do remineralizador (análise agronômica e lixiviação) indicam que a disponibilização de Ca e Mg é a maior entre os macro nutrientes (tabela 9). No solo o comportamento dos cátions trocáveis Ca^{tr} e Mg^{tr} apresentaram, como os demais macronutrientes, teores menores que o teor médio do solo antes do experimento. Isto confirma a condição de acidez para todos os tratamentos indicada nas medições de pH, após o plantio (2ª campanha).

As concentrações de Ca e Mg nos tratamentos ficaram todos abaixo de $1 \text{ cmol Ca dm}^{-3}$ e $0,5 \text{ cmol Mg dm}^{-3}$, sendo classificados como solos de baixo teor em Ca e Mg (SBCS, 2004). Os tratamentos T4 e T6 mantiveram a mesma concentração dos teores médio iniciais, de $0,7 \text{ cmol Ca dm}^{-3}$ e $0,35 \text{ cmol Mg d.m}^{-3}$ (tabela 11).

O comportamento das concentrações de Ca e Mg pode ser visualizada nas Figuras 18 e 19. Após os 300 dias, na 3ª campanha, os teores de Ca^{tr} e Mg^{tr} mostraram elevação em todos os tratamentos. Os valores superaram os teores iniciais, mas ainda apontando solo ácido. Os tratamentos T3, T4 e T6 atingiram concentrações no limiar entre as classes de baixo e médio teor de Ca e Mg.

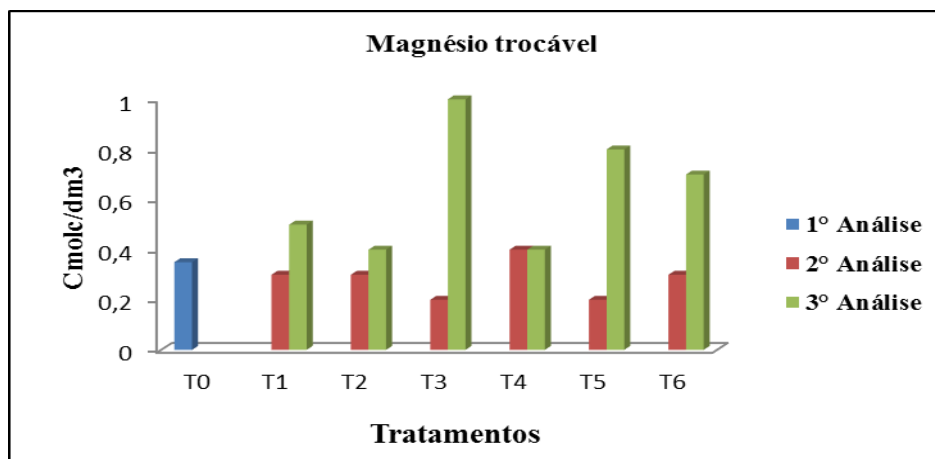
O efeito do calcário dolomítico versus o remineralizador pode explicar o que ocorre entre o T3 e o T4, para os resultados da terceira campanha. No T3, que recebeu calagem, nota-se o maior nível de Mg^{th} , que pode atribuir-se a liberação do Mg^{th} do calcário dolomítico, base do corretivo utilizado. Já o remineralizador possui maiores teores de Ca do que Mg, que se refletem nos resultados dos ensaios agronômicos e de lixiviação.

Figura 18 – Gráfico dos teores médios de cálcio trocável (Ca^{th}) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário



Fonte: Autoria própria, 2017.

Figura 19 – Gráfico dos teores médios de Magnésio trocável (Mg^{th}) nas três campanhas de análise de solos, onde T0: primeira análise de solo, T1: testemunha; T2: adubação do produtor; T3: adubação recomendada; T4: adubação com remineralizador; T5: adubação mista; T6: adubação com remineralizador e cama de aviário



Fonte: Autoria própria, 2017.

4.6.9 Teores dos micronutrientes (S, Zn, Cu, B, Mn)

Os teores de micronutrientes disponíveis nos solos dos tratamentos foi medida apenas nas duas primeiras campanhas. A pequena variabilidade, exceto para o Mn (Tabela 11), e

considerando que são elementos traços que podem apresentar maiores erros de avaliação não recomendou a continuidade de sua verificação.

4.7 Resultados do desenvolvimento de plantas clonais de *Eucalyptus saligna* Smith

Os resultados médios do desenvolvimento das plantas de eucalipto (Tabela 12) mostram o melhor desempenho nos tratamentos T5, T3 e T2, alcançando os valores dos parâmetros de altura e diâmetro das plantas, para o tratamento T5 de 323,4 cm de altura, 4,3; cm de diâmetro, tratamento T3 de 294,6cm de altura, 4,1cm de diâmetro e o tratamento T2 289,5cm de altura e 4cm de diâmetro. Os valores muito próximos apresentados pelos tratamentos T3 e T2, ambos recebendo adubação química, parece indicar a menor influência da quantidade ou carga de adubação. A influência positiva da adubação química é corroborada pelo melhor desempenho do tratamento T5 que recebeu metade da adubação química, aplicada ao tratamento T3. Mas também recebeu a metade da dosagem de remineralizador aplicado ao tratamento T4.

Já a aplicação única de remineralizador, como no T4 teve fraco desempenho, comparado ao tratamento que não recebeu qualquer adubação.

A evolução observada nas três medições das plantas mostrou o mesmo comportamento, ou seja, o desempenho dos tratamentos observado na primeira medição se manteve para as outras duas.

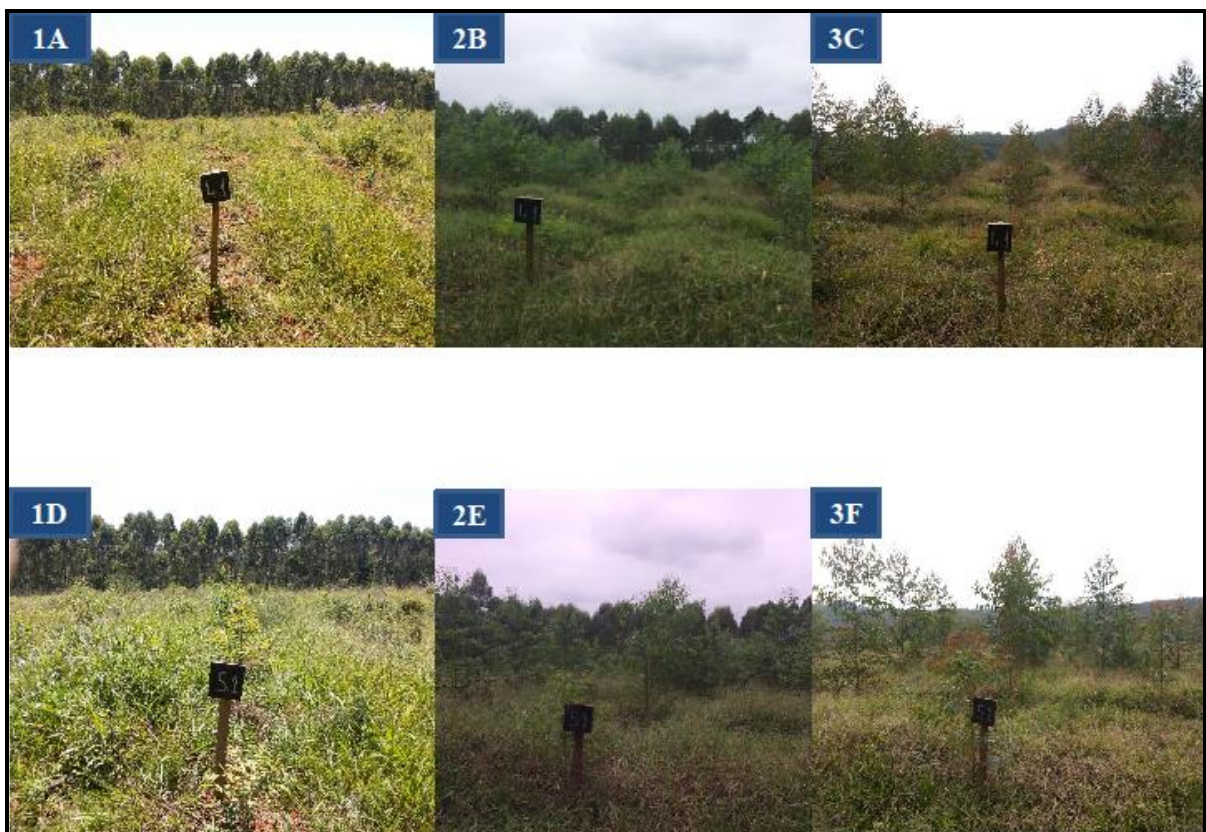
Tabela 12 – Valores médios da altura (A) e diâmetro (D) do desenvolvimento das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith e percentual de desenvolvimento entre a primeira e últimas conferências de cada tratamento

Controle de dados	Primeira		Segunda	(cm)	Terceira (cm)	
	(cm)				A	D
Tratamentos	A	D	A	D	A	D
T1 – Testemunha	69,8	0,8	148,9	1,7	199,9	2,9
T2 – Adubação do produtor	89,9	1,1	224,2	2,6	289,5	4
T3 – Adubação Recomendada	104,6	1,2	236,8	2,8	294,6	4,1
T4 – Remineralizador - T4	58,6	0,7	130,4	1,5	178,1	2,5
T5 – Adubação Mista - T5	107,5	1,3	248,7	2,9	323,4	4,3
T6 – Remineralizador com cama de aviário - T6	76,4	0,9	181,2	2,1	245	3,2

Fonte: Autoria própria, 2017.

Na Figura 20 permite visualizar a evolução do desenvolvimento das plantas dos canteiros dos tratamentos T4.1 e T5.1. Conforme comentado, o tratamento T5 (adubação mista) apresentou o melhor desenvolvimento das plantas de eucalipto em altura e diâmetro e o tratamento T4 (remineralizador) foi o que menos se desenvolveu ao longo do experimento.

Figura 20 – Evolução das plantas dos tratamentos T4.1 e T5.1 ao longo do experimento, onde n° 1A: primeira conferência; n° 2B: segunda conferência, n° 3C: terceira conferência do tratamento 4.1 e n° 1D: primeira conferência; n° 2E: segunda conferência, n° 3F: terceira conferência do tratamento 5.1



Fonte: Autoria própria, 2016.

Os resultados das medições de desenvolvimento das plantas, apresentados no APÊNDICE B receberam a avaliação estatística através do teste Turkey 5%, discutido a seguir.

4.7.1 Primeira conferência de altura e diâmetro das plantas

Na primeira campanha do desenvolvimento das plantas de eucalipto foi possível constatar que o tratamento T5 (adubação mista) foi o tratamento com os melhores resultados

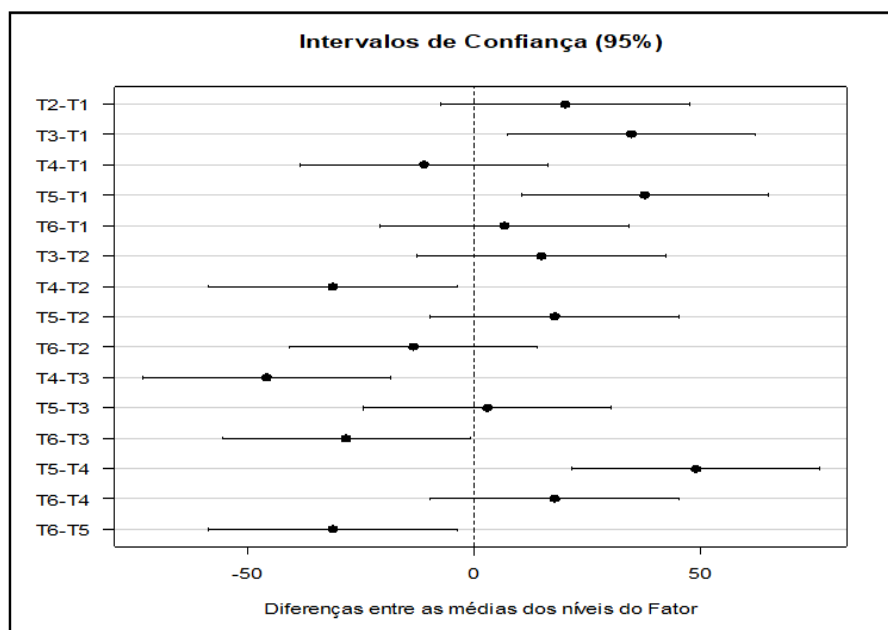
em médias de diâmetro e altura, mas com pequena diferença para o tratamento T3 (adubação recomendada), como já comentado, e confirmado pela análise de intervalo de confiança maior que 95% conforme as Figuras 21 e 22, sugerindo haver um efeito sinérgico do remineralizador com ganho a adubação química.

