

**CAMILA ADAIME GABRIEL**

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO E ATRIBUTOS  
QUÍMICOS DE UM CAMBISSOLO EM RESPOSTA A DOSES DE  
CALCÁRIO E GESSO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agroveterinárias  
da Universidade do Estado de Santa Catarina, como  
requisito parcial para obtenção do título de Mestre em  
Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Cassol  
Co-orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani

**LAGES, SC**

**2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Adaime Gabriel, Camila

Crescimento de mudas de eucalipto e atributos  
químicos de um Cambissolo em resposta a doses de  
calcário e gesso / Camila Adaime Gabriel. - Lages  
, 2017.

74 p.

Orientador: Paulo Cezar Cassol

Co-orientador: Paulo Roberto Ernani

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação , Lages,  
2017.

1. Corretivos da acidez. 2. Solos ácidos. 3.  
Eucalyptus dunnii. 4. Eucalyptus benthamii. I.  
Cezar Cassol, Paulo . II. Roberto Ernani, Paulo. ,  
.III. Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação . IV. Título.

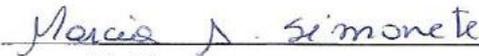
**CAMILA ADAIME GABRIEL**

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM  
CAMBISSOLO EM RESPOSTA A DOSES DE CALCÁRIO E GESSO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC.

**Banca examinadora:**

Orientador:  \_\_\_\_\_  
Professor Dr. Paulo Cezar Cassol  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC  
Departamento de Solo e Recursos Naturais

Membro:  \_\_\_\_\_  
Dra. Marcia Aparecida Simonete  
Blumeterra Serviços e Comércio Ltda.

Membro:  \_\_\_\_\_  
Professor Dr. Álvaro Luiz Mafra  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC  
Departamento de Solo e Recursos Naturais

**Lages, 18 de julho de 2017**



Dedico este trabalho aos meus pais, Julmar Felske Gabriel e Elizabeth Adaime Gabriel, pelo amor e carinho, e aos valores a mim passados.



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela possibilidade de realizar mais um sonho na minha trajetória acadêmica-profissional;

Aos meus pais, pela confiança e apoio;

Ao meu namorado, Gilmar Luiz Mumbach, pela ajuda, compreensão, carinho e amor;

Ao orientador, professor Paulo Cezar Cassol, pela confiança, ensinamentos e conselhos;

A pesquisadora Dra. Marcia Aparecida Simonete e a professora Dra. Letícia Moro por todo o apoio proporcionado.

Aos colegas e amigos do laboratório de química e fertilidade do solo;

Aos professores da pós-graduação e;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, à UDESC e a CAPES.



## RESUMO

Gabriel, Camila Adaime. **Crescimento de mudas de eucalipto e atributos químicos de um Cambissolo em resposta a doses de calcário e gesso.** 2017. 74 f. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Área: Fertilidade e Química do solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, SC. 2017.

Plantios de eucalipto no Sul do Brasil geralmente são realizados em solos ácidos de baixa fertilidade natural, que quando corrigidos com calcário e gesso apresentam melhor qualidade química, o que favorece o crescimento das plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses combinadas e isoladas de calcário e gesso em atributos químicos do solo e no crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em Cambissolo Húmico. O experimento foi conduzido em vasos na casa-de-vegetação, em blocos casualizados, em fatorial 2x4x4, sendo duas espécies de eucalipto, quatro doses de calcário (0, 3, 6 e 12 t ha<sup>-1</sup>), e quatro doses de gesso agrícola (0; 6,3; 12,6 e 25,3 t ha<sup>-1</sup>), com 16 tratamentos (baseados na combinação entre as doses de calcário e gesso), com três repetições, totalizando 96 unidades amostrais. Aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos foram determinados os atributos químicos do solo, os componentes de crescimento das mudas de eucalipto e os valores acumulados de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas, no caule/ramos e raízes. A adição de calcário aumentou o crescimento das mudas de eucalipto, com maior produção de massa seca, enquanto que a resposta ao gesso foi negativa. O calcário aumentou o pH, o teor de Ca trocável, a saturação por bases e, levemente a condutividade elétrica (CE), diminuiu a saturação por alumínio, e promoveu pequena redução nos teores de K e Mg trocáveis do solo. O gesso não alterou o pH do solo, porém diminuiu a saturação por Al, aumentou o teor de P e aumentou expressivamente a CE, o que pode ter influenciado negativamente no crescimento de eucalipto. O calcário aumentou o acúmulo de Ca e Mg, e diminuiu o de K, enquanto o gesso não afetou a acumulação de nutrientes nas folhas. A adição de calcário melhora atributos químicos do solo e afeta positivamente crescimento de mudas eucalipto em vasos, enquanto a resposta ao gesso é negativa, possivelmente por efeito de salinidade.

**Palavras-chave:** Corretivos da acidez. Solos ácidos. *Eucalyptus dunnii*. *Eucalyptus benthamii*.



## ABSTRACT

Gabriel, Camila Adaime. **Growth of eucalyptus seedlings and chemical attributes of a Cambisol in response to limestone and gypsum rates.** 2017. 74 f. Dissertation Master's Degree in Soil Science. Area: Fertility and Soil Chemistry. Santa Catarina State University, Lages, SC. 2017.

*Eucalyptus* plantations in southern Brazil occur in acids soils with low natural fertility, that correction with limestone and gypsum can enhance the soil chemical quality which increases the plant growth. The aim of this study was to evaluate the effect of combined and isolated rates of limestone and gypsum on soil chemical properties and on the initial growth of *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus dunnii*. The experiment was conducted in pots in the greenhouse in randomized complete block in factorial 2x4x4, corresponding the two species of *Eucalyptus*, four rates (0, 3, 6 and 12 t ha<sup>-1</sup>) of lime, and four rates (0, 6.3, 12, 6 and 25.3 t ha<sup>-1</sup>) of agricultural gypsum, with 3 replicates, totaling 96 sample units. At the 90 days after treatments application were determined the soil chemical attributes, components of plant growth and accumulated values of aluminium (Al), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) in leaves, stem / branches and roots. The addition of limestone increased the growth of eucalyptus seedlings, with higher dry mass production, whereas the response to gypsum was negative. The addition of lime increases, the soil pH, exchangeable Ca content and, base saturation, promote a slight increase in soil electrical conductivity (EC) and decrease the availability of K and Mg. The gypsum does not change the soil pH, but it decreases the saturation by aluminum and increased the availability of P and the EC which may decrease the growth of eucalyptus. The application of limestone increases the Ca and Mg, and decreased K, while the gypsum did not affect the accumulation of nutrients in the leaves. The eucalyptus clones respond positively to soil liming, but the response to the addition of gypsum to the soil is negative.

**Key words:** Correctives of acidity. Acid soils. *Eucalyptus dunnii*. *Eucalyptus benthamii*.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Valores do pH do solo em água em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valores de pH em Sal ( $\text{CaCl}_2$ ) em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 34
- Figura 2 – Teor de Al trocável em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor da acidez potencial em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 35
- Figura 3– Teor de K em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 37
- Figura 4 - Teor de Na em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor da condutividade elétrica no solo em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 38
- Figura 5 – Teores de Ca trocável em função das doses de calcário e gesso (A) e teor de Mg em função das doses de calcário e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 40
- Figura 6 - Valores da saturação por bases (V%) em função das doses de calcário e gesso (A) e valores da saturação por alumínio (m %) em função das doses de calcário e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 42
- Figura 7- Valores de massa seca de parte aérea em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 44
- Figura 8 - Valores de massa seca de raiz em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 45
- Figura 9 - Valores de massa seca de folha em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 46
- Figura 10 - Valores de massa seca de caule/ramos em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. .... 47

Figura 11 - Valor acumulado de K nas folhas em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos.....	48
Figura 12 – Valor acumulado de Ca nas folhas em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor acumulado de Mg nas folhas em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos.....	49
Figura 13 - Valor acumulado de N no caule/ramos em função das doses de calcário (A) e gesso (B) aplicadas e valor acumulado de K no caule/ramos em função de doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos. ....	50
Figura 14 - Valor acumulado de Ca no caule/ramos em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor acumulado de Mg no caule/ramos em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos.....	52
Figura 15 - Valor acumulado de P na raiz em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor acumulado de K na raiz em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos.....	53
Figura 16 – Valor acumulado de Ca na raiz em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor acumulado de Mg na raiz em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos.....	54
Figura 17 -Valores de diâmetro de colo em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos. Resposta de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em diâmetro de colo ao longo do tempo em função da aplicação de doses de calcário e gesso (C). ....	56
Figura 18 - Valores de altura em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos. Resposta de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em altura ao longo do período avaliado em função da aplicação de doses de calcário e gesso (C). ....	57
Figura 19 – Valores de volume cilíndrico em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos do Cambissolo Húmico alumínico léptico utilizado no presente estudo, localizado em Otacílio Costa/SC.....	30
Tabela 2 – Atributos químicos do solo em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, cultivado em vasos com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Continua) .....	66
Tabela 2 – Atributos químicos do solo em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, cultivado em vasos com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Continua) .....	67
Tabela 2 – Atributos químicos do solo em resposta à doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, cultivado em vasos com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Conclusão) .....	68
Tabela 3 – Massa Seca em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Continua) .....	68
Tabela 3 – Massa Seca em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Conclusão) .....	69
Tabela 4 - Teores de nutrientes nas folhas em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Continua) .....	69
Tabela 4 - Teores de nutrientes nas folhas em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Continua) .....	70
Tabela 4 - Teores de nutrientes nas folhas em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Conclusão) .....	71
Tabela 5 - Teores de nutrientes no caule/ramos em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Continua) .....	71
Tabela 5 - Teores de nutrientes no caule/ramos em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Conclusão) .....	72
Tabela 6 - Teores de nutrientes na raiz em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com <i>Eucalyptus benthamii</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> (Continua) .....	73

Tabela 6 - Teores de nutrientes na raiz em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Conclusão) .....74

Tabela 7 - Diâmetro de colo, altura e volume em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* .....74

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 PRODUÇÃO E IMPORTÂNCIA DO EUCALIPTO NO BRASIL .....	21
2.2 NATUREZA DA ACIDEZ DO SOLO E RESPOSTA DE EUCALIPTO À SUA CORREÇÃO.....	22
2.3 POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA.....	23
2.4 MANEJO DA FERTILIDADE NOS CULTIVOS DE EUCALIPTO COM ÊNFASE EM CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA .....	25
<b>3 HIPÓTESES .....</b>	<b>28</b>
<b>4 OBJETIVOS .....</b>	<b>29</b>
4.1 OBJETIVO GERAL .....	29
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
6.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO .....	33
6.2 ATRIBUTOS DA PLANTA .....	43
<b>6.2.1 Massa Seca .....</b>	<b>43</b>
<b>6.2.2 Valores acumulados de nutrientes .....</b>	<b>47</b>
6.2.2.1 Valores acumulados de N, P, K, Ca e Mg nas folhas .....	47
6.2.2.2 Valores acumulados de N, P, K Ca e Mg no caule/ramos.....	49
6.2.2.3 Valores acumulados de N, P, K, Ca e Mg na raiz .....	52
<b>6.2.3 Diâmetro, altura e volume das mudas de Eucalipto .....</b>	<b>55</b>
<b>8 CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>9 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>10 ANEXOS .....</b>	<b>66</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil está em evidência no cenário mundial por possuir excelente desempenho no setor florestal, fruto das condições climáticas, melhoramento genético e tecnologias de silvicultura desenvolvidas pelas empresas e instituições de pesquisa do país. Como resultado, destacam-se as taxas nacionais de crescimento da área de florestas plantadas de eucalipto, que passou de 3,46 milhões de hectares em 2005, para 5,56 milhões de hectares em 2014 (ACR, 2016). Enquanto na Austrália, país de origem da espécie, a produtividade média é de 22 m<sup>3</sup>/ha/ano, no Brasil, encontra-se na faixa de 30 a 42 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano (IBÁ, 2015; ACR, 2016).