Já, os tratamentos com menor desenvolvimento foram o T4 (somente remineralizador) e o T1 (testemunha), justamente aqueles que não receberam qualquer adubação química. Isto indica que o remineralizador, por si só, não promoveu uma melhora no desenvolvimento das plantas, neste período.

O efeito de adicionar junto com o remineralizador a cama de aviário, como no tratamento T6 mostrou apenas uma pequena contribuição a esta combinação, apresentando resultados de menor desenvolvimento, se comparado ao tratamento T2 (adubação do produtor).

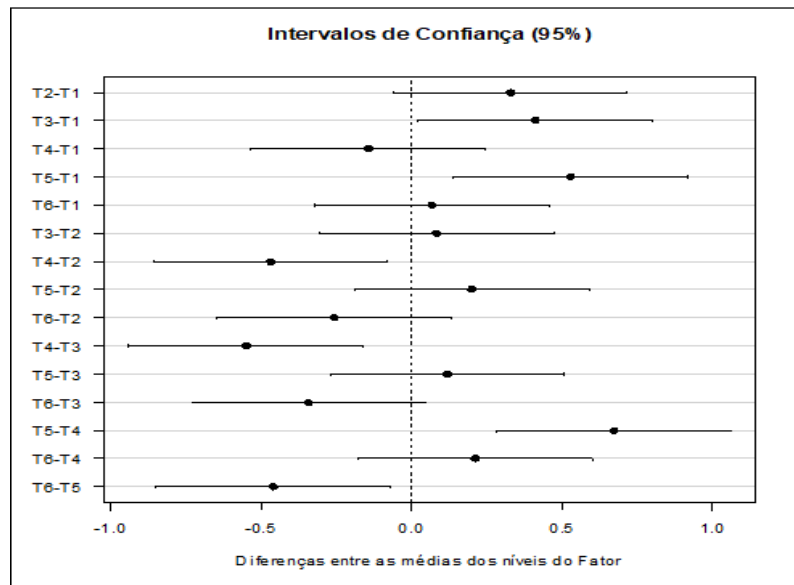
Para a altura os tratamentos T3-T1; T5-T1; T4-T2; T4-T3; T6-T3; T5-T4; T6-T5, e para o diâmetro os tratamentos T3-T1; T5-T1; T4-T2; T4-T3; T6-T5 foram encontradas diferenças estatísticas significativas, conforme demonstrado no APÊNDICE C, D, e nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 – Gráfico de intervalos de confiança (95%) entre os tratamentos, demonstrando as diferenças estatísticas em relação à altura das plantas na 1^o conferência (cm)



Fonte: Autoria própria, 2017.

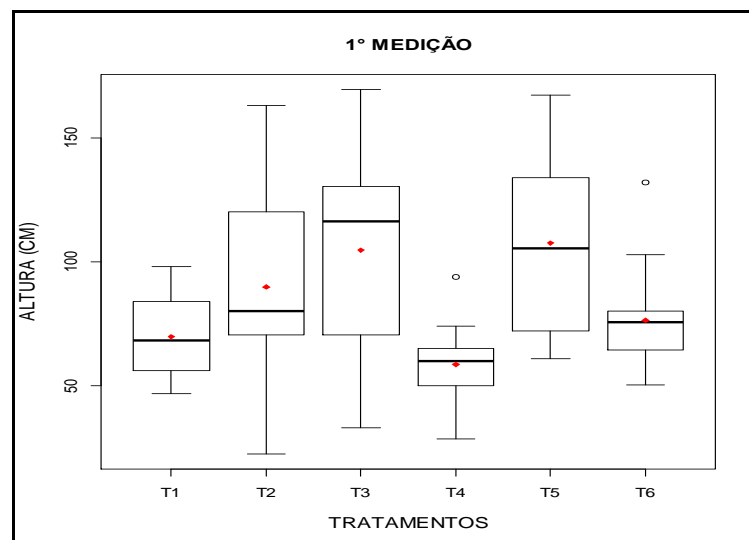
Figura 22 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos, demonstrando as diferenças estatísticas em relação ao diâmetro das plantas na 1ª conferência (cm)



Fonte: Autoria própria, 2017.

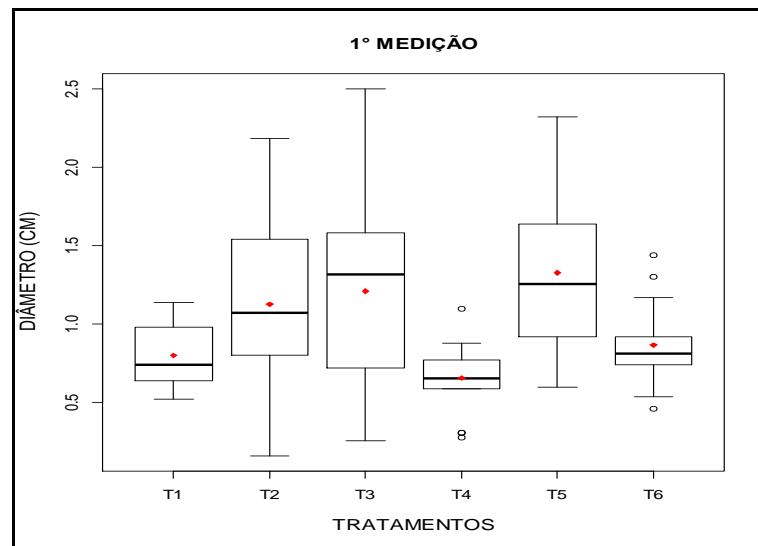
Os resultados da primeira campanha de avaliação (Figuras 23 e 24 e APENDICE B) mostram a divisão dos tratamentos em dois grupos: um dos tratamentos com as maiores médias dos parâmetros (altura e diâmetro), T2, T3 e T5, com a maior variabilidade dos valores; e o daqueles tratamentos onde não foi empregada adubação química (T1, T4 e T6), com uma menor variabilidade de medições.

Figura 23 – Gráfico de *Box-plot* da média, mediana, valores do 1º e 3º quartil, limite inferior e superior e valores discrepantes dos tratamentos, para a primeira conferência da altura das plantas



Fonte: Autoria própria, 2017.

Figura 24 – Gráfico de *Box-plot* da média, mediana, valores do 1º e 3º quartil, limite inferior, limite superior e valores discrepantes da 1ª medida de diâmetro das plantas



Fonte: Autoria própria, 2017.

Além da relação qualitativa que correlaciona o fato de ter recebido adubação química com os melhores resultados de arranque no crescimento das mudas, a comparação com os resultados do desenvolvimento das plantas com a qualidade de fertilidade, apresentada na seção 4.6 (Tabela 11) não encontrou um controle ou correlação evidente com os níveis de concentração de algum nutriente.

Como pode ser constatado: o T5 apresentou os melhores resultados do macronutrientes P com $3,6 \text{ mg/dm}^3$ e K, ficou com o segundo melhor teor com $34,3 \text{ mg/dm}^3$ e alto valor de Ca. O melhor teor de K ficou com o tratamento T6 com 37 mg/dm^3 . Por sua vez, os valores destes macronutrientes para o tratamento T4 foram semelhantes com, 2,9 e 27 mg/dm^3 respectivamente, próximos dos valores do tratamento T3 ($2,5$ e $29,7 \text{ mg/dm}^3$).

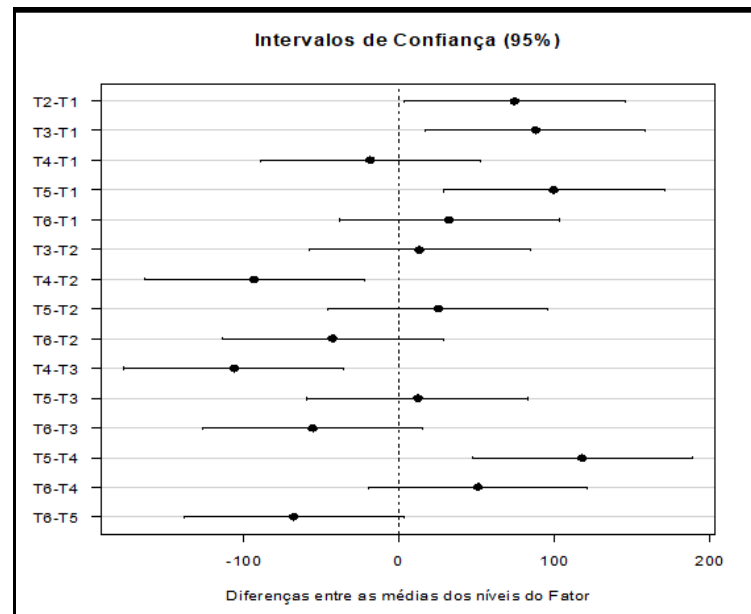
4.7.2 Segunda e terceira conferências de altura e diâmetro das plantas

A segunda e terceira conferências de desenvolvimento da altura e diâmetro das plantas se manteve. O tratamento T5 (com adubação química e remineralizador) apresentou os valores maiores, seguido pelos tratamentos T3 (adubação recomendada) e tratamento T2 (adubação do produtor). Por sua vez, o tratamento T4 (com remineralizador) mostrou o menor desenvolvimento, próximo do valor do T1 (sem adubação) e o T6 com um desenvolvimento intermediário, conforme demonstrado na Tabela 12. Todos os resultados de conferência de

medições de diâmetro e de altura do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith estão detalhados nos APÊNDICE B.

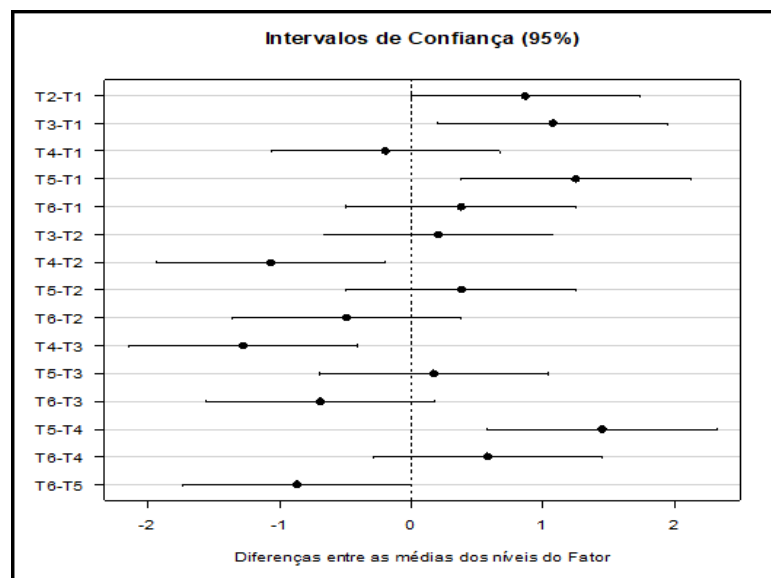
Na segunda conferência de desenvolvimento das plantas o teste Tukey 5% mostra menor diferença estatística para os tratamentos T1 e T4, T3 e T5, T2 e T3 e T2 e T5, conforme APÊNDICE C e D e demonstrado nos gráficos das Figuras 25 e 26.

Figura 25 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos demonstrando as diferenças estatísticas em relação a 2ª conferência da medida de altura (cm)



Fonte: Autoria própria, 2017.

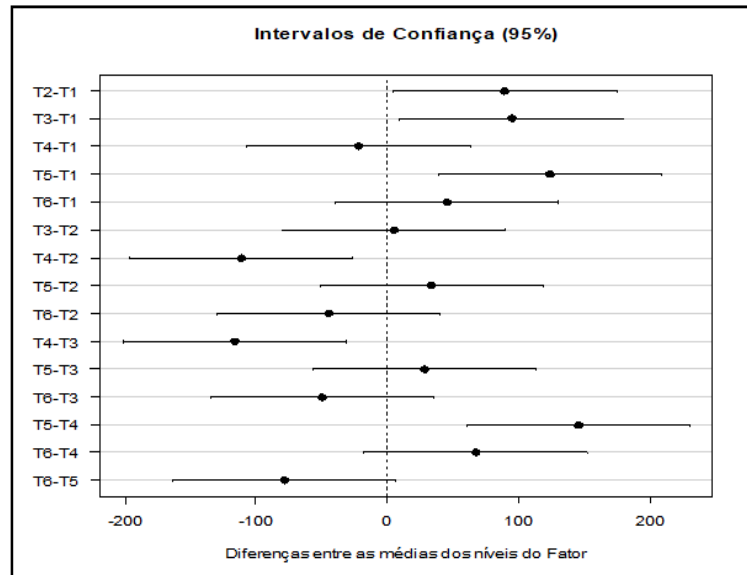
Figura 26 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos demonstrando as diferenças estatística em relação ao diâmetro das plantas na 2ª conferência (cm)



Fonte: Autoria própria, 2017.

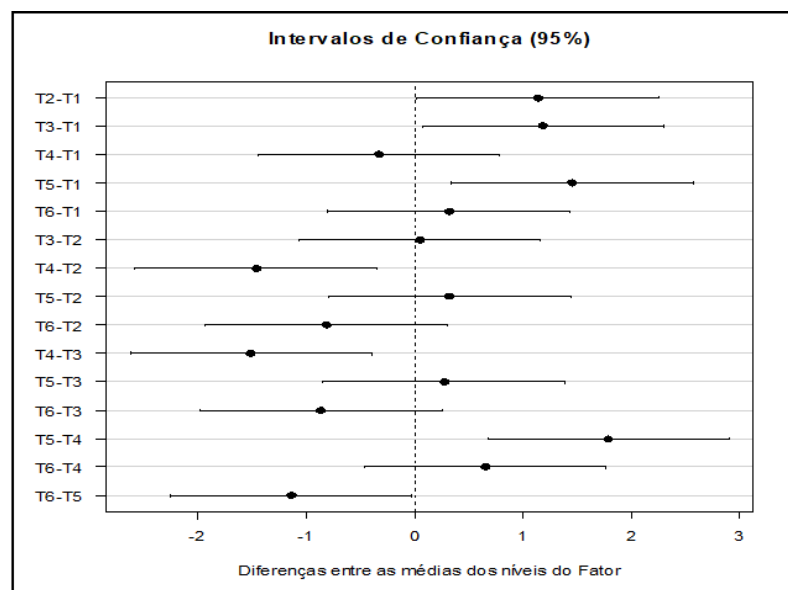
Na terceira conferência os desenvolvimentos os tratamentos mostraram novamente comportamentos semelhantes entre os tratamentos T1 e T4, T2 e T3, T3 e T5 e T5 e T2 para a altura e diâmetro demonstrado no (APÊNDICE – C, D), e nas Figuras 27 e 28.

Figura 27 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos demonstrando as diferenças estatísticas em relação a altura das plantas na 3º conferência da altura (cm)



Fonte: Autoria própria, 2017.

Figura 28 – Gráfico de intervalo de confiança (95%) entre os tratamentos demonstrando as diferenças estatísticas em relação ao diâmetro das plantas na 3º conferência (cm)

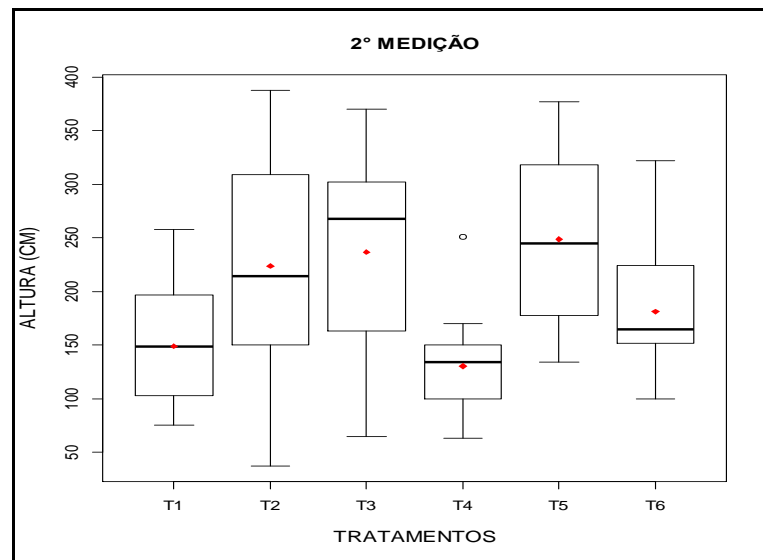


Fonte: Autoria própria, 2017.

Por sua vez, os gráficos de *Box-plot*, para a segunda e terceira medição de desenvolvimento das plantas mostram que os tratamentos com melhor resultado médio

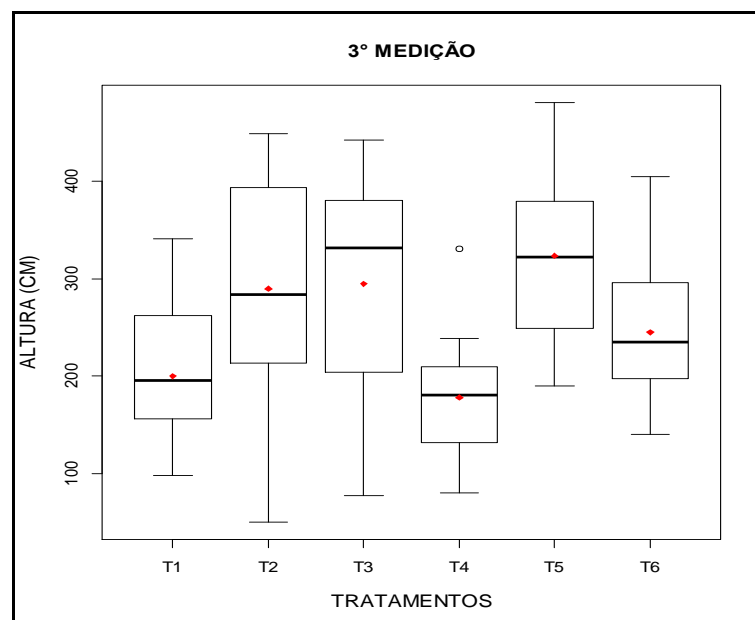
apresentaram também a maior variabilidade nas medições (Figura 29, 30, 31 e 32 APÊNDICE B). A maior variabilidade dos resultados destes tratamentos não produziu nenhum ponto discrepante.

Figura 29 – Gráfico de *Box-plot* da média, mediana, valores do 1° e 3° quartil, limite inferior, limite superior e valores discrepantes da 2° conferência de altura das mudas de *Eucalyptus saligna* Smith (cm)



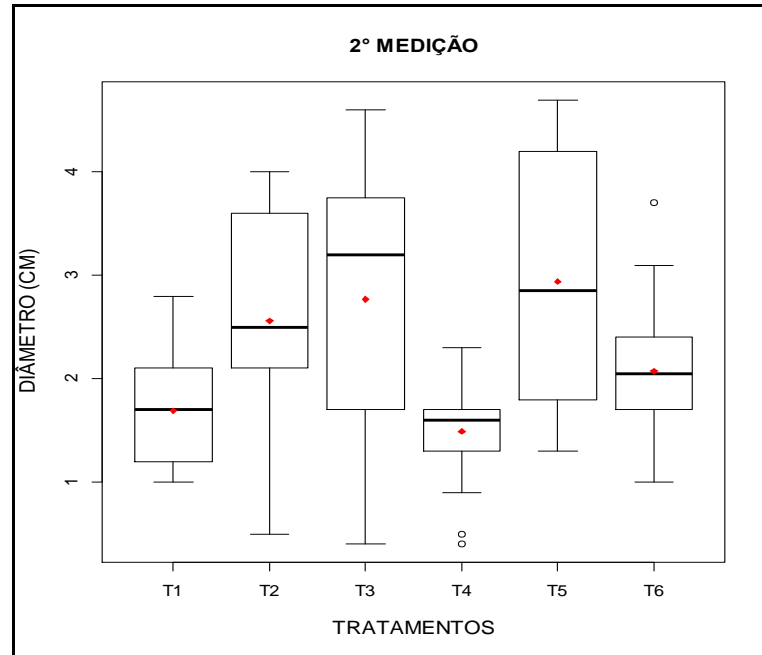
Fonte: Autoria própria, 2017.

Figura 30 – Gráfico de *Box-plot* da média, mediana, valores do 1° e 3° quartil, limite inferior, limite superior e valores discrepantes na 3ª conferência da altura das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith (cm)



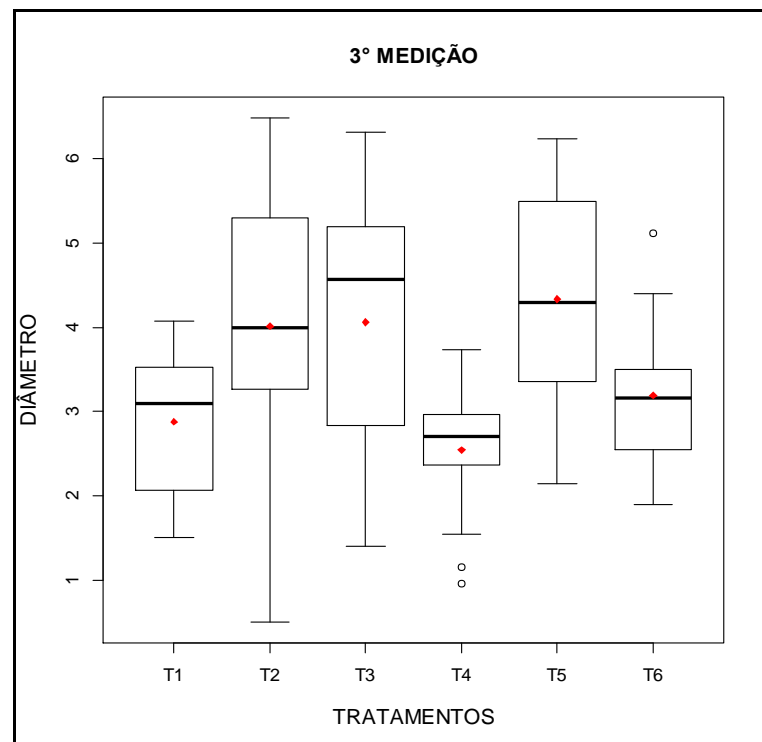
Fonte: Autoria própria, 2017.

Figura 31 – Gráfico de *Box-plot* da média, mediana, valores do 1º e 3º quartil, limite inferior, limite superior e valores discrepantes da 2ª conferência do diâmetro das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith (cm)



Fonte: Autoria própria, 2017.

Figura 32 – Gráfico de *Box-plot* da média, mediana, valores do 1º e 3º quartil, valores máximos, mínimos e valores discrepantes da conferência da 3ª medida do diâmetro das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith (cm)



Fonte: Autoria própria, 2017.

5 CONCLUSÃO

As conclusões da presente pesquisa serão apresentadas quanto a caracterização do remineralizador, a fertilidade dos solos dos tratamentos e o desenvolvimento das mudas por tratamento de adubação.

O horizonte de rocha de basalto vesicular utilizado neste estudo atendeu aos critérios de soma de bases (11,44 %), de teor de K_2O (2,49 %) e conteúdo de elementos potencialmente tóxicos (As, Cd, Hg e Pb) atendem às condições estabelecidas pela Instrução Normativa nº 05 de 2016 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para registro como produto Remineralizador.

A instalação do experimento revelou ser um solo ácido, de baixa concentração dos macronutrientes, portanto, que necessita de adubação para o plantio de eucaliptos, segundo a boa prática da agronomia.

Os valores médios de qualidade da fertilidade para os seis tratamentos, com três repetições, mostrou que: não houve melhora na condição de acidez do solo; após 299 dias do plantio houve diferenças entre os tratamentos com as maiores concentrações de macronutrientes: mais que $9,5 \text{ mg/dm}^3$ de fósforo (P) nos tratamentos T3, T5 e T6, mais que $2,0 \text{ cmol/dm}^3$ de cálcio (Ca) nos tratamentos T3, T4, T5 e T6 e mais de $0,7 \text{ cmol/dm}^3$ de magnésio (Mg) nos tratamentos T3, T5 e T6. O potássio (K) apresentou valores médios elevados para todos os tratamentos decorrentes da aplicação de KNO_3 de cobertura de nitrogênio, com valores superiores a $49,3 \text{ mg/dm}^3$. Tais resultados indicam o efeito positivo da aplicação de adubação solúvel nos tratamentos T3 e T5, e possível efeito do remineralizador aplicado nos tratamentos T4, T5 e T6.

Os resultados de desenvolvimento da altura e diâmetro das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith mostraram comportamento idêntico da altura e diâmetro para todos os tratamentos nas três campanhas de medição. Os tratamentos com melhor desenvolvimento foram aqueles que receberam adubos solúveis, destacando, que o tratamento com melhor desempenho foi o T5, onde se aplicou 50% da dose do remineralizador e 50% da adubação recomendada.

A ordem de desenvolvimento dos tratamentos do maior ao menor é a seguinte:

$T5 > T3 > T2 > T6 > T1 > T4$.

O tratamento com remineralizador mostraram que a aplicação deste, por si só, não alcançou os níveis de fertilidade do solo recomendados para o cultivo de eucaliptos.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O experimento poderá ter seu desenvolvimento monitorado visando avaliar possíveis efeitos a médio e longo prazo da adubação aplicada aos diferentes tratamentos, como também receber aplicações suplementares de fertilizantes, para avaliação da eficácia destes na fase de árvores das plantas de eucalipto.