No Planalto Sul Catarinense se concentram grandes áreas reflorestadas com *Eucalyptus* sp. A área plantada de *Eucalyptus* em Santa Catarina, em 2007, girava em torno de 74.008 ha, e chegando em 2016 a 112.944 ha (IBÁ, 2015; ACR, 2016). Ainda, a produtividade média em torno de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano em 2016 (ACR, 2016). Esta região se destaca na produção de celulose e subprodutos, sendo cultivadas principalmente as espécies clonais de *Eucalyptus dunnii* e o *Eucalyptus benthamii*, por possuir certas características, como resistência e/ou tolerância a variações climáticas, essencialmente resistência a geadas, o que para esta região é muito importante.

A qualidade do solo é um fator decisivo para a obtenção de uma alta produtividade na área florestal. A eficiência de utilização de nutrientes na produção de madeira e em diferentes materiais genéticos mostram variação com o tipo de solo (disponibilidade de nutrientes), com a espécie e entre locais. (CAMARGO et al., 2004). Os solos do Sul do Brasil na sua maioria são ácidos, em decorrência do material de origem e da intensidade da ação de agentes de intemperismo, como clima e organismos. Nessa região a precipitação pluvial é alta e em consequência os solos apresentam tendência à acidificação, pela remoção de cátions de caráter básico, como cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) do complexo de troca, e o consequente acúmulo de cátions de natureza ácida, como alumínio (Al) e hidrogênio (H<sup>+</sup>) (SOUSA et al., 2007). Os solos desta região apresentam também baixa disponibilidade de alguns nutrientes, por exemplo o fósforo (P), e teores tóxicos de outros, como o Al, que além de diminuir a atividade microbiana, também favorece a deficiência de Ca e/ou Mg, ocasionando prejuízos às plantas. A toxidez por Al pode causar inibição da divisão celular, lesões na membrana, alterar a síntese de DNA e restringir a mitose, além de aumentar a rigidez da parede celular, o que na prática promove o engrossamento da raiz, fazendo com que tenha seu desenvolvimento em extensão prejudicado (VÁZQUEZ et al., 1999; SOUSA et al., 2007).

Para minimizar os efeitos adversos da acidez, como a alta concentração de Al, tem-se como principais alternativas a aplicação do calcário para elevar o pH do solo e o gesso agrícola para reduzir a atividade e toxicidade do Al. Apesar dos diversos benefícios já comprovados da utilização do calcário em solos ácidos, como neutralização do Al tóxico e fornecimento de nutrientes como Ca e Mg (FAGERIA et al., 2014; ANIKWE et al., 2016), a resposta no crescimento de eucalipto nem sempre tem sido observada. Com isso, muito dos silvicultores optam por não realizar a calagem. Por falta de recursos financeiros, e também devido à cultura que se criou de que não é necessário corrigir o pH em florestas, esses produtores ou não aplicam doses adequadas ou aplicam-nas em quantidades inferiores, sem nenhum critério técnico, o que pode limitar o rendimento da cultura.

O gesso agrícola, apesar de não alterar o pH do solo, pode ser uma boa alternativa para reduzir a toxicidade do Al e elevar os teores de Ca no solo (ANIKWE et al., 2016; ARAÚJO et al., 2016). O gesso pode ser utilizado associado ao calcário, objetivando a neutralização da acidez e a elevação dos teores de Ca em subsuperfície, garantindo um maior volume de solo com condições favoráveis ao crescimento radicular das plantas.

No entanto, a resposta ao calcário e ao gesso no crescimento inicial de clones de eucalipto, associados ou não, necessita de estudos para seu conhecimento, especialmente nas áreas de Cambissolos ácidos do Planalto Sul Catarinense. Assim, conduziu-se o presente estudo para avaliar a resposta de mudas clonais de *Eucalyptus dunnii* e o *Eucalyptus benthamii*, a doses isoladas e combinadas de calcário e gesso em solo ácido.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PRODUÇÃO E IMPORTÂNCIA DO EUCALIPTO NO BRASIL

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2015), o Brasil possuía 7,74 milhões de hectares de florestas plantadas para fins industriais em 2014, com um aumento de 1,8% em relação a 2013. Deste total, 5,56 milhões de hectares são de eucalipto, o que representa 71,9% do total, e estão localizados principalmente nos Estados de Minas Gerais (25,2%), São Paulo (17,6%) e Mato Grosso do Sul (14,5%). Sendo que, em 2014, o Brasil manteve mais uma vez sua liderança no ranking global de produtividade florestal. Neste ano, a produtividade média dos plantios brasileiros de eucalipto atingiu  $39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}$ . Em decorrência da natural redução dos ganhos incrementais de programas de melhoramento clássico ao longo do tempo, a produtividade do eucalipto no Brasil cresceu por volta de 0,3% ao ano, entre 2008 e 2014.

O estado de Santa Catarina é um dos principais produtores de espécies florestais comerciais do Brasil. A taxa de crescimento anual para a cultura do eucalipto no estado, entre 2004 e 2014, foi de 10,9% ao ano, permanecendo estagnada no ano seguinte (ACR, 2016). A produtividade do Estado Catarinense também é considerada elevada, apresentando para a cultura do *Eucalyptus sp.* uma produtividade de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}$  (ACR, 2016).

Ao longo de sua evolução natural, o eucalipto desenvolveu mecanismos adaptativos eficientes para crescer rapidamente sob condições favoráveis e também resistir ao estresse hídrico, de temperatura, nutricional, entre outros, assim explicando o grande número de espécies na natureza e sua abrangente dispersão nas regiões de origem (FILHO et al., 2006). O gênero *Eucalyptus*, representa árvores com alta taxa de crescimento, plasticidade, forma retilínea do fuste, desrama natural e madeira com variações nas propriedades tecnológicas, adaptadas às mais variadas condições de uso (OLIVEIRA et al., 1999). Em decorrência dos trabalhos de melhoramento genético e a utilização de técnicas silviculturais, no Brasil ao longo dos últimos 50 anos, a capacidade de produção de biomassa desenvolveu-se de maneira expressiva. A versatilidade do uso da madeira é outra particularidade que explica a predominância de plantações de eucalipto sobre as de outras espécies. As utilizações vão desde o emprego para fins energéticos até obtenção de produtos nobres como lâminas e móveis (FILHO et al., 2006).

A necessidade por produtos madeireiros tem aumentado anualmente, principalmente pela crescente escassez de madeira de espécies arbóreas nativas. O eucalipto é uma das raras espécies florestais exótica existentes que tem flexibilidade de usos, principalmente por sua grande diversidade de espécies (WILCKEN et al., 2008). Dentre as espécies de eucalipto de

maior importância econômica para as condições da Região Sul do Brasil destacam-se as espécies *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*, que apresentam adaptação ao clima mais frio e boa aptidão para a produção de madeira para fins energéticos e/ou sólidos madeiráveis (FILHO et al., 2006).

## 2.2 NATUREZA DA ACIDEZ DO SOLO E RESPOSTA DE EUCALIPTO À SUA CORREÇÃO

A origem da acidez nos solos deve-se a fatores relacionados com as condições de intemperismo e de manejo do solo, que são dependentes do pH. As condições naturais, sobretudo das regiões de clima úmido, tendem a acidificar os solos, por isso, a maioria dos solos existentes são ácidos. Assim a acidificação resulta do intemperismo dos minerais de argila, pela decomposição da matéria orgânica, pela produção de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), pela nitrificação, por fertilizantes de reação ácida, pela lixiviação de cátions básicos e pela absorção de cátions pelas plantas (ERNANI, 2008). A remoção de cátions básicos, como o Ca, Mg, K e Na, do complexo de troca catiônica, pela lixiviação, substituindo-os por Al trocável e H<sup>+</sup> não dissociado é considerada a principal causa da acidificação. Sendo assim, o solo será tanto mais ácido quanto menor a parte da capacidade de troca de cátions (CTC) ocupada por esses cátions básicos (RAIJ, 2011). Solos do Sul do Brasil, além de elevada acidez, apresentam elevado tamponamento de pH, fruto do alto conteúdo de matéria orgânica (M.O) e de argila (ALMEIDA et al., 1999). A acidez do solo pode ser considerada um dos principais fatores de baixa fertilidade e degradação de solos agrícolas (ANIKWE et al., 2016).

O crescimento das plantas geralmente não é limitado pela alta atividade de H<sup>+</sup> na solução dos solos ácidos, porém o abaixamento do pH afeta vários equilíbrios, resultando em menor disponibilidade de alguns nutrientes, como Ca, Mg e P, e no aparecimento de teores tóxicos de outros, como o manganês (Mn) e o Al (ALMEIDA et al., 1999; SOUSA et al., 2007). A toxidez por Al pode causar inibição da divisão celular, lesões na membrana, alterar a síntese de DNA e a mitose, além de aumentar a rigidez da parede celular (VÁZQUEZ et al., 1999).

O calcário (CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>) é uma rocha sedimentar, extraído de jazidas naturais, e amplamente utilizado na agricultura para neutralizar a acidez do solo. Apresenta em seu conteúdo nutrientes como Ca e Mg em diferentes proporções de acordo com o material de origem. Deste modo, além de aumentar o pH do solo e fornecer Ca e Mg (FAGERIA et al., 2014; ANIKWE et al., 2016), a aplicação de calcário aumenta a saturação por bases (V%) e a CTC efetiva e a pH 7, assim como pode aumentar a disponibilidade de P e enxofre (S) (ROCHA

et al., 2008). O calcário apresenta baixa solubilidade e os produtos de sua dissolução se movimentam pouco no perfil, contudo, é efetivo na correção da acidez nas camadas do solo onde sua incorporação é realizada (PÁDUA et al., 2006). A capacidade corretiva do calcário, geralmente não ultrapassa em quantidade expressiva as camadas superficiais de sua incorporação, o que pode impossibilitar o crescimento normal do sistema radicular de espécies florestais que precisam de um maior volume de solo para explorar, em profundidade, a fim de garantir a absorção de nutrientes e água. Além disso, a redução na saturação de Al na CTC efetiva (m%), com a calagem, é relativamente lenta, devido à baixa solubilidade do calcário e de sua baixa mobilidade no solo (AMARAL et al., 2004).

A aplicação de calcário pode elevar a disponibilidade de P no solo. Esse efeito é principalmente resultante da solubilização do P precipitado a íons de ferro (Fe) e Al com o aumento do pH. Além disso, o aumento da carga elétrica negativa do solo e a atividade de microrganismos no solo, com a elevação do pH, pode proporcionar maior P disponível (FAGERIA et al., 2014).

Apesar dos benefícios gerados ao solo pela correção da acidez, os resultados são variados em relação a aplicação de calcário em eucalipto. Utilizando um Neossolo Quartzarênico e um Nitossolo Vermelho, Simonete et al. (2013) observaram efeito positivo da calagem no crescimento de *Eucalyptus saligna*, cultivado por 126 dias em vasos, no Neossolo, não havendo resposta significativa para o Nitossolo, possivelmente por este já apresentar teores de Ca e Mg adequados. Por outro lado, cultivando em vasos os clones *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*, em Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul Catarinense, DIAS et al. (2015), não observaram qualquer resposta da calagem no crescimento das plantas, mesmo com o solo apresentando elevada acidez e baixa disponibilidade de Ca e Mg. A resposta de doses de calcário dolomítico em propriedades químicas do solo e no crescimento inicial de dois clones de eucalipto, em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Minas Gerais, foi estudada por Rocha et al. (2008), que relataram aumento no crescimento da planta até a dose de calcário suficiente para atingir uma saturação por bases de 64% e que, sob doses maiores houve restrição do crescimento da planta, possivelmente pela redução na disponibilidade de micronutrientes no solo e também o desequilíbrio na relação entre os cátions básicos Ca, Mg e K.

### 2.3 POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA

O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é um subproduto gerado na produção de fertilizantes fosfatados, pode ser utilizado para fornecimento de Ca e S, e também, visando a redução da

atividade do Al, embora não apresenta capacidade de corrigir a acidez do solo. A aplicação de gesso agrícola pode se justificar como suplementação de Ca para as plantas e sua maior mobilidade no solo para camadas inferiores em relação ao calcário.

O gesso agrícola é um subproduto da fabricação de ácido fosfórico na indústria de fertilizantes fosfatados, que pela própria natureza do composto, não é um corretivo de acidez de solo, mas um condicionador de solo, pois apesar de não aumentar o pH, pode beneficiar a planta, por meio da redução da saturação por Al, com o aumento da saturação relativa de Ca na CTC (NETO et al., 2001; SOUSA et al., 2001). O gesso promove aumento das concentrações de Ca na solução do solo e, com isso, promove a descida desse e outros cátions, como o K e o Mg, para camadas mais profundas, contribuindo também na redução da atividade do Al, podendo causar, no entanto, lixiviação de K e Mg a níveis que possam tornar o solo deficiente nesses elementos (ERNANI, 2008).

A utilização do gesso agrícola é normalmente recomendada em associação ao calcário, aumentando a disponibilidade de Ca e reduzindo a toxicidade do Al em subsuperfície. A aplicação desse produto normalmente é feita em superfície e sua capacidade de deslocamento no perfil de solo é bastante variada. Nos solos do Cerrado a eficiência do gesso vem sendo comprovada, com aumento do Ca em camadas mais profundas do solo, garantindo ganhos de produção, especialmente em anos com ocorrência de escassez de chuva (ARAÚJO et al., 2016). O deslocamento de Ca no perfil e o aumento expressivo de sua atividade ocorre principalmente pela baixa CTC desses solos. Um dos principais benefícios do gesso é o maior desenvolvimento radicular das plantas, possibilitando maior aproveitamento de água e nutrientes pelas plantas (SOUSA et al., 2016).

Os solos do Sul do Brasil normalmente não apresentam resposta significativa com a aplicação de gesso (FONTOURA et al., 2012; BASSO et al., 2015). A elevada CTC dos solos predominantes na região resulta em baixa capacidade de deslocamento do Ca no perfil. A redução da toxicidade de Al, pela formação de par iônico entre o Al e o sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ) também é pouco expressiva em camadas subsuperficiais do solo (ZAMBROSI et al., 2007; FONTOURA et al., 2012). A resposta das culturas normalmente é observada unicamente pela correção da acidez do solo com calcário preferentemente dolomítico, fornecendo teores adequados de Ca e Mg na camada arável (FONTOURA et al., 2012).

Ainda não está bem definida a condição de deficiência de Ca ou toxidez de Al em que se recomendaria a prática da gessagem para a cultura do eucalipto. Neste sentido, é preciso lembrar que as espécies de plantas e genótipos dentro de uma mesma espécie diferem quanto à tolerância à acidez. Deve-se ressaltar ainda, que o diagnóstico da deficiência de Ca ou de

toxicidade do Al para espécies florestais tem de ser feito em camada subsuperficial, ou seja, é preciso amostrar o solo na camada de 20-40 cm e, idealmente, até 60 cm (NETO et al., 2001). De maneira geral, a aplicação de gesso pode apresentar diversos benefícios quando em associação ao calcário, contribuindo com diversas melhorias em atributos químicos do solo, como reduzir a m%, manter o pH em valores desejáveis e elevar os teores de nutrientes no solo como P, S, Ca, Mg e K (ANIKWE et al., 2016).

O incremento de nutrientes em subsuperfície bem como a redução da toxicidade de elementos como o Al pode promover significativo ganho em crescimento de raízes, resultando no maior acúmulo de M.O no solo (ARAÚJO et al., 2017). O aumento no acúmulo de carbono (C) no solo também pode ser observado com a aplicação conjunta de calcário e gesso, o que pode ser atribuído ao aumento nos teores de Ca no solo (INAGAKI et al., 2016). A resposta de plantas à aplicação de gesso, no entanto é variável, não sendo observada em muitas ocasiões (CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004).

#### 2.4 MANEJO DA FERTILIDADE NOS CULTIVOS DE EUCALIPTO COM ÊNFASE EM CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA

O manejo da fertilidade do solo para plantio de eucalipto inicia no preparo do solo, que ocorre a cada sete anos, quando o povoamento é reformado, ou a cada quatorze anos, quando é manejado por meio da brotação em duas rotações. Para que um dado solo possa proporcionar o crescimento de uma floresta em regime sustentado, deve possuir características químicas adequadas e quantidade suficiente de nutrientes que permitam a alta produtividade da colheita e também o crescimento da rotação seguinte. O eucalipto se destaca entre as espécies florestais pelo rápido crescimento, o que também recobre e protege o solo rapidamente na área de plantio, por meio da produção contínua da serapilheira formada por uma camada de folhas e detritos, reduzindo assim o risco de erosão (MORA & GARCIA, 2000; CAMARGO et al, 2004).

Em cultivos florestais, especialmente de eucalipto, a melhoria da fertilidade química do solo normalmente é negligenciada, devido à resposta satisfatória em termos de crescimento sob condições de acidez. Contudo, isto não deve ser compreendido com o significado de que o eucalipto não exige grandes cuidados quanto à fertilidade do solo, ao contrário, tal espécie sobrevive, ao invés de se desenvolver, em solos de baixa fertilidade, e em geral, é bastante sensível a fertilização (LIMA, W. P, 1993). Porém há controvérsia no que diz respeito ao eucalipto, em que algumas espécies apresentam tolerância a altas concentrações de Al na

solução do solo, além de baixa exigência nutricional, inclusive quanto aos níveis críticos de Ca e Mg inferiores aos estabelecidos para a maioria das culturas (BARROS e NOVAIS, 1999).

Com o desenvolvimento de tecnologias como o uso de mudas clonais que expressam determinada característica, há a necessidade de estudos que nos permitam afirmar ou não que essas mudas clonais de eucalipto possuem tolerância a altas concentrações de alumínio e que não são exigentes em nutrientes. Para se obter maiores produtividades e evitar a exaustão nutricional do solo, principalmente do Ca, que é o segundo nutriente mais absorvido pelas espécies florestais e bastante exportado na madeira por ocasião da colheita, a adição de fontes de Ca torna-se indispensável. Assim a deficiência em Ca pode comprometer a sustentabilidade/produtividade da cultura nos ciclos futuros, sendo necessário realizar calagem e fertilização adequada do solo nas áreas de plantio (ROCHA et al., 2008; MARTINS et al., 2007; SANTANA et al., 2008).

Contudo, a alta exigência de nutrientes como o Ca e o Mg disponíveis no solo, associado à baixa tolerância ao Al pelo eucalipto, implica em aplicação de calcário à cultura, quando necessária, visa principalmente suprir nutricionalmente as plantas com Ca, visto que este nutriente é o nutriente que mais se acumula em folhas, ramos e no caule desta essência florestal. Assim, a calagem normalmente não visa somente a correção da acidez do solo (NEVES, 1982). Em estudo realizado por Guimarães et al. (2015), a aplicação de calcário objetivando a elevação do pH a 5,5 ou a elevação da saturação por bases (V%) para 65%, implicou em gasto excessivo desse insumo e menor retorno econômico, devido à baixa resposta da cultura à aplicação.

Apesar da adaptação a solos de baixa fertilidade e ácidos, altas produtividades de eucalipto exportam quantidades significativas de nutrientes, o que pode ser restritivo em solos muito degradados. Segundo Rodrigues (2013), sob condições de produtividades próximas a  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , são exportados cerca de  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca. Assim segundo o mesmo autor, a aplicação de calcário tem por principal objetivo justamente fornecer Ca e Mg as plantas, em doses inferiores as exigidas para corrigir a acidez do solo, o que apresenta um menor custo aos produtores.

De acordo com o manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2016), não há um valor de pH de referência para a cultura do eucalipto, já que este possui tolerância a acidez do solo e a presença de Al trocável. A adição de calcário, neste caso, pode ser realizada com o intuito de suprir adequadamente os teores de Ca e Mg no solo. Em relação a isso, valores de Ca e Mg iguais ou superiores a  $4$  e  $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente, são considerados adequados para o bom desenvolvimento de eucalipto e outras espécies florestais. Contudo, sob limitações de Ca e Mg, ou se a saturação por bases for

inferior a 40%, a aplicação de calcário com posterior incorporação em profundidades iguais ou superiores a 20 cm é recomendada. Complementarmente, segundo as recomendações do manual, adubações de base/plantio com N, P e K e também adubação de N no crescimento devem ser realizadas para a cultura. A adubação de plantio deve ser realizada no momento do plantio, na cova ou sulco, em doses que variam de acordo com o conteúdo de M.O do solo (para N) e os teores de P e K no solo, para esses elementos. A adubação nitrogenada de crescimento deve ser realizada cerca de 3 a 6 meses após o plantio, escolhendo-se a época de maior crescimento da planta, em dose similar a utilizada no plantio.

O gesso agrícola demonstra efeitos positivos em trabalhos a campo quando aplicado em superfície, favorecendo o aprofundamento das raízes das plantas cultivadas em áreas com subsolo ácido (VITTI et al, 2006). Assim, com o intuito de suplementação de teores de Ca em camadas profundas a aplicação de gesso se justifica, por proporcionar uma maior mobilidade do Ca a camadas profundas, bem como a espécie estudada tratar-se de uma cultura perene onde suas raízes chegam a subsuperfície, tornando assim uma potencialidade o uso do gesso. Avaliando a produtividade de eucalipto à aplicação de calcário e gesso em Minas Gerais, aos 18 meses de idade, Rodrigues et al. (2016) observaram boa resposta na condição onde o gesso foi associado ao calcário, com ganhos superiores à condição onde o calcário foi aplicado isoladamente.

Além da necessidade de constante acompanhamento da disponibilidade de nutrientes essenciais no solo, a análise foliar pode ser bastante útil, indicando possíveis deficiências. BELLOTE & SILVA (2000), em estudo de revisão de trabalhos existentes na literatura, mencionam que as faixas adequadas de teores dos nutrientes nas folhas de *Eucalyptus* devem estar entre: 20-22 g kg<sup>-1</sup> para N, 0,9 a 1,4 g kg<sup>-1</sup> para P, 7,5 a 8, 3 g kg<sup>-1</sup> para K, 3,8 a 6,0 g kg<sup>-1</sup> para Ca, e 2,6 a 6,2 g kg<sup>-1</sup> para Mg.

### 3 HIPÓTESES

O calcário aplicado no solo em dose menor do que a necessária para atingir o pH 5,5 melhora a qualidade química do solo, reduzindo o teor trocável e a m% a valores não tóxicos e aumentando a disponibilidade de nutrientes, como o Ca, Mg e P, resultando em maior crescimento, tanto de parte aérea, quanto das raízes de mudas clonais de *Eucalyptus dunnii* e de *Eucalyptus benthamii*.

O gesso agrícola, aumenta o teor trocável e a saturação de Ca e diminui o teor trocável e a m%, o que favorece o crescimento das raízes e da parte aérea de mudas de *Eucalyptus dunnii* e de *Eucalyptus benthamii*, principalmente com a aplicação associada a doses de calcário.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

Determinar o efeito de doses combinadas e isoladas de calcário e gesso em atributos químicos do solo e no crescimento de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar o efeito das doses de calcário e gesso no pH em água e em  $\text{CaCl}_2$ , na saturação por bases e nos teores de Ca, Mg, P, K, e Na trocáveis no solo, no teor trocável e saturação por Al e na condutividade elétrica do solo.

Determinar os valores de N, P, K, Ca e Mg acumulados nas folhas, no caule/ramos e nas raízes das espécies de eucalipto em função de doses de calcário e gesso agrícola.

Determinar o efeito de doses de calcário e gesso no crescimento de mudas de eucalipto, avaliados pela medida de diâmetro de colo e altura das plantas em intervalos de 15 dias, e também a produção de massa seca da parte aérea e de raízes.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC de Lages - SC, no período de outubro de 2014 a março de 2015. O local encontra-se na região subtropical do Brasil (clima Cfb), que apresenta temperaturas médias anuais entre 16 a 18 °C, com inverno rigoroso e alta ocorrência de geada e precipitação casual de neve. O estudo foi conduzido em cooperação com a empresa Klabin S/A.

O solo utilizado no experimento foi um Cambissolo Húmico alumínico léptico (Embrapa, 2013), formado a partir de materiais resultantes da meteorização de rochas eruptivas da formação Serra Geral (Embrapa, 2004), que foi coletado na Fazenda Cavazotti, no município de Otacílio Costa, com coordenadas 50° 04' 59"W e 27° 29' 59"S, pertencente a Klabin S/A. O solo foi retirado na camada de 0,00 - 0,20 m, em área com plantio florestal de 4ª rotação, que após ser seco ao ar e passado em peneira de malha de 8mm foi amostrado para análise de caracterização (Tedesco et al., 1995), cujos resultados dos principais atributos encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos do Cambissolo Húmico alumínico léptico utilizado no presente estudo, localizado em Otacílio Costa/SC.