O experimento poderá receber estudos de outros parâmetros, como densidade de lenho e também do estabelecimento de consórcios de microrganismos presentes na rizosfera.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181/84 Solo**: análise granulométrica conjunta. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.zip>>. Acesso em: 11 Maio. 2017.
- AGEFLOR. Associação Gaúcha de Empresas Florestais. **Anuário**. Porto Alegre-RS, 2016.
- ALBANO, G.P. **Globalização da Agricultura e Concentração Fundiária no Município Ipanguaçu – RN**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- ALBERS, A. P. F. et al. A simple method for the characterization of clay minerals by X-ray diffraction. **Cerâmica**, São Paulo, v. 48, n. 305, jan./mar. 2002.
- ALLEN, E. et al. Solubility and cation exchange in phosphate rock an saturated clinoptilolite mixtures. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, p. 1368-1374, 1993.
- ALLEONI, L. R. F.; MELO, V. F. **Química e Mineralogia do Solo**. SBCS, Viçosa, 2009.
- ANDA. Associação Nacional de Difusão de Adubos. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo-SP, 2016. Disponível em: <http://www.anda.org.br/estatistica/Principais_Indicadores_2016.pdf> Acesso em: 10 de Fev. 2017.
- ARROIO, L. A., HIGA, O. P. **Teste de Lixiviação**: descrição e análise de diferentes métodos. Grupo SIDERBRÁS, 1984.
- BANDEIRA, J. B. et al. Seletividade teórica dos basaltos amigdaloides à zeolitas do RS para os cátions NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Anais...** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. p. 246-254.
- BARBARICK, K. A.; LAI, T. M.; EBERL, D. D. Exchange fertilizer (phosphate rock plus ammonium-zeolite) effects on sorghumsudangrass. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 3, p. 911-916, 1990.
- BERGMANN, M. et al. Basalto Amigdalóide à Zeolitas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná: Potencial para Uso Agrônômico. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, Poços de Caldas, **Anais...** 2013, p. 168-180.
- BERNARDI, A. C. C. et al. **Disponibilidade de água e produção de arroz em função das doses de concentrado zeolítico**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 4 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 24). Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/conhecimentos.html>>. Acesso em: 17 Ago. 2016.

BIGHAM, J. M. et al. Dissolution and structural alteration of phlogopite mediated by proton attack and bacterial oxidation of ferrous iron. **Hydrometallurgy**, v. 59, p. 301 – 309, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Instituto de Química Agrícola. **Método de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1949. (IQA. Boletim, 11).

BRASIL. Lei nº 6.894, 16 dez. 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1. p. 25289, 17 dez.1980.

BRASIL. Lei nº 12.890, 10 dez. 2013. Dispões sobre a inclusão dos remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 Dez. 2013. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 53**, de 23 de outubro de 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-53-2013-com-as-alteracoes-da-in-6-de-10-3-16.pdf>> Acesso em 08 Fev. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial; Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília: MAPA/ SDA/CGAL, 2014. 220 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 5**, 10 mar. 2016. Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 mar. 2016. Seção 1, p. 10. Disponível em: Acesso em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-5-de-10-3-16-remineralizadores-e-substratos-para-plantas.pdf>> Acesso em: 09 de Fev 2017.

BRITISH STANDARD EUROPEAN NORM. Characterization of waste: leaching – compliance test for leaching of granular waste materials and sludges – Part 2: onestage batch test at a liquid to solid ratio of 10 L/kg for materials with particle size below 4 mm. **EN 12457–2:2002**.

CAMARGO, M.S.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S. Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido silícico aplicados. **Bragantina**, v. 66, n. 4, p. 637-647, 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90866414>> Acesso em: 31 maio 2016.

CANTERA-OCEGUERA, V. **Zeolita natural**: una alternativa em la industria de fertilizantes. La Habana: Ministério de Industria Básica, 2002. 46 p.

CARRION, M. et al. Influence of fertilizers with zeolite on crop yields. In: 1994 .COELHO, 2005. **Congresso Brasileiro de Rochagem**, 2010;

CARVALHO, A.M.X. **Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico.** 2012. 116p. Tese (Doutorado em solo e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Visoça, 2012.

CASTILHOS, R. M. V; MEURER, E. J. Cinética de Liberação de Potássio dm Planossolo do Estado do Rio Grande do Sul, **Ciência Rural**, v. 31 n. 6, 2001.

CHRISTIDIS, E.G. et al. Chemical and thermal modification of natural HEU-type zeolitic materials from Armenia, Georgia and Greece. **Applied Clay Science**, v. 24, p. 79-91, 2003.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM. 3., 2017, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/clima-temperado/rochagem>. Acessado em: 22/01/2018.

CORRÊA, R.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 65-74, 2013.

DABROWSKI, A. Adsorption – from theory to practice. **Advances in Colloid and interface Science**, v.93, p.135-224, 2001.

DA LUZ, B. A. **Zeólitas: Propriedades e usos industriais.** CETEM, v. 68, 1994.

DRESCH, I. C. C. **Caracterização das propriedades macroscópicas de zeolitas na região entre os municípios de Picada Café e Morro Reuter – RS.** 2010. 70 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Graduação em Geologia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2010.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solos.** 2. Ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 1997.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Relatório Anual da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO.** 26/06/2013,2013. Disponível em: <<http://sna.agr.br/2013/06/roberto-rodrigues-sobre-o-relatorio-anual-da-fao-tecnologia-agricola-brasileira-aumentou-aproductividade-por-area-e-preservou-67-Milhoes-de-hectares/>> Acesso em: 15 Jul. 2016.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**, Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FILGUERAS, O. Silício na agricultura. **Pesquisa FAPESP**, 140, p. 72-74, março, 2007.

FRANK, H. T.; FORMOSO, M. L. L.; GOMES, M. E. B. Minerais secundários na Formação Serra Geral (Bacia do Paraná). In: SEMANA ACADÊMICA DOS ALUNOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 1., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2006.

FRANK, H. T. **Gênese e padrões de distribuição de minerais secundários na Formação Serra Geral (Bacia do Paraná)**. 2008. 322 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

FYFE, W.S. et al. Global Tectonics and Agriculture: A Geochemical Perspective. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 9, n. 4, p. 383-399, 1983.

FYFE, W.; LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. C. H. Sustainable farming with native rocks: the transition with out revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.4, p.715-720, 2006.

GILLMAN, G. P.; BUEKKETT, D. C.; COVENTRY, R. J. A laboratory study of application of basalt dust to highly weathered soils: effects ion soil cation chemistry. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 39, p. 799 - 811, 2001.

GILL, R. **Igneous Rocks and Processes: A Practical Guide**. Oxford: John Wiley & Sons, 2010.

GÜL, A.; EROGUL, D.; ONGUN, A. R. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 106, n. 4, p. 464-471, 2005.

HARLEY, A.D.; GILKES,R.J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in agroecosystems**, v. 56, p. 11–36, 2000.

IBÁ. Industria Brasileira de Árvores. **Relatório anual 2016**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf> Acesso em: 07 Jun. 2017

ISHERWOOD, K.F. **Mineral fertilizer use and the environment**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2003. 63p. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/portug>>. Acesso em: 30 Jun. 2016.

ISSA, M. et al. Seasonal and diurnal photosynthetic responses of two gerbera cultivars to different substrates and heating systems. **Scientia Horticulturae**, v. 88, p. 215-234, 2001.

KAUSKOPF, K. B. **Introdução a geoquímica**. São Paulo, Poligno, 1972, v. 1.

KAUTZMANN, R. M. et al. **Caracterização Geoquímica Preliminar de Remineralizadores de Rochas da Formação Geral**. Canoas, RS – UNILASALLE, 2009.

KESRAOUI-OUKI, S.; CHEESEMAN, R. C.; PERRY, R. Natural zeolite utilization in pollution control: A review of applications to metals effluents. **Journal Chemical Biotechnology**. v. 59, p. 121-126, 1994.

KEUSKAMP, D. H.; KIMBER, R.; BINDRABAN, P.; DIMKPA, C.; SCHENKEVELD, W. D. C. **Plant exudates for nutrient uptake**. VFRC REPORT, 4, 2015.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. v. 1.

KNAPIK, B., PEREIRA da SILVA, F., KNAPIK, J.C. Pó de basalto: experimentos no Médio Iguaçu. **Anais...** Universidade Federal Parana-Brazil, 2007, 90 p.

LAI, T. M.; EBERL, D. D. Controlled and renewable release of phosphorous in soils from mixtures of phosphate rock and NH₄-enriched clinoptilolite. **Zeolites**, v. 6, p 129, 1986.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; NASCIMENTO, M. Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável e competitiva. In: LAPIDO - LOUREIRO, F. E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/Petrobrás, 2009. p. 81-132.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; RIBEIRO, R. C. C. Fertilização natural: rochagem, agricultura orgânica e plantio direto: breve síntese conceitual. In: LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/Petrobrás, 2009. p. 149-172.

LEGGO, P. J. An investigation of plant growth in an organo-zeolitic substrate and its ecological significance. **Plant and Soil**, The Hague, v. 219, n. 1-2, p. 135-146, 2000.

LEONARDOS, O.H., FYFE, W.S. & KRONBERG, B.I. Rochagem: O método de Aumento da Fertilidade em Solos Lixiviados e Arenosos. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29. **Anais...** Belo Horizonte, pp. 137-145, 1976.

LUNA, F. J.; SCHUCHARDT, U. Modificação de zeólitas para uso em catálise. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 885-892, 2001.

MACHADO, R.V. et al. Rejeitos de rochas ornamentais como corretivo alternativo e a produção de matéria seca e teores de Ca e Mg na planta e no solo. In: XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2009, Gramado, **Anais...**, Porto Alegre, UFRGS, 2009.

MACHADO, R. **Apesar de ser potência no agronegócio, Brasil importa 75% dos fertilizantes que usa.** Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2016/02/22/interna_agropecuario,736370/apesar-de-forte-no-agronegocio-brasil-importa-75-dos-fertilizantes.shtml> Acessado em: 31 Out. 2016.

MACKOWN, C.; TUCKER, T. Ammonium nitrogen movement in a coarse textured soil amended with zeolite. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, p. 235-238, 1985.

MAGALHAES, J.D.; VIEIRA, R.; PEREIRA, J.; PERES, J. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 15, p. 329-337, 1991.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: CERES, 2006.

MALOUPA, E. et al. Study of substrates used in gerbera soil less culture grown in plastic green house. **Acta Horticultura e**, v. 323, p. 139-144, 1992.

MANNING, David Andrew Charles; BAPTISTA, Joana. Microbial Interactions with feldspars – A catalyst for nutrient release. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM. 3., 2017, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Formato+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>. Acessado em: 22/01/2018.

MARTINS, E.S. et al. Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura. In: LUZ, A.B.; LINS, F.F. (ed). **Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações**. 2., Rio de Janeiro: Ed. CETEM-MCTI, 2008. p. 205-221.

MARTINS, E. S. **Uso potencial de rochas regionais como fontes de nutrientes e condicionador do solo**. Jataí: EMBRAPA Cerrados, 2010. Disponível em: <<http://www.redeaplmineral.org.br/biblioteca/eventos/1b0-seminario-apl-do-sudoeste-goiano/08%20-%20Palestra%20Eder%20Martins.pdf>>. Acesso em: 02 Jun. 2016.

MAUD. M. et al. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 867-873, 2003.

MCGILL, R.; TUKEY, J. W.; LARSEN, W. A. Variations of box plots. **The American Statistician**, New York, v. 32, n. 1, p. 12-16, 1978.

MELAMED, R.; GASPAR, J.C.; MIEKELEY, N. Pó de Rocha como Fertilizante Alternativo para Sistemas de Produção Sustentáveis em Solos Tropicais. **Série estudos e documentos**. Brasília: CETEM/MCT, 2007.

MELFI, A. J.; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R. Geological and magmatic aspects of the Parana Basin: an introduction. In: PICCIRILLO E. M.; MELFI, A. J. (Eds.). **The Mesozoic Flood Volcanism of the Parana Basin: petrogenetic and geophysical aspects**. São Paulo: USP, 1988. p. 1-14. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geoparques/Aparados/ap_geol_pa_g05.htm>. Acesso em: 01 Jun. 2017.

MELO; CASTILHOS, R. M. V.; PINTO, L.F.S. Reserva mineral do solo. In: Melo V.F.; Alleoni, L.R.F. **Química e mineralogia do solo: parte I – conceitos básicos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 251-332.

MICHELIN C.R.L. **Sequência de formação das cavidades no basalto e seu preenchimento com zeólitas, arenito, ágata e ametista**: Derrame Miolo, São Martinho da Serra, Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 50 p., 2007.

MING, D. W.; DIXON, J. B. Quantitative determination of clinoptilolite in soils by a cation-exchange capacity method. **Clays and Clay Mineralogy**, v. 35, n. 6, p. 463-468, 1987.

NICHELE, E. R. **Utilização de pó de rochas no desenvolvimento e nutrição do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*)**. 2006. 65p. (Dissertação de mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Estadual do Estado de Santa Catarina - UDESC, Lages.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD. **Environmental Outlook to 2050: The consequences of inaction**, Paris 2012. Disponível em: <http://www.oecd.org/document/31/0,3746,en_2649_37465_49742047_1_1_1_37465,00.html>. Acesso em 28 jul. 2016.

PEREIRA FILHO, T. et al. Importância do Pó de Rocha para os Sistemas de Produção Agroecológica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3 de 2015.

PRIMAVESI, Ana **Manejo Ecológico do Solo: A agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002.

PRIMAVESI, Ana **Manejo Ecológico do Solo: A agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2010.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo Ecológico do Solo: A agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2014.

RAMOS, C. G. A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. **Science of the Total Environment**, v. 512–513, p.371–380, 2015.

RESENDE A. V. et al. Rochas moídas como fonte de potássio para o milho em solo de cerrado. Planaltina, DF. **Boletim de Pesquisa e desenvolvimento/Embrapa cerrados**, 2006, 20p.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SÉKULA, C. R. **Rochagem e biofertilizantes como fontes de nutrientes para grandes culturas: efeitos na produtividade e no solo**. Guarapuava. 2011. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2011.

SILVA, Paulo Henrique Müller da; ANGELI, Aline. **Implantação de Manejo de Florestas comerciais**. Piraicaba, SP: Instituto de Pesquisas e Estudo Florestais. 2006. Verificar biblioteca.

SILVA, H. D.; POGGIANI, P.; COELHO, L. C. Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de Eucalyptus plantadas em solos de baixa fertilidade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 6/7, p. 9-25, 1983.

SILVA, E.A. da et al. Efeitos da Rochagem e de Resíduos Orgânicos sobre Aspectos Químicos e Microbiológicos de um Subsolo Exposto e sobre o Crescimento de *Astronium fraxini folium* Schott. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 323-333, 2008.

SIMAS, M. W.; SCHENATO, F.; FORMOSO, M. L. L. Estudo das zeolitas de um derrame de basalto, região de Morro Reuter (Bacia do Paraná, RS). In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1., 1999, Gramado. **Resumos**. Sociedade Brasileira de Geologia, 1999.

SMITH SE, SMITH FA. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, v. 104, p. 1 –13, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO – SBCS. **Manual de Adubação e de Calagem**: para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, da Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004.

THEODORO, S. H. **Fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB). Brasília, 2000.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 721 - 730, 2006.

THEODORO, S. H. et al. Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Espaço & Geografia**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 263-292, 2006.

THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.H.; ALMEIDA, E. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 1., 2010, Brasília, **Anais...** Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. P. 173-181.

THEODORO, S.H.; ALMEIDA, EDINEI. II Congresso Brasileiro de Rochagem. Agrominerais e a construção da soberania em insumos agrícolas no Brasil. **Anais...** Agriculturas, Poços de Caldas, v. 10, n. 1, p. 22- 28, 2013.

TURNER, F. J.; VERHOOGEN, J. **Igneous and Metamorphic Petrology**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1960.

VALENTE, S. et al. Utilization of zeolite as soil conditioner in tomato growing. **Zeolites**, v. 2, n. 4, p. 271-274, 1986.

VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 731-747, 2006.

WERNECK, C. G. et al. Eficiência agronômica da mistura de uréia com zeolita natural aplicada na cultura da roseira (*Rosa* spp.), Nova Friburgo, RJ. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. FertBio 2008: desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: **Anais...**Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR: UEL, 2008b. 1 CD-ROM.

WILCKEN, C. F et. al. **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto**. Botucatu: FETAPE, 2008.

WILPERT, K.; LUKES, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulphate in a spruce stand on an acidified glacial loam. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 65, p. 115 - 127, 2003.

XIUBIN, H.; ZHANBIN, H. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 34, p. 45-52, 2001.

APÊNDICE A - Laudos das três campanhas de fertilidade química do solo

Neste apêndice estão transcritos os valores das três campanhas de amostragens de fertilidade química do solo, no experimento de cultivo de eucalyptus Saligma.

- Primeiro Laudo de fertilidade química de solo;
- Segundo laudo de fertilidade química de solo;
- Terceiro laudo de fertilidade química de solo.

Primeiro laudo de fertilidade química do solo

Elementos	médias
P (mg/dm ³)	3,1
K (mg/dm ³)	37
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	4,8
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,7
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,35
Sat. / CTC Bases (%)	8
Sat / CTC Al (%)	80,3
S (mg/dm ³)	14
Zn (mg/dm ³)	0,7
Cu (mg/dm ³)	0,7
B (mg/dm ³)	0,7
Mn (mg/dm ³)	5,4
Argila (%)	44,5
pH (H ₂ O)	4,05
Al + H (cmolc/dm ³)	13
CTC (cmolc/dm ³)	14,1
MO (%)	2,4

Segundo laudo de fertilidade química do solo

Tratamento 1 – Testemunha

Tratamentos	1.1	1.2	1.3	Média
P (mg/dm ³)	1,7	2	2,1	1,9
K (mg/dm ³)	39	24	25	29,3
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,5	2,7	3,6	3,3
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,4	0,9	0,2	0,5
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,2	0,6	0,1	0,3
Sat. / CTC Bases (%)	4	10	2	5,3
Sat / CTC Al (%)	83,1	63,3	90,7	79
S (mg/dm ³)	16	11	14	13,7
Zn (mg/dm ³)	0,6	0,5	0,6	0,6
Cu (mg/dm ³)	0,7	0,5	0,6	0,6
B (mg/dm ³)	0,5	0,6	0,7	0,6
Mn (mg/dm ³)	8	4	4	5,3
Argila (%)	36	35	35	35,3
pH (H ₂ O)	3,8	4	3,7	3,8
Al + H (cmolc/dm ³)	15,4	13,7	17,3	15,5
CTC (cmolc/dm ³)	16,1	15,2	17,6	16,3
MO (%)	2,5	1,9	1,8	2,1

Tratamento 2 – Adubação do produtor

Tratamentos	2.1	2.2	2.3	Média
P (mg/dm ³)	2,8	2,4	1,9	2,4
K (mg/dm ³)	30	29	20	26,3
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,9	2,6	3,4	3,3
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,2	1	0,4	0,5
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,1	0,6	0,2	0,3
Sat./CTC Bases (%)	2	10	3	5,0
Sat / CTC Al (%)	91,1	60,7	83,7	78,5
S (mg/dm ³)	40	15	12	22,3
Zn (mg/dm ³)	0,3	0,5	0,7	0,5
Cu (mg/dm ³)	0,5	0,6	0,7	0,6
B (mg/dm ³)	0,6	0,7	0,7	0,7
Mn (mg/dm ³)	3	6	7	5,3
Argila (%)	35	34	32	33,7
pH (H ₂ O)	3,6	4	3,8	3,8
Al + H (cmolc/dm ³)	19,4	15,4	19,4	18,1
CTC (cmolc/dm ³)	19,7	17	20	18,9
MO (%)	1,7	1,9	1,8	1,8

Tratamento 3 – Adubação recomendada

Tratamentos	3.1	3.2	3.3	Média
P (mg/dm ³)	1,5	2,3	3,7	2,5
K (mg/dm ³)	21	30	38	29,7
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,9	3,3	4	3,7
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,2	0,9	0,5	0,5
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,1	0,3	0,2	0,2
Sat./CTCBases (%)	1	6	4	3,7
Sat / CTC Al (%)	91,6	71,9	83,3	82,3
S (mg/dm ³)	14	16	41	23,7
Zn (mg/dm ³)	0,3	0,6	0,5	0,5
Cu (mg/dm ³)	0,6	0,7	0,5	0,6
B (mg/dm ³)	0,7	0,8	0,8	0,8
Mn (mg/dm ³)	3	6	3	4,0
Argila (%)	39	36	42	39,0
pH (H ₂ O)	3,7	3,8	3,5	3,7
Al + H (cmolc/dm ³)	24,4	21,8	21,8	22,7
CTC (cmolc/dm ³)	24,7	23	22,6	23,4
MO (%)	1,8	1,9	2,7	2,1

Tratamento 4 – Remineralizador

Tratamentos	4.1	4.2	4.3	Média
P (mg/dm ³)	4,9	1,9	1,9	2,9
K (mg/dm ³)	32	23	26	27,0
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	2,6	3,7	3,3	3,2
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	1,3	0,2	0,8	0,8
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,7	0,1	0,3	0,4
Sat./CTC Bases (%)	11	2	6	6,3
Sat / CTC Al (%)	55,4	91	73,6	73,3
S (mg/dm ³)	21	17	16	18,0
Zn (mg/dm ³)	0,9	0,4	0,7	0,7
Cu (mg/dm ³)	0,5	0,5	0,5	0,5
B (mg/dm ³)	0,7	0,6	0,5	0,6
Mn (mg/dm ³)	5	5	9	6,3
Argila (%)	35	34	53	40,7
pH (H ₂ O)	4	3,7	3,9	3,9
Al + H (cmolc/dm ³)	19,4	19,4	19,4	19,4
CTC (cmolc/dm ³)	19,3	19,7	20,5	19,8
MO (%)	2,1	2,1	2,1	2,1

Tratamento 5 – Adubação mista

Tratamentos	5.1	5.2	5.3	Média
P (mg/dm ³)	3	4,9	2,9	3,6
K (mg/dm ³)	45	35	23	34,3
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,8	3,4	3,5	3,6
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,4	0,7	0,5	0,5
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,2	0,3	0,2	0,2
Sat./CTC Bases (%)	3	4	3	3,3
Sat / CTC Al (%)	84	75,6	82	80,5
S (mg/dm ³)	29	37	24	30,0
Zn (mg/dm ³)	0,3	0,5	0,5	0,4
Cu (mg/dm ³)	0,5	0,6	0,6	0,6
B (mg/dm ³)	0,6	0,6	0,7	0,6
Mn (mg/dm ³)	4	4	5	4,3
Argila (%)	36	35	33	34,7
pH (H ₂ O)	3,5	3,7	3,7	3,6
Al + H (cmolc/dm ³)	27,4	24,4	27,4	26,6
CTC (cmolc/dm ³)	28,1	25,4	28,1	27,2
MO (%)	2,4	2,3	2,2	2,3

Tratamento 6 – Remineralizador com cama de aviário.

Tratamentos	6.1	6.2	6.3	Média
P (mg/dm ³)	1,9	1,5	2,1	1,8
K (mg/dm ³)	40	37	34	37
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,4	2,9	3,5	3,3
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,4	1,1	0,6	0,7
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,3	0,5	0,2	0,3
Sat./CTC Bases (%)	3	9	4	5,3
Sat / CTC Al (%)	80,8	62,9	79,5	74,4
S (mg/dm ³)	19	12	14	15
Zn (mg/dm ³)	0,7	0,5	0,8	0,7
Cu (mg/dm ³)	0,6	0,5	0,6	0,6
B (mg/dm ³)	0,7	0,6	0,7	0,7
Mn (mg/dm ³)	4	7	10	7
Argila (%)	36	36	34	35,3
pH (H ₂ O)	3,7	4	3,8	3,8
Al + H (cmolc/dm ³)	27,4	17,3	24,4	23
CTC (cmolc/dm ³)	28,2	19	25,3	24,2
MO (%)	2,3	2,2	2,2	2,2

Terceiro laudo de fertilidade química do solo.