Argila	Silte	Areia	pH H <sub>2</sub> O	P	K	M.O	Ca	Mg	Al
g kg <sup>-1</sup>			1:1	mg dm <sup>-3</sup>		%	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
227	208	565	4,1	19,4	77,2	5,0	0,90	0,42	7,29
pH SMP	H+Al	Soma de bases		CTC efetiva	CTC pH 7	V	m		
1:1:0,5	.....		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....				%		
4,6	21,8	1,5		8,8	23,3	6,5	82,8		

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborada pela própria autora, 2017.

Para o cultivo, foram utilizados vasos com capacidade de 8 litros, aos quais foram colocados 6,2 kg de solo seco. Foram testados 16 tratamentos para cada espécie utilizada, constituídos de um fatorial completo 2x4x4, correspondente a duas espécies de eucalipto, *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*, quatro doses de calcário (0, 3, 6 e 12 t ha<sup>-1</sup>) e quatro

doses de gesso (0, 6,3, 12,6 e 25,3 t ha<sup>-1</sup>). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com 3 repetições, totalizando 96 unidades amostrais.

De acordo com a recomendação para elevação do pH em água a 5,5 (CQFS, 2004), foram estipuladas as quatro doses de calcário e as quatro doses de gesso agrícola. As doses de calcário corresponderam às proporções 0, 1, 1,5 e 2 vezes a necessidade do corretivo para aumentar o pH em água do solo até 5,5, com base no método SMP (CQFS, 2004), enquanto que, as doses de gesso foram estabelecidas para fornecer quantidade de Ca equivalente às respectivas doses de calcário. Utilizou-se calcário dolomítico na forma de pó com teores de óxido de cálcio de 29,5% e de óxido de magnésio de 20,5 %, com valor de neutralização (VN) de 103,64%, enquanto que o gesso apresentou teor de Ca de 19,1% e VN de 6%.

Para o cultivo de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus dunnii*, foram utilizados vasos com capacidade de 8 litros, aos quais foram colocados 6,2 kg de solo seco contendo os respectivos tratamentos que, após umedecidos a cerca de 80% da capacidade de água no solo, foram mantidos em repouso por sete dias. Em cada vaso foi transplantado uma muda clonal com cerca de 20 cm de altura, compondo assim a parcela experimental.

Em todas as parcelas experimentais foi realizado uma adubação por ocasião do plantio das mudas, adubação com solução de 5 ml por Kg de solo de N, P, K (nas doses de 20, 120 e 40 kg ha<sup>-1</sup>, de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> respectivamente) e micronutrientes: boro (B) (10g de bórax por planta); zinco (Zn) (5 g de sulfato de zinco por planta) e cobre (Cu) (2 g de sulfato de cobre por planta), em mesma dosagem para todos os tratamentos, com o intuito de que possíveis deficiências destes nutrientes não afetassem os resultados.

As plantas foram cultivadas por 90 dias, com manutenção diária da umidade do solo em cerca de 80% da capacidade de água no solo, por meio de pesagem, adicionando-se água destilada de forma equivalente para todos os vasos.

Para as avaliações de solo, foram coletadas amostras após a retirada das plantas, coletando-se em cinco pontos de cada vaso, constituindo uma única amostra por vaso. As amostras foram secas em estufa a 65 °C, e determinou-se o pH em água, pH CaCl<sub>2</sub>, teores de Al, Ca, Mg trocáveis, teor de P, K e Na extraíveis (Mehlich 1), conforme metodologias descritas por Tedesco et al., (1995). O teor de P foi quantificado por Murphy & Riley (1962), em espectrofotômetro de UV-visível a 882 nm (UV-1800, SHIMADZU) e o de K por fotometria de chama (DM-62, DIGIMED). Os teores de Ca, Mg e Al foram extraídos com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Analyst 200, PERKINELMER). Os valores de pH H<sub>2</sub>O e pH CaCl<sub>2</sub> foram determinados em medidor de pH

(DM-22, DIGIMED) com eletrodo de pH (DME-CV1, DIGIMED). Além disso, a partir dos dados foram calculados o H+Al, m% e a V%. Realizou-se também avaliação da condutividade elétrica do solo, em solução preparada com a relação solo: água destilada de 1:1, com leitura realizada logo após o preparo da solução.

Para as avaliações de planta, durante o período de 90 dias de cultivo, foram realizadas medições de diâmetro do colo, com auxílio de um paquímetro, e altura das plantas, com auxílio de uma régua graduada, de 15 em 15 dias, durante os 90 dias de cultivo. Com estas medições foi calculado o volume cilíndrico, seguindo a equação matemática: Volume cilíndrico =  $H [(\pi * DAC^2)/4]$ , proposta por Dias et al. (2014), em que  $\pi$  é uma proporção numérica definida pela relação entre o perímetro de uma circunferência e seu diâmetro, que corresponde ao valor de 3,1416, DAC é o diâmetro medido à altura do colo, e H, a altura total das árvores.

Decorrido os 90 dias de cultivo foram coletadas as folhas, o caule e as raízes (separadas do solo mediante lavagem com água), que após secagem em estufa a 65 °C, quantificou-se massa seca de parte aérea, de folhas, caule/ramos e raiz. Além disso, foram determinados os teores de Ca, Mg, N, P e K nas folhas, caule/ramos e raiz, por meio de digestão via úmida – sulfúrica (TEDESCO et al., 1995). O teor de N foi determinado em destilador de Kjeldahl (TE-0364, TECNAL). A concentração de P foi avaliada por Murphy & Riley (1962), em espectrofotômetro de UV-visível a 882 nm (UV-1800, SHIMADZU), enquanto que o K foi determinado em fotometria de chama (DM-62, DIGIMED) e Ca e Mg em espectrofotometria de absorção atômica (AAAnalyst 200, PERKIN ELMER). Os valores acumulados de N, P, K, Ca e Mg nas diferentes partes das plantas foram obtidos pela multiplicação dos valores de produção de massa seca com os teores dos nutrientes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ). Havendo significância, os dados foram submetidos a análise de regressão linear, quadrática e linear múltipla (superfície de resposta). Para avaliação de efeitos individuais entre tratamentos, procedeu-se o Teste de Tukey a 5% de significância. O programa estatístico utilizado foi o SAS 9.0.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

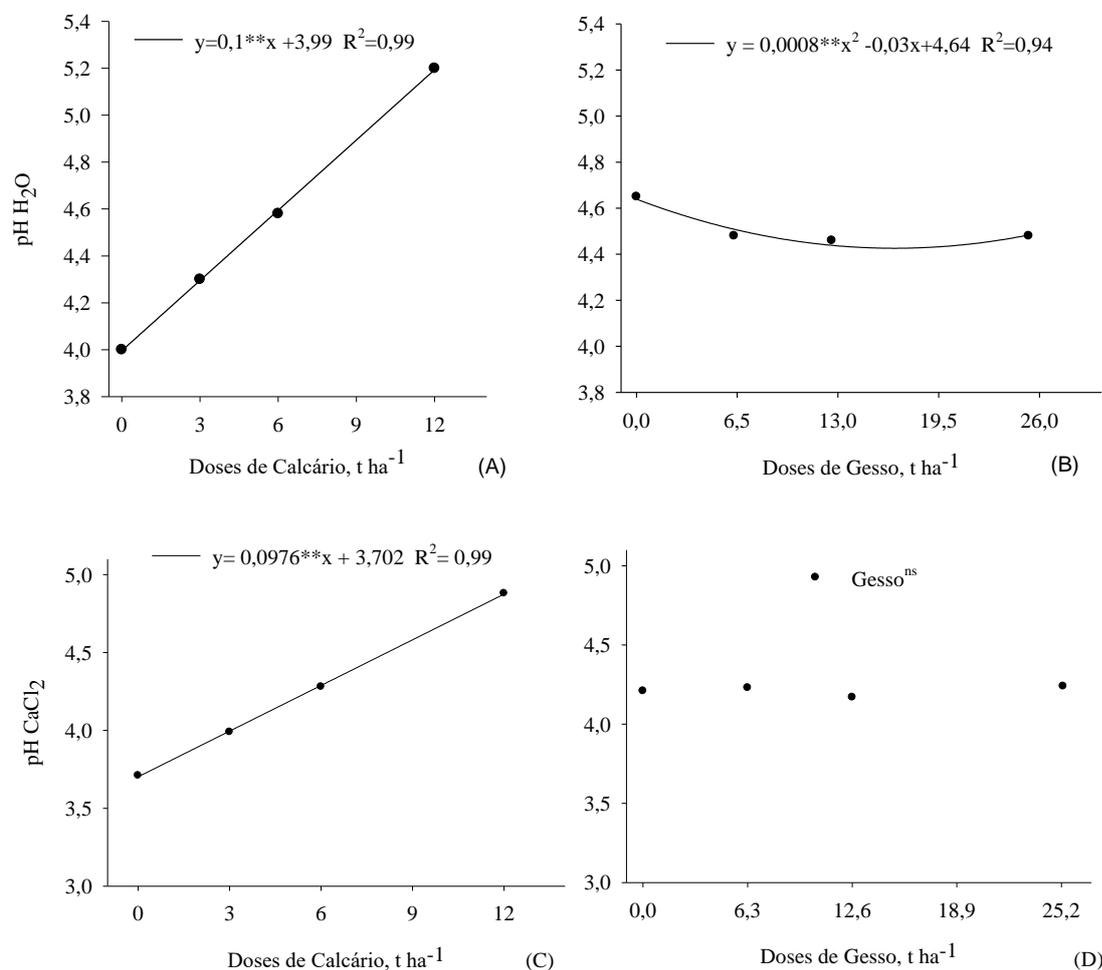
O pH aumentou linearmente com o aumento da dose de calcário aplicada, sem haver efeito diferenciado entre as duas espécies testadas (Figura 1, A). De acordo com os resultados encontrados, há um aumento de 0,1 unidade de pH para cada tonelada de calcário adicionada. Entretanto, o pH atingido com as doses de calcário testadas ficou abaixo do calculado pelo método utilizado, o que se atribui ao alto poder tampão do solo utilizado no estudo. O efeito da aplicação de calcário na neutralização da acidez do solo é conhecido, e as dosagens a serem aplicadas variam de acordo com o tipo de solo e o pH desejado (ERNANI et al., 2001; CAIRES et al., 2004; ROCHA et al., 2008).

A variação do pH do solo em função das doses de gesso agrícola apresentou comportamento quadrático no pH do solo, com ligeira redução até a dose intermediária (Figura 1, B). O comportamento entre as espécies foi similar, sem interação entre essas. Apesar de ser um sal de reação neutra em relação ao pH e de não ser considerado um corretivo de acidez do solo, o gesso pode acarretar num pequeno decréscimo do pH, especialmente em solos com elevada acidez, sendo esse efeito consequência do aumento do Ca na solução, fazendo com que o alumínio seja deslocado das cargas negativas, ou ainda pelo aumento da concentração de eletrólitos (ERNANI et al., 2001).

Houve aumento dos valores de pH em sal com o aumento da dose de calcário aplicada nos dois clones de eucalipto, sem haver interação entre estas (Figura 1, C).

Já a aplicação de doses de gesso não apresentou alteração no pH em sal, independentemente do clone de eucalipto (Figura 1, D). Na média de todos os tratamentos, os valores de pH em sal foram inferiores aos valores de pH em água, na magnitude de 0,32 unidades para *Eucalyptus benthamii* e 0,28 para *Eucalyptus dunnii*, demonstrando o predomínio de cargas elétricas negativas neste solo (ERNANI, 2016).