Tratamento 1– Testemunha

Tratamentos	1.1	1.2	1.3	Média
P (mg/dm ³)	1,6	1,3	2,1	1,7
K (mg/dm ³)	59	41	88	62,7
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	4,1	2,8	3,1	3,3
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,7	1,8	1,3	1,3
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,3	0,9	0,4	0,5
Sat./CTC Bases (%)	9	20	12	13,7
Sat / CTC Al (%)	78,1	50	61,7	63,3
S (mg/dm ³)	0	0	0	0,0
Zn (mg/dm ³)	0	0	0	0,0
Cu (mg/dm ³)	0	0	0	0,0
B (mg/dm ³)	0	0	0	0,0
Mn (mg/dm ³)	0	0	0	0,0
Argila (%)	36	38	29	34,3
pH (H ₂ O)	4,1	4,4	4,3	4,3
Al + H (cmolc/dm ³)	12,3	10,9	13,7	12,3
CTC (cmolc/dm ³)	13,4	13,7	15,6	14,2
MO (%)	2,6	2,7	3	2,8

Tratamento 2 – Adubação do produtor

Tratamentos	2.1	2.2	2.3	Média
P (mg/dm ³)	6,5	4,4	2,5	4,5
K (mg/dm ³)	52	106	39	65,7
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	4,2	2,7	3,8	3,6
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,7	1,4	0,6	0,9
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,2	0,7	0,2	0,4
Sat./CTC Bases (%)	6	8	6	6,7
Sat / CTC Al (%)	80,3	53,2	80,9	71,5
S (mg/dm ³)	0	0	0	0
Zn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Cu (mg/dm ³)	0	0	0	0
B (mg/dm ³)	0	0	0	0,
Mn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Argila (%)	34	33	34	33,7
pH (H ₂ O)	3,9	4,3	4,1	4,1
Al + H (cmolc/dm ³)	15,4	10,9	15,4	13,9
CTC (cmolc/dm ³)	16,4	13,2	16,2	15,3
MO (%)	2,7	2,5	2,6	2,6

Tratamento 3 – Adubação recomendada

Tratamentos	3.1	3.2	3.3	Média
P (mg/dm ³)	14	19	2,8	11,9
K (mg/dm ³)	59	39	50	49,3
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,3	0,6	4,1	2,7
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	1,4	4,7	0,8	2,3
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,7	2,1	0,2	1
Sat./CTC Bases (%)	16	56	8	26,7
Sat / CTC Al (%)	59,4	8	78,4	48,6
S (mg/dm ³)	0	0	0	0
Zn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Cu (mg/dm ³)	0	0	0	0
B (mg/dm ³)	0	0	0	0
Mn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Argila (%)	34	34	32	33,3
pH (H ₂ O)	4,1	5	4,1	4,4
Al + H (cmolc/dm ³)	12,3	5,5	13,7	10,5
CTC (cmolc/dm ³)	14,5	12,3	14,8	13,9
MO (%)	2,7	2,7	2,1	2,5

Tratamento 4 – Remineralizador

Tratamentos	4.1	4.2	4.3	Média
P (mg/dm ³)	2,4	5,9	2,4	3,6
K (mg/dm ³)	118	72	92	94
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,6	2,4	2,5	2,8
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,6	3,1	3,6	3,4
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,4	0,5	0,3	0,4
Sat./CTC Bases (%)	13	18	12	14,3
Sat / CTC Al (%)	64,3	51	68,8	61,4
S (mg/dm ³)	0	0	0	0
Zn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Cu (mg/dm ³)	0	0	0	0
B (mg/dm ³)	0	0	0	0
Mn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Argila (%)	33	32	36	33,7
pH (H ₂ O)	4	4,2	4,2	4,1
Al + H (cmolc/dm ³)	13,7	13,7	12,3	13,2
CTC (cmolc/dm ³)	15,7	16,6	13,9	15,4
MO (%)	3,6	2,4	2,5	2,8

Tratamento 5 – Adubação mista

Tratamentos	5.1	5.2	5.3	Média
P (mg/dm ³)	20	5,6	2,8	9,5
K (mg/dm ³)	45	95	92	77,3
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3	2,9	2,8	2,9
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	2,5	1,8	1,7	2
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,7	0,9	0,9	0,8
Sat./CTC Bases (%)	20	18	19	19
Sat / CTC Al (%)	47,5	49,6	49,7	48,9
S (mg/dm ³)	0	0	0	0
Zn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Cu (mg/dm ³)	0	0	0	0
B (mg/dm ³)	0	0	0	0
Mn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Argila (%)	34	30	36	33,3
pH (H ₂ O)	4,2	4,1	4,3	4,2
Al + H (cmolc/dm ³)	13,7	13,7	12,3	13,2
CTC (cmolc/dm ³)	17	16,6	15,1	16,2
MO (%)	4,1	3,1	3	3,4

Tratamento 6 – Remineralizador com cama de aviário.

Tratamentos	6.1	6.2	6.3	Média
P (mg/dm ³)	3,2	4,6	34	13,9
K (mg/dm ³)	84	178	70	110,7
Al ^{tr} (cmolc/dm ³)	3,3	1,7	2,2	2,4
Ca ^{tr} (cmolc/dm ³)	1,4	2,8	2,9	2,4
Mg ^{tr} (cmolc/dm ³)	0,6	0,9	0,6	0,7
Sat./CTC Bases (%)	15	32	25	24
Sat / CTC Al (%)	59,8	29	37,4	42,1
S (mg/dm ³)	0	0	0	0
Zn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Cu (mg/dm ³)	0	0	0	0
B (mg/dm ³)	0	0	0	0
Mn (mg/dm ³)	0	0	0	0
Argila (%)	38	34	34	35,3
pH (H ₂ O)	4,1	4,5	4,2	4,3
Al + H (cmolc/dm ³)	12,3	8,7	10,9	10,6
CTC (cmolc/dm ³)	14,5	12,8	14,5	13,9
MO (%)	2,6	2,5	3,6	2,9

APÊNDICE B - Controle de desenvolvimento das três conferência de altura e diâmetro das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith(cm)

Controle do desenvolvimento nas três conferencia da altura (cm) e do diâmetro (cm) do experimento de cultivo de eucalyptus, a primeira realizada em janeiro de 2016 a segunda realizada em abril de 2016 e a terceira em julho de 2016.

Nomenclatura do apêndice:

T: Tratamento;

M: Número da muda de controle;

A: Altura;

D: Diâmetro;

MD: Média;

MGA: Média geral da altura por tratamento;

MGD: Média geral do diâmetro por tratamento.

PRIMEIRA CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO DO EUCALIPTO (JANEIRO DE 2016)																							
T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D				
1.1				1.2				1.3				2.1				2.2				2.3			
	2	69	0,98		2	52	0,52		2	87	0,98		2	135	1,76		2	70,5	0,9		1	77	0,74
	4	90	1,14		4	84	1,1		4	68,5	0,64		4	129	1,72		4	83,5	1,2		4	66	0,8
	6	77	0,91		6	47	0,58		7	56	0,65		6	118	1,54		7	105	1,23		6	47,5	0,62
	9	68	1,01		9	55,5	0,58		9	55	0,68		9	163	2,18		9	33	0,48		9	76	1,1
	11	62	0,68		11	82	0,86		11	98	1,1		11	135	1,54		11	78	0,96		11	120	1,33
	13	59	0,76		13	59,5	0,52		13	87	0,72		13	82	1,04		12	22,5	0,16		13	77	0,98
MD	70,83	0,91		MD	63,33	0,69		MD	75,3	0,80		MD	127,00	1,63		MD	65,42	0,82		MD	77,3	0,93	
M.G.A	69,81			M.G.D	0,80							M.G.A	89,89			M.G.D	1,13						
T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D				
3.1				3.2				3.3				4.1				4.2				4.3			
	2	126,5	1,6		2	130,5	1,58		2	68	0,84		2	71	0,64		1	50	0,65		2	28,5	0,31
	4	113,25	1,2		4	143	2,5		4	60	0,68		4	74	0,74		4	63,5	0,77		4	65	0,69
	6	124	1,63		6	76,5	0,68		6	70,5	0,8		6	49,6	0,66		5	64	0,62		6	53,5	0,59
	8	133	1,66		9	143,5	1,58		9	45,5	0,44		9	66	0,85		6	60	1,1		9	35,5	0,28
	10	127	1,45		12	102	1,43		11	98,5	1,2		11	58,5	0,64		8	58	0,82		11	94	0,88
	12	169,5	1,52		13	119	0,72		13	33	0,26		13	60	0,68		9	39,5	0,31		13	65	0,59
MD	132,21	1,51		MD	119,08	1,42		MD	62,58	0,70		MD	63,18	0,70		MD	55,83	0,71		MD	56,92	0,56	
M.G.A	104,63			M.G.D	1,21							M.G.A	58,644			M.G.D	0,66						
T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D				
5.1				5.2				5.3				6.1				6.2				6.3			
	2	108,5	1,38		2	104	1,26		2	70,5	0,71		2	76	0,66		2	73,5	0,81		1	80	0,73
	4	167	2,32		4	128,5	1,64		4	100	1,24		4	93	1,3		4	79	0,92		4	53	0,54
	6	163	2,18		6	116	1,44		6	70,5	0,84		6	59,5	0,8		6	50,5	0,46		6	67	0,91
	9	151	2		9	61	1		9	75,5	0,93		9	75	0,98		9	64,5	0,74		9	57,5	0,79
	11	134	1,8		11	72	0,76		11	70	0,6		11	65	0,82		11	132	1,44		11	79	0,92
	13	136	1,62		13	101,5	1,25		14	107	0,92		13	103	1,17		13	88	0,76		13	79,5	0,85
MD	143,25	1,88		MD	97,17	1,23		MD	82,25	0,87		MD	78,58	0,96		MD	81,25	0,86		MD	69,33	0,79	
M.G.A	107,56			M.G.D	1,33							M.G.A	76,39			M.G.D	0,87						

SEGUNDO CONTROLE DO CRESCIMENTO DO EUCALIPTO (ABRIL DE 2016)																							
T M A D				T M A D				T M A D				T M A D				T M A D				T M A D			
1.1				1.2				1.3				2.1				2.2				2.3			
2	155	1,80		2	85	1,00		2	199	2,2		2	320	3,7		2	150	2,1		1	187	2,1	
4	198	2,30		4	197	2,10		4	143	1,6		4	326	4		4	214	2,5		4	132	1,7	
6	160	2,00		6	75	1		7	114	1,2		6	304	3,7		7	212	2,3		6	131	1,4	
9	163	2,00		9	90	1,00		9	103	1,5		9	388	3,6		9	37	0,5		9	187	2,5	
11	100	1,20		11	161	2,20		11	258	2,8		11	336	3,7		11	226	2,5		11	309	3,6	
13	132	1,30		13	125	1,10		13	223	2,1		13	281	3,3		12	215	2,3		13	80	0,8	
MD	151,33	1,77		MD	122,17	1,40		MD	173,3	1,90		MD	325,83	3,67		MD	175,67	2,03		MD	171,0	2,02	
M.G.A	148,94			M.G.D	1,69							M.G.A	224,17			M.G.D	2,57						
T M A D				T M A D				T M A D				T M A D				T M A D							
3.1				3.2				3.3				4.1				4.2				4.3			
2	302,5	3,4		2	287	3,8		2	110	1,3		2	100	1,2		1	97	1,8		2	65	0,5	
4	300	3,75		4	370	4,6		4	110	1,1		4	170	1,7		4	150	1,6		4	140	1,8	
6	324	3,9		6	163	1,7		6	187	2,4		6	140	1,7		5	129	1,4		6	109	0,9	
8	317	3,5		9	273	3,2		9	80	0,8		9	153	2,1		6	95	1,3		9	63	0,4	
10	292	3,7		12	225	2,5		11	262	3,2		11	150	1,7		8	128	1,7		11	251	2,3	
12	345	4		13	250	2,6		13	65	0,4		13	140	1,5		9	148	1,6		13	119	1,6	
MD	313,42	3,71		MD	261,33	3,07		MD	135,67	1,53		MD	142,17	1,65		MD	124,50	1,57		MD	124,50	1,25	
M.G.A	236,81			M.G.D	2,77							M.G.A	130,39			M.G.D	1,49						
T M A D				T M A D				T M A D				T M A D				T M A D							
5.1				5.2				5.3				6.1				6.2				6.3			
2	223	2,4		2	241	2,8		2	161	1,8		2	165	1,5		2	158	1,7		1	128	1,8	
4	377	4,7		4	257	3,3		4	246	2,9		4	242	3,1		4	188	2,1		4	100	1	
6	372	4,5		6	253	3,1		6	144	1,3		6	152	1,9		6	111	1,3		6	161	2,1	
9	347	4,2		9	134	1,6		9	164	1,8		9	181	2,2		9	112	1,3		9	165	2,1	
11	347	4,2		11	212	2,4		11	178	1,8		11	154	1,7		11	322	3,7		11	243	2,8	
13	318	4,5		13	243	2,9		14	260	2,7		13	224	2,6		13	215	2		13	240	2,4	
MD	330,67	4,08		MD	223,33	2,68		MD	192,17	2,05		MD	186,33	2,17		MD	184,33	2,02		MD	172,83	2,03	
M.G.A	248,72			M.G.D	2,94							M.G.A	181,17			M.G.D	2,07						

TERCEIRO CONTROLE DO CRESCIMENTO DO EUCALIPTO (JULHO DE 2016)																							
T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D				
1.1				1.2				1.3				2.1				2.2				2.3			
	2	192	3,80		2	98	1,50		2	264	3,06		2	400	5,66		2	213	3,26		1	275	3,46
	4	272	3,66		4	262	3,52		4	200	2,4		4	393	5,52		4	285	4,15		4	193	2,94
	6	226	3,20		6	99	1,82		7	161	2,42		6	379	4,8		7	283	3,92		6	178	2,5
	9	224	3,49		9	103	1,55		9	156	2,85		9	449	6,11		9	50	0,5		9	262	3,59
	11	133	2,07		11	214	3,12		11	341	4,08		11	396	6,49		11	300	4,08		11	415	5,3
	13	187	3,36		13	163	2,05		13	304	3,83		13	362	4,92		12	278	3,68		13	100	1,36
MD		205,67	3,26	MD		156,50	2,26	MD		237,7	3,11	MD		396,50	5,58	MD		234,83	3,27	MD		237,2	3,19
M.G.A		199,94		M.G.D		2,88						M.G.A		289,50		M.G.D		4,01					
T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D				
3.1				3.2				3.3				4.1				4.2				4.3			
	2	380,5	5,2		2	355	5,2		2	150	2,1		2	130	1,55		1	132	2,43		2	84	1,16
	4	385	5,2		4	442	6,31		4	150	2,04		4	239	3,05		4	208	2,74		4	180	2,66
	6	409,5	5,3		6	204	2,83		6	220	3,2		6	196	2,82		5	190	2,43		6	142	2,06
	8	377,5	4,8		9	330	4,62		9	110	1,66		9	225	3,56		6	128	2,56		9	80	0,96
	10	333	4,16		12	296	3,8		11	351	4,86		11	210	3,17		8	180	2,8		11	331	3,74
	12	421	5,86		13	312	4,53		13	77	1,4		13	181	2,36		9	210	2,8		13	160	2,96
MD		384,42	5,09	MD		323,17	4,55	MD		176,33	2,54	MD		196,83	2,75	MD		174,67	2,63	MD		162,83	2,26
M.G.A		294,64		M.G.D		4,06						M.G.A		178,111		M.G.D		2,55					
T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D	T	M	A	D				
5.1				5.2				5.3				6.1				6.2				6.3			
	2	288	3,92		2	328	4,28		2	236	3,36		2	211	2,55		2	217	2,97		1	185	2,36
	4	481	6,24		4	322	4,43		4	334	4,3		4	321	3,1		4	258	3,12		4	140	1,9
	6	428	6,1		6	320	4,6		6	190	2,15		6	216	3,34		6	147	2,18		6	232	3,2
	9	425	5,74		9	200	3		9	238	3,25		9	238	3,36		9	153	2,54		9	244	3,5
	11	461	5,78		11	294	3,79		11	249	3,21		11	197	2,59		11	405	5,12		11	341	4,4
	13	379	5,5		13	326	4,3		14	322	4,05		13	296	4		13	289	3,36		13	321	3,88
MD		410,33	5,55	MD		298,33	4,07	MD		261,50	3,39	MD		246,50	3,16	MD		244,83	3,22	MD		243,83	3,21
M.G.A		323,39		M.G.D		4,33						M.G.A		245,06		M.G.D		3,19					

APÊNDICE C - Controle estatístico da altura das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith

Controle estatístico através do teste Tukey 5% para o controle de desenvolvimento da altura, realizadas nas três campanhas de medições no experimento de eucalyptus, indicando: fator, grau de liberdade, resíduos, soma dos quadrados, quadrados médio, estatística F, Níveis (tratamentos), ponto central, limite inferior e limite superior, e se há diferença estatística significativa através do P-valor ($p < 5\%$).

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da primeira conferência de altura do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: fator, grau de liberdade, resíduos soma dos quadrados, quadrados médio, estatística F e se há diferença estatística significativa através do P-valor ($p < 5\%$).

Tabela da Anova					
	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	5	34485,11215	6897,022431	8,590045943	8,07109E-07
Resíduos	102	81896,68514	802,9086778		

Fonte: Autoria própria, 2017.

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da primeira conferência de altura do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: Níveis (tratamentos) ponto central, limite inferior e limite superior e se a diferença estatística significativa entre todos os tratamentos, através do P-valor ($p < 5\%$)

Níveis	Centro	Limite.Inferior	Limite.Superior	P-valor
T2-T1	20,08333333	-7,351382228	47,51804889	0,282253946
T3-T1	34,81944444	7,384728884	62,25416001	0,004807534
T4-T1	-11,16111111	-38,59582667	16,27360445	0,844609498
T5-T1	37,75	10,31528444	65,18471556	0,001656508
T6-T1	6,583333333	-20,85138223	34,01804889	0,981899558
T3-T2	14,73611111	-12,69860445	42,17082667	0,626395612
T4-T2	-31,24444444	-58,67916001	-3,809728884	0,015958658
T5-T2	17,66666667	-9,768048894	45,10138223	0,426207265
T6-T2	-13,5	-40,93471556	13,93471556	0,709195893
T4-T3	-45,98055556	-73,41527112	-18,54583999	5,95887E-05
T5-T3	2,930555556	-24,50416001	30,36527112	0,99960519
T6-T3	-28,23611111	-55,67082667	-0,80139555	0,039822179
T5-T4	48,91111111	21,47639555	76,34582667	1,6501E-05
T6-T4	17,74444444	-9,690271116	45,17916001	0,421143943
T6-T5	-31,16666667	-58,60138223	-3,731951106	0,016359129

Fonte: Autoria própria, 2017.

T1: Tratamento 1 (testemunha); T2: Tratamento 2 (tratamento do produtor); T3: Tratamento 3 (adubação recomendada); T4: Tratamento 4 (remineralizador); T5: Tratamento 5 (Adubação mista); T6: Tratamento 6 (Adubação com remineralizador e cama de aviário).

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da segunda conferência de altura do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: fator, grau de liberdade, resíduos soma dos quadrados, quadrados médio, estatística F e se há diferença estatística significativa através do P-valor ($p < 5\%$).

Tabela da Anova					
	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	5	214909,6782	42981,93565	8,005573007	2,12581E-06
Resíduos	102	547638,1806	5369,00177		

Fonte: Autoria própria, 2017.

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da segunda conferência de altura do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: Níveis (tratamentos) ponto central, limite inferior e limite superior e se a diferença estatística significativa entre todos os tratamentos, através do P-valor ($p < 5\%$)

Níveis	Centro	Limite.Inferior	Limite.Superior	P-valor
T2-T1	74,66666667	3,722913642	145,6104197	0,033055835
T3-T1	87,86111111	16,91735809	158,8048641	0,006445039
T4-T1	-18,55555556	-89,49930858	52,38819747	0,973535166
T5-T1	99,77777778	28,83402475	170,7215308	0,001207663
T6-T1	32,22222222	-38,7215308	103,1659752	0,773758553
T3-T2	13,19444444	-57,74930858	84,13819747	0,99435272
T4-T2	-93,22222222	-164,1659752	-22,2784692	0,003099562
T5-T2	25,11111111	-45,83264191	96,05486414	0,907444403
T6-T2	-42,44444444	-113,3881975	28,49930858	0,510387596
T4-T3	-106,4166667	-177,3604197	-35,47291364	0,000442755
T5-T3	11,91666667	-59,02708636	82,86041969	0,996500816
T6-T3	-55,63888889	-126,5826419	15,30486414	0,212674443
T5-T4	118,3333333	47,38958031	189,2770864	6,54865E-05
T6-T4	50,77777778	-20,16597525	121,7215308	0,306527917
T6-T5	-67,55555556	-138,4993086	3,388197469	0,071432904

Fonte: Autoria própria, 2017.

T1: Tratamento 1 (testemunha); T2: Tratamento 2 (tratamento do produtor); T3: Tratamento 3 (adubação recomendada); T4: Tratamento 4 (remineralizador); T5: Tratamento 5 (Adubação mista); T6: Tratamento 6 (Adubação com remineralizador e cama de aviário).

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da terceira conferência de altura do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: fator, grau de liberdade, resíduos soma dos quadrados, quadrados médio, estatística F e se há diferença estatística significativa através do P-valor ($p < 5\%$).

Tabela da Anova					
	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	5	296646,6782	59329,33565	7,673707807	3,70881E-06
Resíduos	102	788613,8472	7731,508306		

Fonte: Aatoria própria, 2017.

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da terceira conferência de altura do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: Níveis (tratamentos) ponto central, limite inferior e limite superior e se a diferença estatística significativa entre todos os tratamentos, através do P-valor ($p < 5\%$)

Níveis	Centro	Limite.Inferior	Limite.Superior	P-valor
T2-T1	89,55555556	4,422249441	174,6888617	0,03319849
T3-T1	94,69444444	9,56113833	179,8277506	0,020082732
T4-T1	-21,83333333	-106,9666394	63,29997278	0,975714929
T5-T1	123,4444444	38,31113833	208,5777506	0,000761291
T6-T1	45,11111111	-40,022195	130,2444172	0,640002748
T3-T2	5,138888889	-79,99441723	90,272195	0,999976369
T4-T2	-111,3888889	-196,522195	-26,25558277	0,003277192
T5-T2	33,88888889	-51,24441723	119,022195	0,856269004
T6-T2	-44,44444444	-129,5777506	40,68886167	0,6546092
T4-T3	-116,5277778	-201,6610839	-31,39447166	0,001784149
T5-T3	28,75	-56,38330611	113,8833061	0,923026225
T6-T3	-49,58333333	-134,7166394	35,54997278	0,54041188
T5-T4	145,2777778	60,14447166	230,4110839	4,15096E-05
T6-T4	66,94444444	-18,18886167	152,0777506	0,210168185
T6-T5	-78,33333333	-163,4666394	6,799972781	0,089795758

Fonte: Autoria própria, 2017.

T1: Tratamento 1 (testemunha); T2: Tratamento 2 (tratamento do produtor); T3: Tratamento 3 (adubação recomendada); T4: Tratamento 4 (remineralizador); T5: Tratamento 5 (Adubação mista); T6: Tratamento 6 (Adubação com remineralizador e cama de aviário).

APÊNDICE D - Controle estatístico do diâmetro das plantas de *Eucalyptus saligna* Smith

Controle estatístico através do teste Tukey 5% para o controle de desenvolvimento do diâmetro, realizadas nas três campanhas de medições no experimento de eucalyptus, indicando: fator, grau de liberdade, resíduos, soma dos quadrados, quadrados médio, estatística F, Níveis (tratamentos), ponto central, limite inferior e limite superior, e se há diferença estatística significativa através do P-valor ($p < 5\%$).

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da primeira conferência no diâmetro do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando fator, resíduos, grau de liberdade, soma dos quadrados, quadrados médio, estatística F e se há diferença estatística significativa através do P-valor ($p < 5\%$).

Tabela da Anova					
	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	5	6,163060185	1,232612037	7,617498252	4,07739E-06
Resíduos	102	16,50495	0,161813235		

Fonte: Aatoria própria, 2017.

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da primeira conferência do diâmetro do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: Níveis (tratamentos) ponto central, limite inferior e limite superior e se a diferença estatística significativa entre todos os tratamentos, através do P-valor ($p < 5\%$)

Níveis	Centro	Limite.Inferior	Limite.Superior	P-valor
T2-T1	0,3261111111	-0,063359244	0,715581466	0,155103194
T3-T1	0,408888889	0,019418534	0,798359244	0,03376315
T4-T1	-0,143888889	-0,533359244	0,245581466	0,890942589
T5-T1	0,526666667	0,137196312	0,916137022	0,00211141
T6-T1	0,0661111111	-0,323359244	0,455581466	0,99632285
T3-T2	0,082777778	-0,306692577	0,472248133	0,989536097
T4-T2	-0,47	-0,859470355	-0,080529645	0,00866478
T5-T2	0,200555556	-0,1889148	0,590025911	0,667769129
T6-T2	-0,26	-0,649470355	0,129470355	0,38477451
T4-T3	-0,552777778	-0,942248133	-0,163307423	0,001054945
T5-T3	0,117777778	-0,271692577	0,507248133	0,950865918
T6-T3	-0,342777778	-0,732248133	0,046692577	0,117872789
T5-T4	0,670555556	0,2810852	1,060025911	3,45944E-05
T6-T4	0,21	-0,179470355	0,599470355	0,622513257
T6-T5	-0,460555556	-0,850025911	-0,0710852	0,0108167

Fonte: Autoria própria, 2017.

T1: Tratamento 1 (testemunha); T2: Tratamento 2 (tratamento do produtor); T3: Tratamento 3 (adubação recomendada); T4: Tratamento 4 (remineralizador); T5: Tratamento 5 (Adubação mista); T6: Tratamento 6 (Adubação com remineralizador e cama de aviário).

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da segunda conferência no diâmetro do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando fator, resíduos, grau de liberdade, soma dos quadrados, quadrados médio, estatística F e se há diferença estatística significativa através do P-valor ($p < 5\%$).

Tabela da Anova					
	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	5	31,80344907	6,360689815	7,834410225	2,83092E-06
Resíduos	102	82,81291667	0,81189134		

Fonte: Aatoria própria, 2017.