Figura 1 – Valores do pH do solo em água em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valores de pH em Sal ( $\text{CaCl}_2$ ) em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico aluminico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

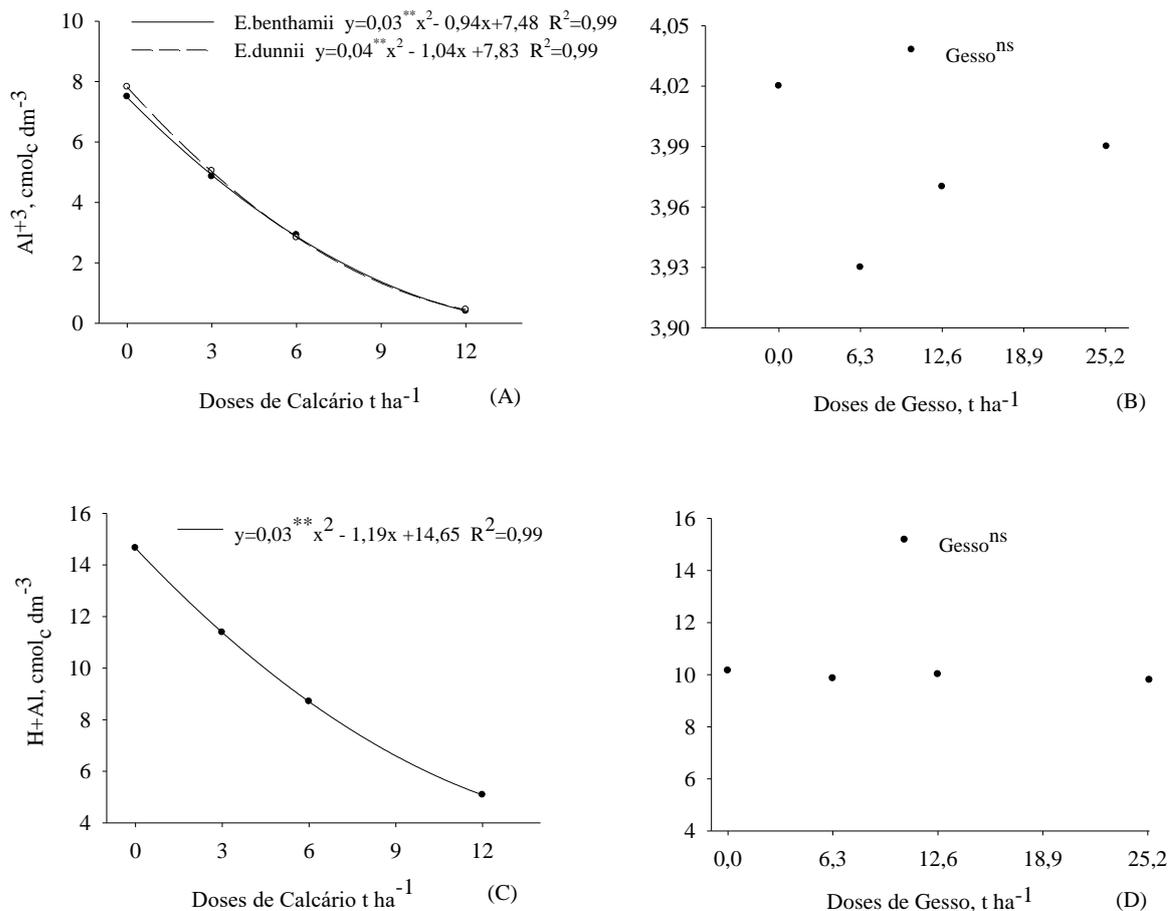
O teor de alumínio reduziu linearmente com o aumento das doses de calcário aplicadas, para as duas espécies testadas, sem comportamento diferenciado entre estas (Figura 2, A). Como já bem conhecido, a adição de calcário ao solo reduz os teores de Al no solo, permitindo melhor ambiente para o crescimento das raízes (PÁDUA et al., 2006).

O gesso, não afetou o teor de alumínio trocável no solo, sem haver interação entre as espécies avaliadas (Figura 2, B). Em alguns estudos observou-se redução do Al com a adição de gesso, atribuindo-se este resultado à liberação de hidroxilas pela presença de moléculas de sulfato, resultando na formação de moléculas de hidróxido de Al, sendo estas formas não tóxicas às plantas (ZANDONÁ et al., 2015).

A acidez potencial do solo diminuiu com aumento das doses de calcário, ajustando-se ao modelo quadrático, sendo este comportamento similar entre as espécies de eucalipto avaliados (Figura 2, C). Resultado este similar ao encontrado em outros estudos, onde a redução dos íons H e Al do solo provavelmente foi em função das hidroxilas formadas pela dissociação do calcário (SORATTO & CRUSCIOL, 2008).

O gesso agrícola não afetou a acidez potencial, sem haver interação entre as espécies avaliadas (Figura 2, D). A redução dos efeitos negativos da acidez do solo pela aplicação do gesso é normalmente mais pronunciada em subsuperfície, onde não há presença de calcário, beneficiando o sistema radicular das plantas (ANIKWE et al., 2016).

Figura 2 – Teor de Al trocável em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor da acidez potencial em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico aluminóico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.  
Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

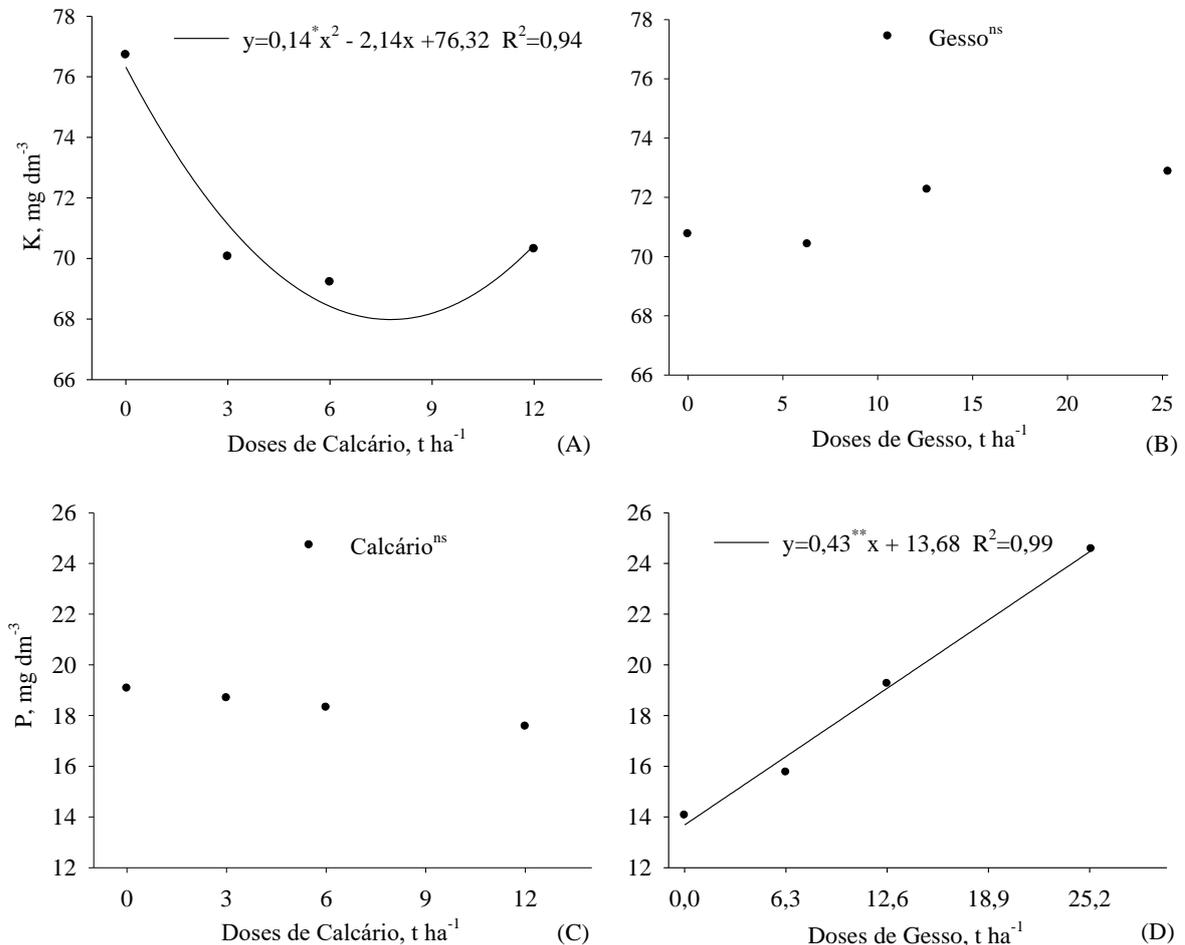
O teor de K variou de forma quadrática no solo com a adição de doses de calcário, sem haver interação entre as espécies avaliadas (Figura 3, A). De maneira geral a adição de qualquer dose de calcário mostrou redução no K extraível em comparação a condição sem aplicação do corretivo, resultado contrário ao encontrado em outros estudos (CAIRES et al., 1998). A diferença pode ser explicada pela alta CTC do solo do atual estudo, que também foi incrementada com a elevação das doses de calcário, promovendo possivelmente maior potencial de retenção de K devido às cargas negativas criadas pela calagem, o que pode ter diminuído a quantidade desse nutriente extraída pelo extrator de Mehlich 1.

A adição de gesso não alterou os teores de K no solo, e não houve comportamento diferenciado entre as espécies (Figura 3, B). Em condições de campo, a adição de elevadas doses de gesso pode acarretar em lixiviação de K no perfil do solo devido ao deslocamento de parte do elemento que estava adsorvido eletrostaticamente (CAIRES et al, 2004). A lixiviação de K tende a ocorrer de forma mais substancial em solos de baixa CTC, sendo dificilmente observado nos solos que predominam no Sul do Brasil, altamente tamponados.

A aplicação das doses de calcário não afetou a disponibilidade de P no solo, sem comportamento diferenciado entre as espécies (Figura 3, C). Por outro lado, em muitas situações, pode haver aumento dos teores disponíveis de P com a elevação do pH do solo, muito em função do aumento da carga elétrica negativa do solo e maior mineralização da M.O (ERNANI, 2016).

A aplicação de gesso aumentou linearmente os teores de P no solo, sem haver interação entre as espécies avaliadas (Figura 3, D). Para cada tonelada de gesso aplicada houve aumento médio de  $0,43 \text{ mg dm}^{-3}$  na concentração de P. O aumento da disponibilidade de P nas amostras de solo que receberam doses crescentes de gesso pode ser atribuído a uma maior adsorção específica do  $\text{SO}_4^{2-}$ , presente no gesso, nos sítios de adsorção de P. Esse efeito, contudo, não era esperado devido a menor capacidade do  $\text{SO}_4^{2-}$  de se ligar por complexos de esfera interna, sendo pouco eficiente em deslocar fosfatos dos sítios de ligação (ERNANI, 2016). O aumento do P no solo com a adição de gesso também foi observado em outros estudos, podendo ocorrer devido a presença de pequeno conteúdo de P no resíduo, já que este é gerado pela indústria química de fertilizantes fosfatados (CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2011).

Figura 3— Teores de K em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e teores de P em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico aluminoso léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

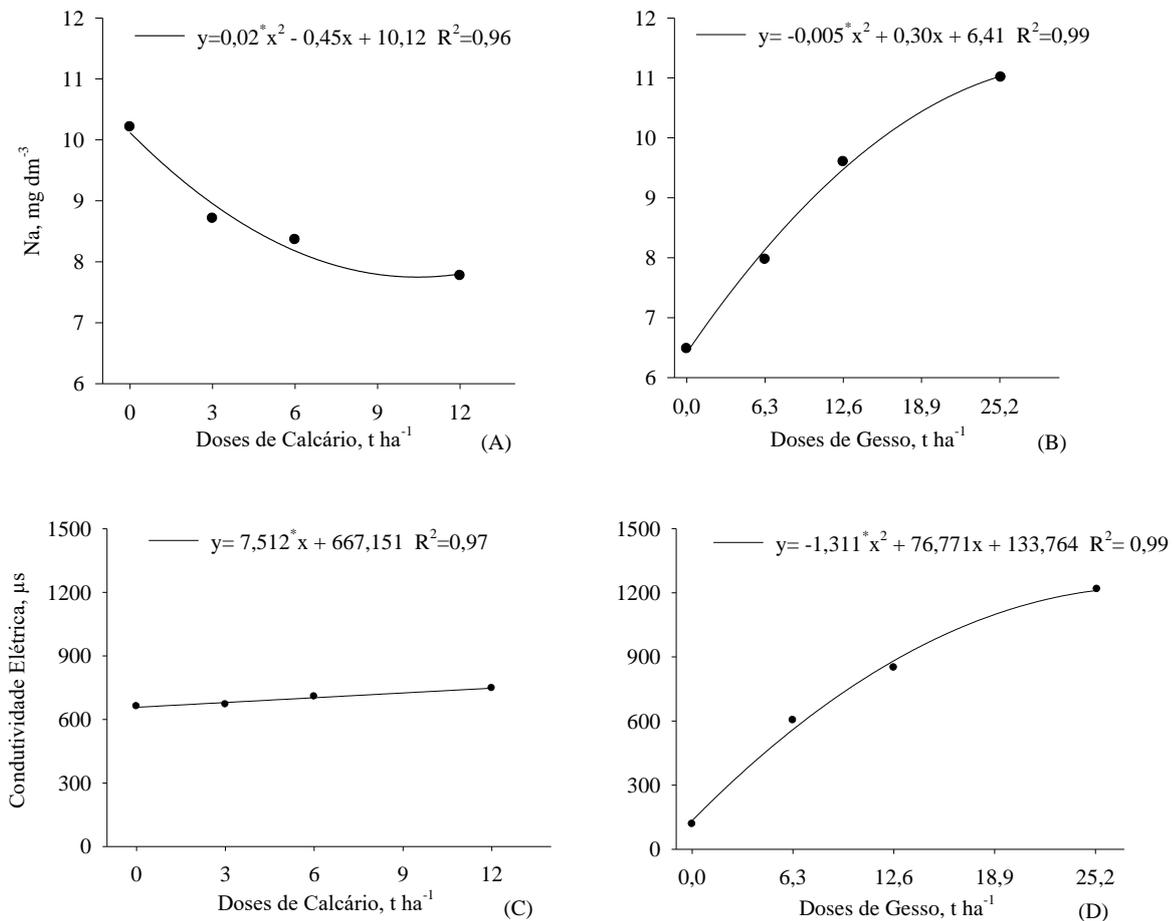
Houve significativa diminuição dos teores de Na com o aumento das doses de calcário, sem haver interação entre as espécies (Figura 4, A).

Com a adição de gesso houve comportamento diferenciado, apresentando um incremento dos teores de Na com o aumento das doses de gesso aplicado, sem comportamento diferenciado entre as espécies (Figura 4, B). O aumento no conteúdo de Na em função da aplicação de gesso pode ser devido a possível presença desse elemento como contaminante na composição do corretivo.

Com a aplicação de doses de calcário houve um incremento linear na CE, sem haver interação entre as espécies avaliadas (Figura 4, C).

Já com a aplicação de doses de gesso agrícola houve aumento quadrático na CE, sem comportamento diferenciado entre as espécies (Figura 4, D). A magnitude dos valores da CE variou entre a aplicação de calcário e gesso. Para cada tonelada de calcário e de gesso aplicadas houve aumento de 7,5 e 76,8  $\mu\text{s cm}^{-1}$ , respectivamente. A maior influência das doses de gesso aplicadas nos valores da CE pode ter influenciado negativamente no desenvolvimento do eucalipto. De acordo com Gonçalves et al, (2000), valores de CE excessivamente elevados podem causar efeito fitotóxicos ao eucalipto. Segundo estes autores, para substratos, valores de CE acima de 1000  $\mu\text{s cm}^{-1}$  podem causar danos as plantas, especialmente no crescimento inicial.

Figura 4 - Teor de Na em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor da CE em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Houve interação significativa entre as doses de calcário e de gesso nos teores de Ca no solo (Figura 5), mas sem interação entre as espécies avaliadas.

Tanto para calcário como para gesso, o aumento nas dosagens aplicadas desses produtos aumentou os teores trocáveis de Ca (Figura 5, A), o que é proveniente da presença deste elemento em ambos materiais utilizados, como o observado em estudo de Simonete et al. (2013), que avaliou o fornecimento de Ca por meio da aplicação de calcário dolomítico e lama de cal em cultivo com eucalipto.

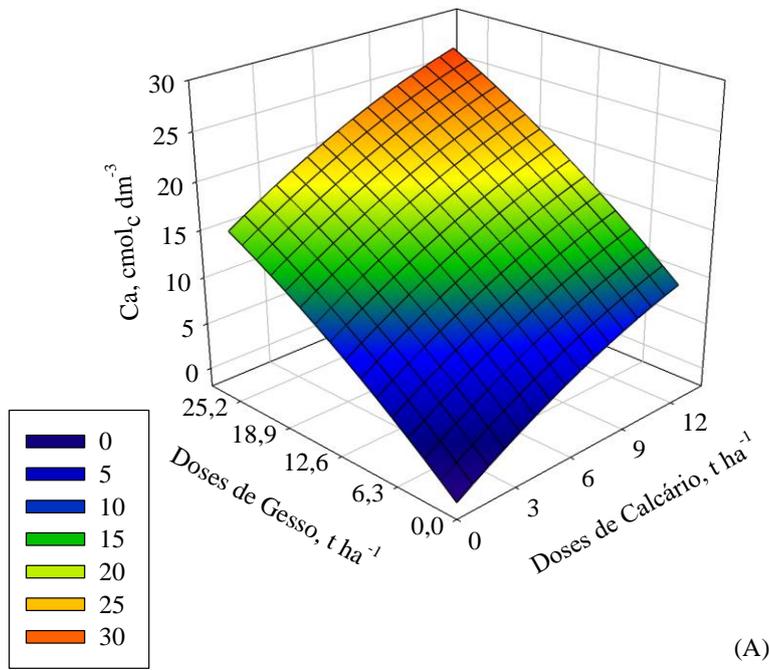
A aplicação conjunta de calcário e gesso tende a resultar em grande elevação dos teores de Ca, em comparação a aplicação isolada de um dos produtos, podendo inclusive, quando mal manejada, causar perdas por lixiviação de outros nutrientes como Mg e K (ZANDONÁ et al., 2015; ANIKWE et al., 2016). Rodrigues et al. (2016) avaliando a resposta à aplicação de Ca, via calcário e gesso agrícola em Três Marias-MG, num povoamento de 18 meses da espécie *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, concluíram que o eucalipto responde positivamente a aplicação de Ca, especialmente em solos que apresentam teores de  $\text{Ca}^{2+}$  trocável próximo de zero ou não detectáveis, como o solo deste estudo.

Houve interação significativa entre as doses de calcário e de gesso nos teores de Mg no solo, sem comportamento diferenciado entre as espécies (Figura 5, B). O efeito comum a ser obtido com a aplicação de calcário dolomítico é a elevação do teor de Mg, em função deste corretivo da acidez possuir quantidades consideráveis de Mg em sua composição (ERNANI, 2016). Fato também observado por Simonete et al, (2013), em estudo avaliando o fornecimento de Ca por meio da aplicação de calcário dolomítico e lama de cal em cultivo com eucalipto.

Entretanto, no estudo em questão a aplicação de calcário resultou na redução da disponibilidade de Mg, possivelmente causada pela adsorção de parte do nutriente nas cargas negativas geradas. A aplicação isolada de gesso não influenciou na disponibilidade de Mg no solo. A aplicação conjunta de calcário e gesso resultou em uma pequena redução no teor de Mg no solo.

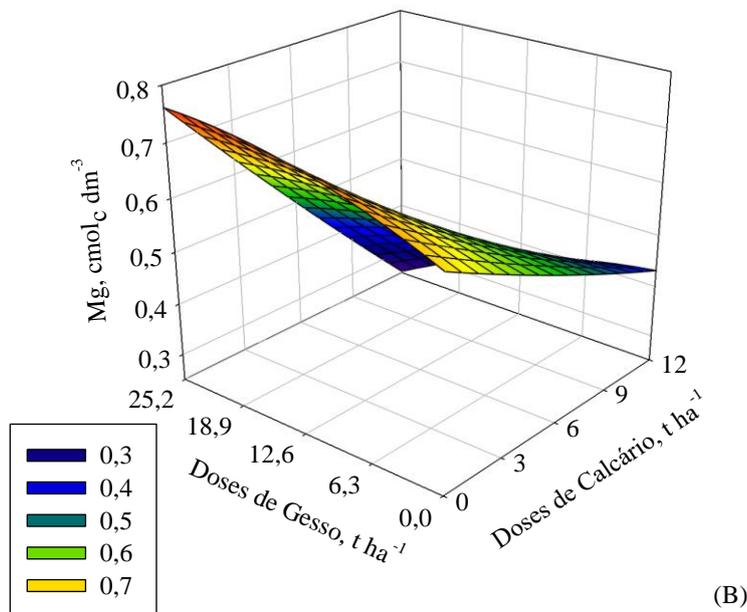
Figura 5 – Teores de Ca trocável em função das doses de calcário e gesso (A) e teor de Mg em função das doses de calcário e gesso (B) em Cambissolo Húmico aluminico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.

$$Z = -0,2813 + 1,3016C + 0,8245G - 0,0312C^2 - 0,0067G^2 + 0,0011C.G \quad R^2 = 0,97$$



(A)

$$Z = 0,6404 - 0,0199^{**}C + 0,0092^{ns}G + 0,00021^{ns}C^2 - 0,00017^{ns}G^2 - 0,00098^{**}C.G \quad R^2 = 0,39$$



(B)

C: Calcário; G: Gesso. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

A saturação por bases apresentou efeito de interação entre as doses de calcário e gesso aplicadas, mas sem interação significativa entre as espécies de eucalipto cultivadas (Figura 6).

As doses de calcário e gesso aumentaram a saturação por bases, em função da elevada concentração de Ca nestes dois produtos (Figura 6, A).

A aplicação de doses de calcário se mostrou com um efeito superior, em que há um aumento da saturação por bases não somente pelo calcário possuir Ca, mas também porque o Al trocável sofre precipitação com a elevação do pH do solo (ERNANI, 2016). O efeito da aplicação de calcário na elevação da saturação por bases é demonstrado em outros estudos (NETO et al., 2000).

Houve interação significativa entre as doses de calcário e gesso aplicadas para a saturação por alumínio, sem haver interação entre as espécies avaliadas (Figura 6).

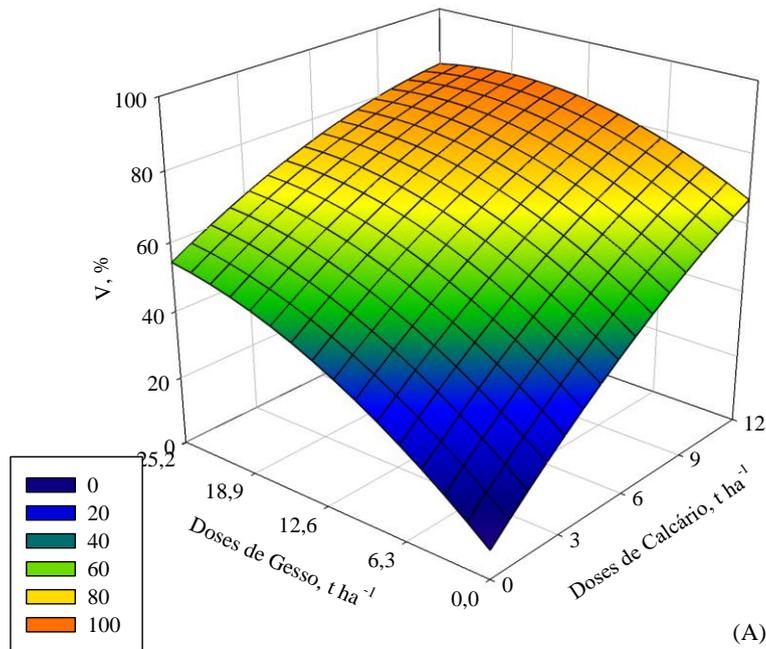
Tanto a aplicação de calcário como de gesso reduziram a saturação por alumínio no solo (Figura 6, B), como também observado em estudos (ZANDONÁ et al., 2015).

A aplicação de doses de calcário, proporciona uma diminuição do teor de Al trocável no solo, este efeito é em função de que com a aplicação do calcário há produção de hidroxilas que se combinam com Al trocável formando precipitado.