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da segunda conferência do diâmetro do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: Níveis (tratamentos) ponto central, limite inferior e limite superior e se a diferença estatística significativa entre todos os tratamentos, através do P-valor ($p < 5\%$)

Níveis	Centro	Limite.Inferior	Limite.Superior	P-valor
T2-T1	0,872222222	-0,000179151	1,744623595	0,050078818
T3-T1	1,080555556	0,208154182	1,952956929	0,006436673
T4-T1	-0,2	-1,072401373	0,672401373	0,985248217
T5-T1	1,25	0,377598627	2,122401373	0,000914375
T6-T1	0,383333333	-0,48906804	1,255734706	0,797206045
T3-T2	0,208333333	-0,66406804	1,080734706	0,982286214
T4-T2	-1,072222222	-1,944623595	-0,199820849	0,007042229
T5-T2	0,377777778	-0,494623595	1,250179151	0,806947368
T6-T2	-0,488888889	-1,361290262	0,383512484	0,582318747
T4-T3	-1,280555556	-2,152956929	-0,408154182	0,000628394
T5-T3	0,169444444	-0,702956929	1,041845818	0,993089822
T6-T3	-0,697222222	-1,569623595	0,175179151	0,195143686
T5-T4	1,45	0,577598627	2,322401373	7,01953E-05
T6-T4	0,583333333	-0,28906804	1,455734706	0,38292495
T6-T5	-0,866666667	-1,73906804	0,005734706	0,052576495

Fonte: Autoria própria, 2017.

T1: Tratamento 1 (testemunha); T2: Tratamento 2 (tratamento do produtor); T3: Tratamento 3 (adubação recomendada); T4: Tratamento 4 (remineralizador); T5: Tratamento 5 (Adubação mista); T6: Tratamento 6 (Adubação com remineralizador e cama de aviário).

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da terceira conferência no diâmetro do experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando fator, resíduos, grau de liberdade, soma dos quadrados, quadrados médio, estatística F e se há diferença estatística significativa através do P-valor ($p < 5\%$).

Tabela da Anova					
	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Fator	5	47,98472685	9,59694537	7,203688855	8,22497E-06
Resíduos	102	135,8871056	1,332226525		

Fonte: Aatoria própria, 2017.

Controle estatístico através do teste Tukey 5% da terceira conferência do diâmetro no experimento de *Eucalyptus saligna* Smith, indicando: Níveis (tratamentos) ponto central, limite inferior e limite superior e se a diferença estatística significativa entre todos os tratamentos, através do P-valor ($p < 5\%$)

Níveis	Centro	Limite.Inferior	Limite.Superior	P-valor
T2-T1	1,136666667	0,019143785	2,254189548	0,043789654
T3-T1	1,182777778	0,065254896	2,300300659	0,03150552
T4-T1	-0,331666667	-1,449189548	0,785856215	0,954563969
T5-T1	1,456666667	0,339143785	2,574189548	0,003440599
T6-T1	0,316111111	-0,80141177	1,433633993	0,962906098
T3-T2	0,046111111	-1,07141177	1,163633993	0,999996439
T4-T2	-1,468333333	-2,585856215	-0,350810452	0,003103013
T5-T2	0,32	-0,797522881	1,437522881	0,96092809
T6-T2	-0,820555556	-1,938078437	0,296967326	0,279035797
T4-T3	-1,514444444	-2,631967326	-0,396921563	0,002049749
T5-T3	0,273888889	-0,843633993	1,39141177	0,980117656
T6-T3	-0,866666667	-1,984189548	0,250856215	0,223428703
T5-T4	1,788333333	0,670810452	2,905856215	0,000143786
T6-T4	0,647777778	-0,469745104	1,765300659	0,545665343
T6-T5	-1,140555556	-2,258078437	-0,023032674	0,042613077

Fonte: Autoria própria, 2017.

T1: Tratamento 1 (testemunha); T2: Tratamento 2 (tratamento do produtor); T3: Tratamento 3 (adubação recomendada); T4: Tratamento 4 (remineralizador); T5: Tratamento 5 (Adubação mista); T6: Tratamento 6 (Adubação com remineralizador e cama de aviário).

ANEXO A – Metodologia para fluorescência de raios – X

Análise de rocha total através de pastilha fundida e quantificação por Fluorescência de Raios X



1. MATRIZ DA AMOSTRA

Amostra geoquímicas de rocha e de solo.

2. QUANTIDADE DE AMOSTRA

2 gramas.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

Decomposição das amostras através de fusão em máquina automática com tetraborato de lítio e leitura da pastilha fundida por espectrofotômetro de RX.

4. LIMITES DE DETECÇÃO

Elemento	Limite Inferior	Limite Superior	Unidade de reporte
Al ₂ O ₃	0,1	100	%
BaO	0,01	65	%
CaO	0,01	70	%
Co	0,005	0,24	%
Cr ₂ O ₃	0,01	50	%
Cu	0,01	1	%
Fe	0,007	72	%
Fe ₂ O ₃	0,01	103	%
K ₂ O	0,01	18	%
MgO	0,1	100	%
Mn	0,008	58	%
MnO	0,01	75	%
Na ₂ O	0,1	12	%

XRF79C

Data: 07/04/17
Revisão: 04
Página 1 de 2

Análise de rocha total através de pastilha fundida e quantificação por Fluorescência de Raios X



XRF79C

Elemento	Limite inferior	Limite Superior	Unidade de reporte
Nb ₂ O ₅	0,05	15	%
Ni	0,008	6	%
NiO	0,01	8	%
P	0,005	20	%
P ₂ O ₅	0,01	45	%
PbO	0,01	11	%
SiO ₂	0,1	99	%
SnO ₂	0,01	5	%
SrO	0,01	1,2	%
Ta ₂ O ₅	0,05	5	%
ThO ₂	0,01	4	%
TiO ₂	0,05	100	%
U ₃ O ₈	0,01	10	%
V ₂ O ₅	0,01	15	%
WO ₃	0,01	5	%
ZnO	0,01	87	%
ZrO ₂	0,01	70	%

ANEXO B – Metodologia de ICP-MS e ICP-AES

Determinação de Metais por Água Régia – AAS ou ICP



1. MATRIZ DA AMOSTRA

Amostra geoquímicas de rocha, solo, testemunho.

2. QUANTIDADE DE AMOSTRA

10 gramas.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

Decomposição das amostras através de abertura por água régia (HCl e HNO₃) na determinação de diversos elementos. Leitura por Absorção Atômica ou ICPOES ou ICPMS.

Aplicável somente para amostras geoquímicas, com o propósito de reconhecimento regional. Não dissolve silicatos. Abertura parcial.

4. LIMITE DE DETECÇÃO

Elemento	Limite Inferior			Limite Superior			Unidade de reporte
	AAS14B	ICP14B	ICM14B	AAS14B	ICP14B	ICM14B	
Ag	1	1	0,01	5000	10000	10	PPM
Al	-	0,01	0,01	-	15	15	%
As	500	5	1	0	10000	10000	PPM
B	-	10	10	-	10000	10000	PPM
Ba	-	1	5	-	10000	10000	PPM
Be	-	1	0,1	-	10000	100	PPM
Bi	10	10	0,02	5000	10000	10000	PPM
Ca	-	0,01	0,01	-	15	15	%
Cd	1	1	0,01	5000	10000	10000	PPM
Ce	-	-	0,05	-	-	1000	PPM
Co	2	3	0,1	5000	10000	10000	PPM
Cr	2	1	1	5000	10000	10000	PPM
Cs	-	-	0,05	-	-	1000	PPM
Cu	2	1	0,5	5000	10000	10000	PPM
Fe	2	0,01	0,01	5000	15	15	PPM / %

AAS14B – ICP14B – ICM14B

Data: 02/12/16
Revisão: 01
Página 1 de 3

AAS14B – ICP14B – ICM14B

Data: 02/12/16
Revisão: 01
Página 2 de 3

Elemento	Limite Inferior			Limite Superior			Unidade de reporte
	AAS14B	ICP14B	ICM14B	AAS14B	ICP14B	ICM14B	
Ga	-	-	0,1	-	-	10000	PPM
Ge	-	-	0,1	-	-	10000	PPM
Hf	-	-	0,05	-	-	500	PPM
Hg	-	-	0,01	-	-	10000	PPM
In	-	-	0,02	-	-	500	PPM
K	-	0,01	0,01	-	15	15	%
La	-	10	0,1	-	10000	10000	PPM
Li	5	1	1	5000	10000	50000	PPM
Lu	-	-	0,01	-	-	1000	PPM
Mg	-	0,01	0,01	-	15	15	%
Mn	2	0,01	5	5000	15	10000	PPM / %
Mo	5	1	0,05	5000	10000	10000	PPM
Na	-	0,01	0,01	-	15	15	%
Nb	-	-	0,05	-	-	1000	PPM
Ni	2	1	0,5	5000	10000	10000	PPM
P	-	0,01	50	-	15	10000	% / PPM
Pb	5	3	0,2	5000	10000	10000	PPM
Rb	-	-	0,2	-	-	10000	PPM
Sa	-	-	0,1	-	-	10000	PPM
S	-	-	0,01	-	-	5	%
Sb	-	5	0,05	-	10000	10000	PPM
Sc	-	3	0,1	-	10000	10000	PPM
Se	-	10	1	-	10000	1000	PPM
Sn	-	10	0,3	-	10000	1000	PPM
Str	-	1	0,5	-	10000	10000	PPM

Determinação de Metais por Água Régia – AAS ou ICP



AAS14B – ICP14B – ICM14B

Elemento	Limite Inferior			Limite Superior			Unidade de reporte
	AAS14B	ICP14B	ICM14B	AAS14B	ICP14B	ICM14B	
Ta	-	-	0,05	-	-	10000	PPM
Tb	-	-	0,02	-	-	10000	PPM
Tc	-	-	0,05	-	-	1000	PPM
Th	-	10	0,1	-	10000	10000	PPM
Tl	-	0,01	0,01	-	15	15	%
Ti	-	10	0,02	-	10000	10000	PPM
U	-	10	0,05	-	10000	10000	PPM
V	10	3	1	5000	10000	10000	PPM
W	-	10	0,1	-	10000	10000	PPM
Y	-	1	0,05	-	10000	10000	PPM
Yb	-	-	0,1	-	-	100	PPM
Zn	2	1	1	5000	10000	10000	PPM
Zr	-	1	0,5	-	10000	10000	PPM

Nota:

- 1- Os elementos Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cr, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, P, Sn, Sr, Tl, V, W e Zr tendem a ser parcial dependendo da mineralogia da amostra
- 2- Os elementos As, Sb podem volatilizar durante o processo de digestão ácida.

ANEXO C – Primeiro laudo de fertilidade de solo

20/07/2015

Laudo de Análise de Solo



FACULDADE DE AGRONOMIA – DEPTO. SOLOS
LABORATÓRIO DE ANÁLISES

40 anos
Servindo à Agricultura

Laudo de Análise de Solo

NOME: Rubens M. Kautzmann - CNPQ:
445435/2014-3
MUNICÍPIO: TRIUNFO
ESTADO: RS

DATA DO RECEBIMENTO: 07/07/2015
DATA DA EXPEDIÇÃO:
LOCALIDADE:

NUM	REGISTRO	ARGILA %	pH H ₂ O	Índice SMP	P mg/dm ³	K mg/dm ³	M.O. %	Al troc. cmol _c /dm ³	Ca troc. cmol _c /dm ³	Mg troc. cmol _c /dm ³
1	1590/32	47	4.0	5.0	3.1	49	2.3	4.2	0.8	0.4
2	1590/33	42	4.1	5.1	3.1	25	2.5	5.4	0.6	0.3
3	1590/34	36	4.1	5.1	1.0	36	2.0	6.0	0.5	0.3
4	1590/35	35	4.1	5.2	0.8	21	1.9	5.6	0.2	0.1

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P e K determinados pelo método Mehlich I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SC₄ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.

NUM	Al+H cmol _c /dm ³	CTC cmol _c /dm ³	%SAT da CTC		RELAÇÕES		
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1	13.7	15.0	9	75.8	2	6	3.2
2	12.3	13.2	7	84.7	2	9	4.7
3	12.3	13.2	7	86.9	1.7	5	3.3
4	10.9	11.2	3	94	2	4	1.9

CTC a pH 7.0. Necessidade de calostro para atingir pH 6,0 - calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos e sob sistema de cultivo convencional. No sistema plantio direto, consultar um agrônomo.

NUM	S mg/dm ³	Zn mg/dm ³	Cu mg/dm ³	B mg/dm ³	Mn mg/dm ³	Fe g/dm ³	Na mg/dm ³	OUTRAS DETERMINAÇÕES
1	16	0.9	0.9	0.7	10	-	-	-
2	12	0.4	0.4	0.6	7	-	-	-
3	20	0.4	0.4	0.6	7	-	-	-
4	11	0.3	0.5	0.6	3	-	-	-

Consulte um agrônomo para obter as recomendações de adubação

NUM	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	0-20cm - SEM GRAMA
2	0-20cm - COM GRAMA
3	20-50cm - SEM GRAMA
4	20-50cm - COM GRAMA

Clesio Gianello
Eng^o Agr^o CREA 6^o Reg 25.642
Chefe do Laboratório de Análises

Laboratório de Análises de Solo - Av. Bento Gonçalves, 7712 - Porto Alegre - RS - CEP 91540-000
Fones/Fax: (0xx51)3308-6023 - 3308-7457 - 3308-7459 - Email: labsolos@bol.com.br