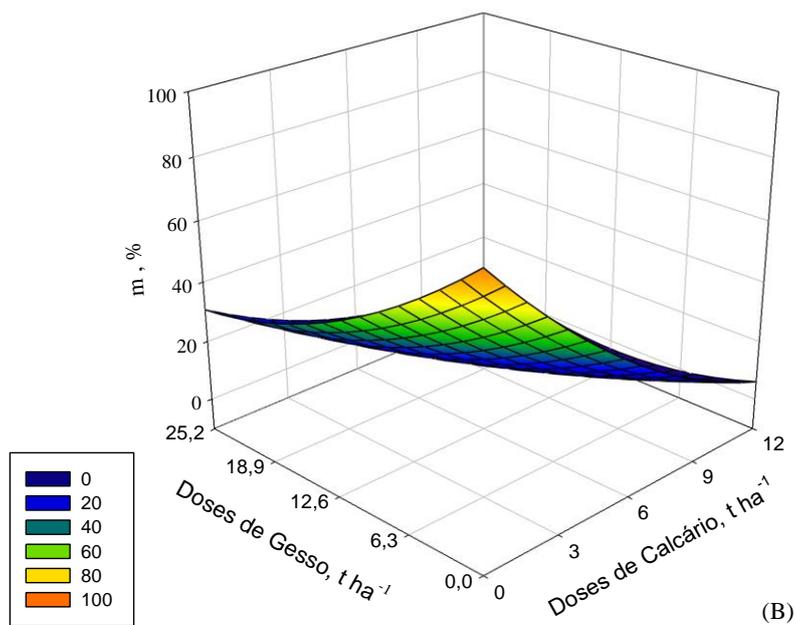
O gesso agrícola, apesar de possuir altos teores de Ca em sua composição, não apresenta os componentes para formação de base química para proporcionar redução da atividade do Al.

Figura 6 - Valores da saturação por bases (V%) em função das doses de calcário e gesso (A) e valores da saturação por alumínio (m %) em função das doses de calcário e gesso (B) em Cambissolo Húmico aluminico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.

$$Z = 8,3758 + 6,5726^{**}C + 3,1568^{**}G - 0,1417^{**}C^2 - 0,0530^{**}G^2 - 0,00098^{**}C.G \quad R^2 = 0,97$$



$$Z = 81,2361 - 9,5783^{**}C - 3,4967^{**}G + 0,2765^{**}C^2 + 0,0594^{**}G^2 + 0,1687^{**}C.G \quad R^2 = 0,97$$



C: Calcário; G: Gesso. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

## 6.2 ATRIBUTOS DA PLANTA

### 6.2.1 Massa Seca

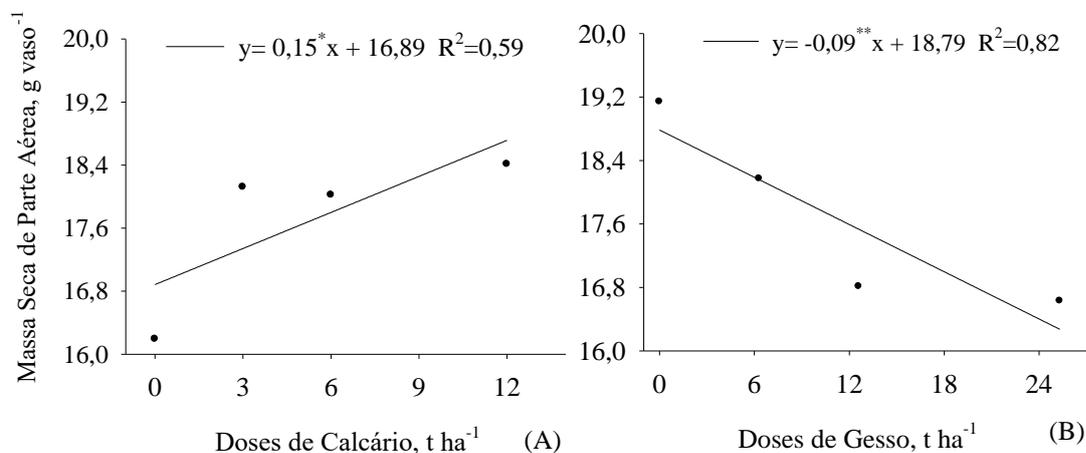
A adição de doses crescentes de calcário resultou em um aumento linear do rendimento de massa seca da parte aérea do eucalipto, sem haver interação entre as espécies avaliadas (Figura 7, A). A aplicação da maior dose de calcário resultou em acréscimo de 12 % na produção de massa seca de parte aérea em comparação ao tratamento que não recebeu aplicação de calcário.

A resposta positiva causada pelo calcário pode ser atribuída aos benefícios causados nos atributos químicos do solo, especialmente a diminuição do Al trocável, o que favorece o crescimento e metabolismo das raízes e consequentemente, das plantas, como também observado por Simonete et al. (2013). No mesmo sentido, o fornecimento de elementos essenciais à planta, como Ca e Mg, e o possível aumento de outros como o P, são de grande importância para o bom desenvolvimento das plantas (ERNANI, 2016).

O aumento da dose de gesso reduziu o rendimento de massa seca, sem comportamento diferenciado entre as espécies (Figura 7, B). Assim sendo, a aplicação da maior dose de gesso resultou em decréscimo de 13 % na produção de massa seca de parte aérea em comparação ao solo que não recebeu aplicação de gesso.

O efeito negativo no rendimento da planta, causado pelo gesso, pode ser atribuído ao aumento significativo da CE do solo, causando inibição de absorção de nutrientes, além do efeito tóxico de certos íons em concentração elevada (GONÇALVES et al., 2000, p 343).

Figura 7- Valores de massa seca de parte aérea em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico aluminico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

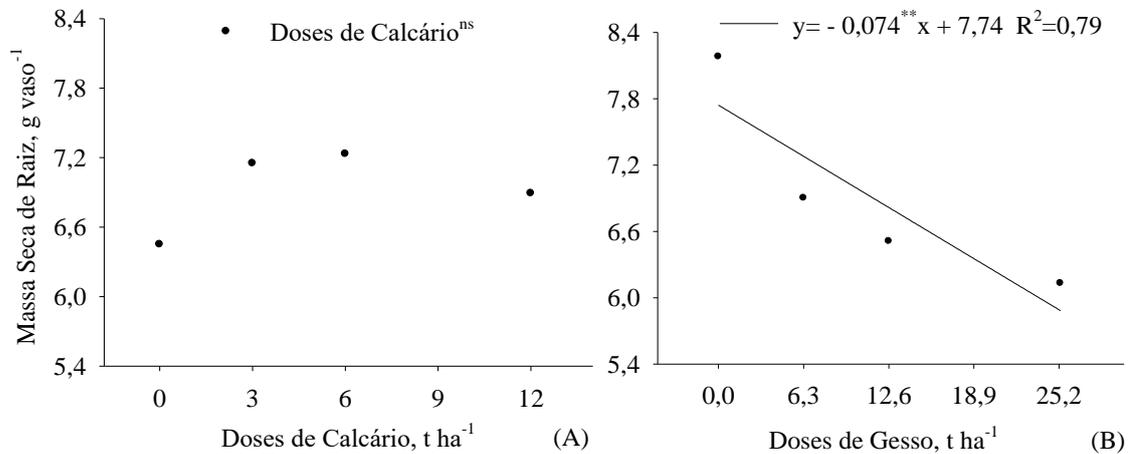
Com a aplicação de doses de calcário não se observou alteração na produção de massa seca de raiz, sem comportamento diferenciado entre as espécies (Figura 8, A).

Em estudo que visou avaliar a resposta no crescimento inicial de eucalipto, por 110 dias, à adubação fosfatada e a eficiência relativa (ER) de fosfatos naturais (FNs), em solos sem e com calagem, foi observado que a calagem não proporcionou alteração na produção de matéria seca no *Eucalyptus benthamii*. Para o *Eucalyptus dunnii*, no entanto, o tratamento sem calagem apresentou incremento na produção de massa seca de raiz em comparação ao tratamento com calagem (DIAS et al, 2015).

A produção de massa seca da raiz reduziu conforme a aplicação de doses de gesso, sem interação entre as espécies (Figura 8, B). A aplicação da maior dose de gesso resultou em decréscimo de 25 % na produção de massa seca da raiz em comparação ao tratamento que não recebeu aplicação de gesso.

Como destacado anteriormente, a elevação da CE do solo, com a aplicação de gesso, pode ter influenciado negativamente a produção de raízes das plantas de eucalipto.

Figura 8 - Valores de massa seca de raiz em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico aluminico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

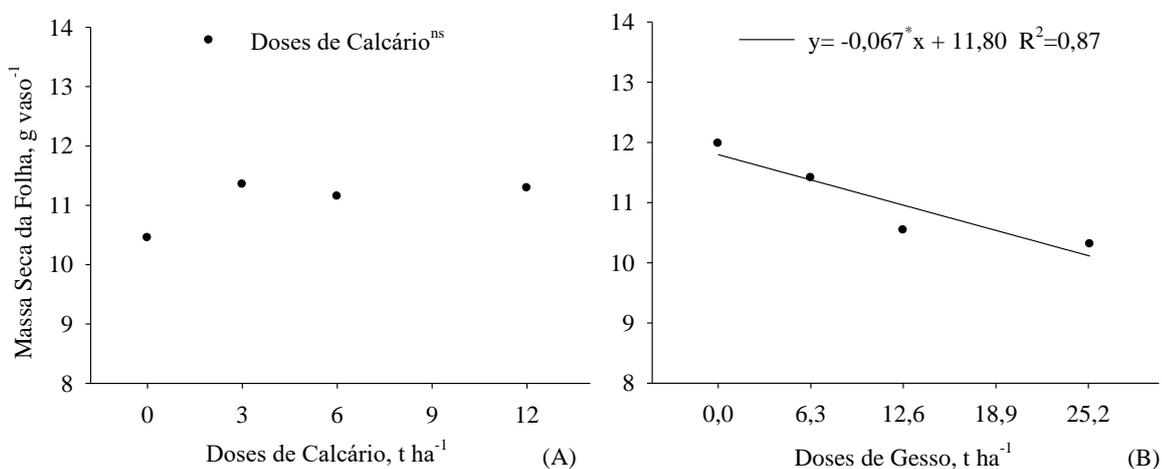
Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

As doses de calcário não influenciaram significativamente a massa seca das folhas, sem haver interação entre as espécies avaliadas (Figura 9, A).

Resultado este que corroborou com o estudo realizado por Dias et al. (2015), que visou avaliar a resposta no crescimento inicial de eucalipto à adubação fosfatada em solos sem e com calagem. Os autores não observaram alteração para a produção de matéria seca nas folhas para a espécie *Eucalyptus benthamii* em função da calagem.

A produção de massa seca das folhas reduziu com a aplicação de doses de gesso, sem comportamento diferenciado entre as espécies. A aplicação da maior dose de gesso resultou em decréscimo de 14 % na produção de massa seca das folhas em comparação ao solo que não recebeu aplicação de gesso (Figura 9, B).

Figura 9 - Valores de massa seca de folha em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico aluminico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



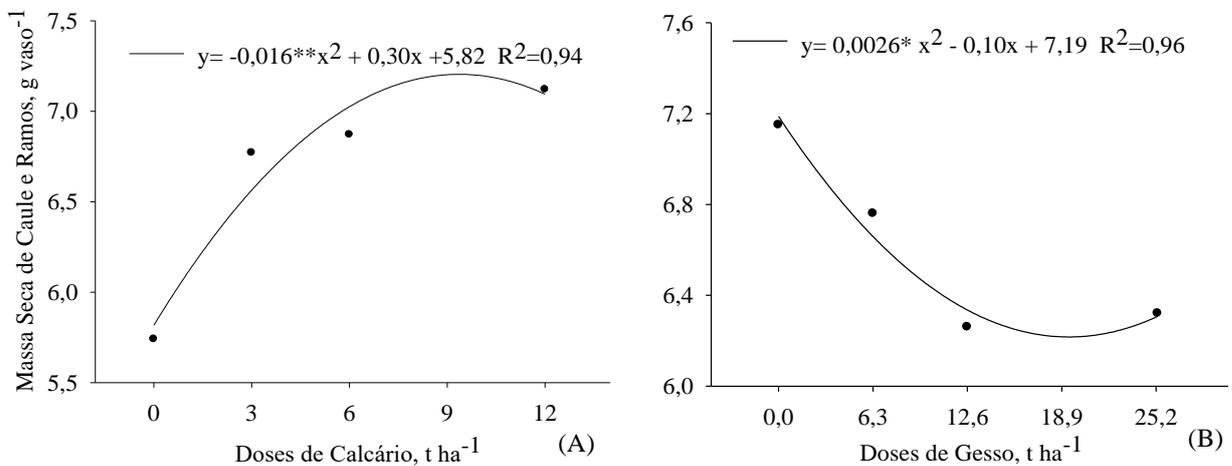
Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Para a produção da massa seca do caule/ramos houve efeito significativo tanto para as doses de calcário como para as doses de gesso, porém com comportamento quadrático contrário (Figura 10). Com a aplicação de doses de calcário houve aumento na produção de matéria seca de caule/ramos, sem comportamento diferenciado entre as espécies. A aplicação da maior dose de calcário resultou em acréscimo de 19 % na produção de massa seca de caule/ramos em comparação ao solo que não recebeu aplicação de calcário (Figura 10, A).

A aplicação de doses de gesso resultou em redução da massa seca de caule/ramos, sem interação entre as espécies. A aplicação da maior dose de gesso resultou em decréscimo de 12 % na produção de massa seca de caule/ramos em comparação ao solo que não recebeu aplicação de gesso (Figura 10, B).

Figura 10 - Valores de massa seca de caule/ramos em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico aluminico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.  
Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

## 6.2.2 Valores acumulados de nutrientes

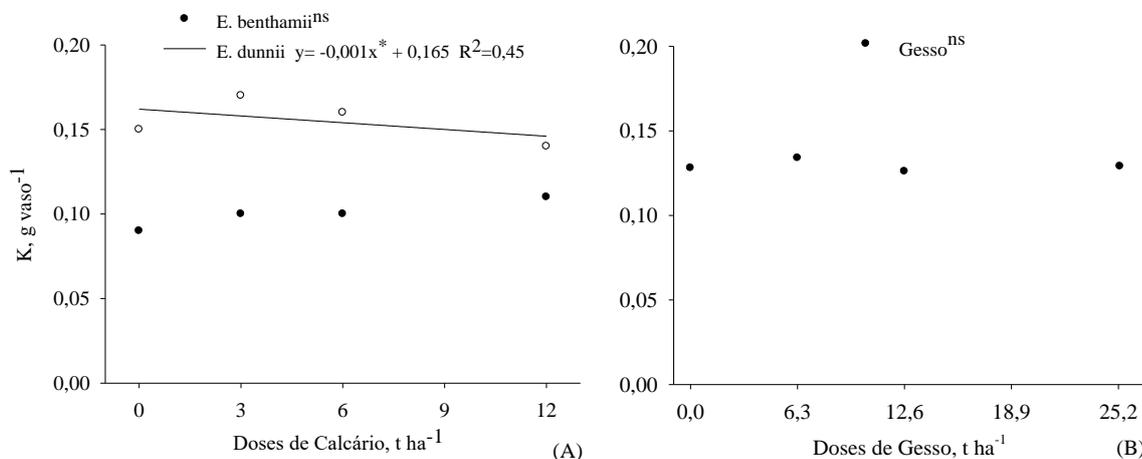
### 6.2.2.1 Valores acumulados de N, P, K, Ca e Mg nas folhas

O valor acumulado de N e P nas folhas não apresentou alterações com a aplicação de doses de calcário, sem interação entre as espécies (dados não apresentados; ver os valores dos teores nos anexos do trabalho). Por outro lado, houve redução linear do valor acumulado de K nas folhas com o aumento da dose de calcário aplicada, para o *Eucalyptus dunnii* (Figura 11, A). Essa redução pode ser atribuída ao aumento na adsorção eletrostática no K devido ao aumento das cargas elétricas negativas provocados pelo calcário (ERNANI, 2016).

Porém, para o *Eucalyptus benthamii* com a aplicação de doses de calcário não houve alteração no valor de K nas folhas. Outros estudos não observaram resposta da aplicação de calcário nos valores foliares de K (ROCHA et al., 2008), corroborando para o resultado encontrado no presente estudo com *Eucalyptus benthamii*.

A adição de doses crescentes de gesso não alterou o valor acumulado de K nas folhas de eucalipto, sem comportamento diferenciado entre as espécies (Figura 11, B).

Figura 11 - Valor acumulado de K nas folhas em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico aluminico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

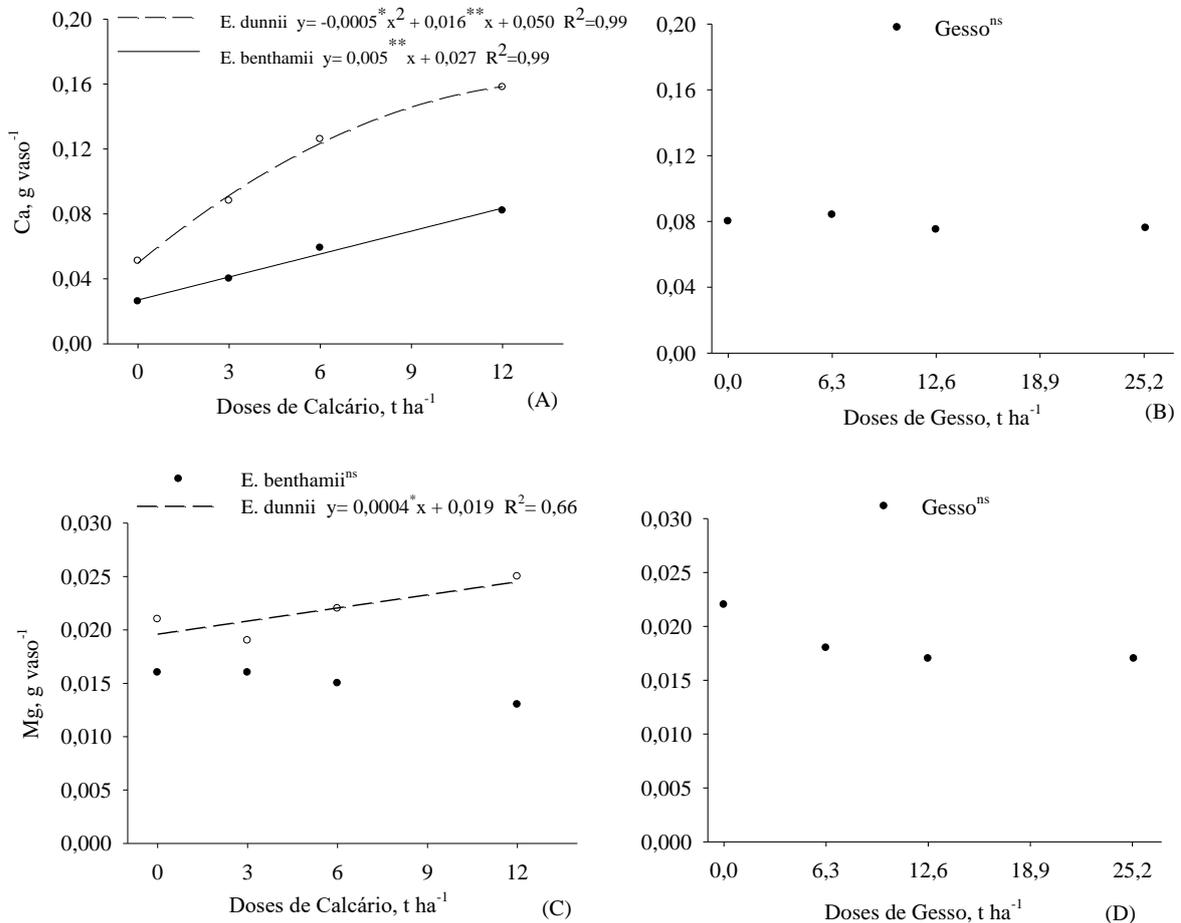
Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Houve aumento seguindo o modelo quadrático nos valores acumulados de Ca nas folhas de *Eucalyptus dunnii*, e aumento linear em *Eucalyptus benthamii* com o aumento da quantidade de calcário aplicada (Figura 12, A). Esse aumento é resultante dos incrementos dos valores de Ca proporcionados pelo calcário aplicado no solo. Resultado contrário a este, foi observado no estudo realizado por Rocha et al, (2008), que visou avaliar o crescimento inicial de eucalipto em função da aplicação de doses de calcário, onde os autores observaram um decréscimo do valor de Ca com a elevação da dose de calcário.

A aplicação de doses de gesso, não alterou o valor acumulado de Ca nas folhas de eucalipto, sem comportamento diferente entre as espécies avaliadas (Figura 12, B). Esse resultado não era esperado, pois as doses de gesso aplicadas forneceram grandes quantidades de Ca e aumentam o seu valor trocável no solo em função das doses crescentes desse corretivo.

Quanto ao valor acumulado de Mg nas folhas não houve resposta linear positiva significativa para o *Eucalyptus dunnii* com o aumento da quantidade de calcário aplicada (Figura 12, C). Esse resultado pode ser atribuído à resposta positiva gerada pelo calcário no crescimento da planta, apesar da redução na disponibilidade deste nutriente no solo. A aplicação de gesso não apresentou efeito sobre o valor acumulado de Mg nas folhas de eucalipto (Figura 12, D).

Figura 12 – Valor acumulado de Ca nas folhas em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor acumulado de Mg nas folhas em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

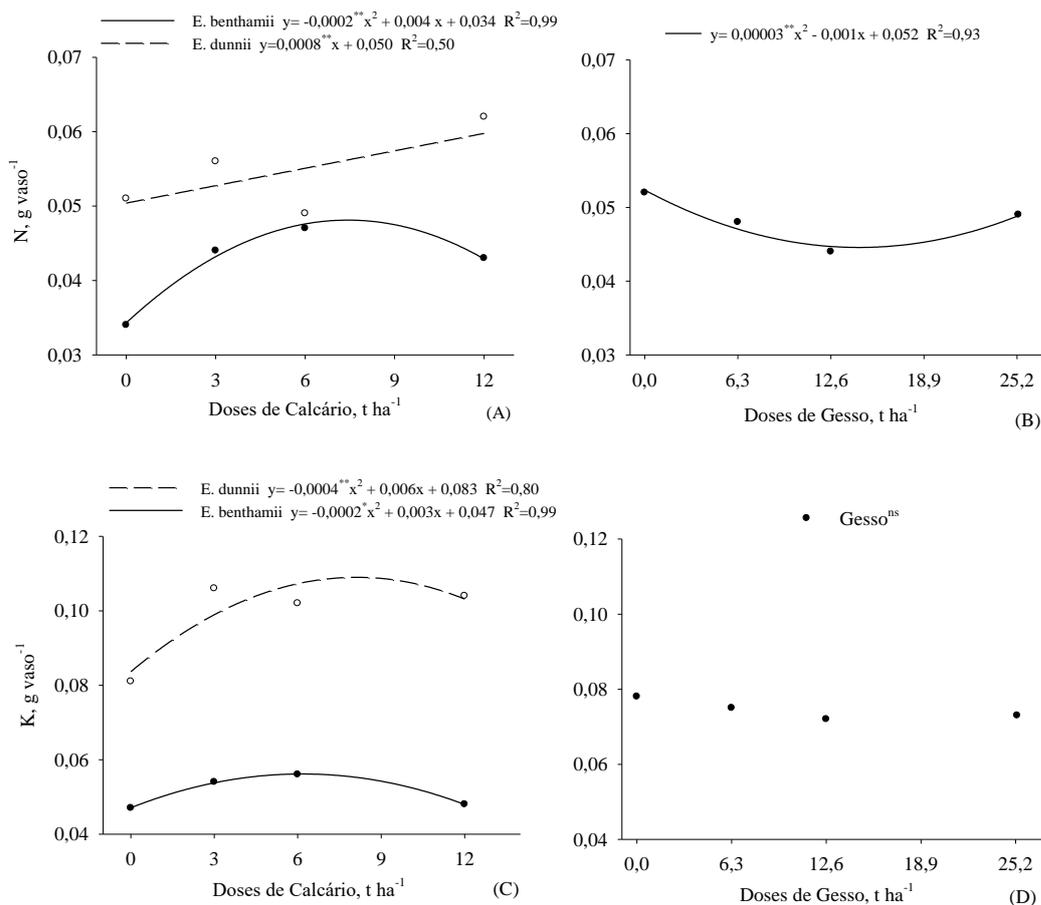
Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

#### 6.2.2.2 Valores acumulados de N, P, K Ca e Mg no caule/ramos

A aplicação de doses de calcário resultou em um aumento seguindo o modelo quadrático no valor acumulado de N no caule/ramos de *Eucalyptus benthamii*, com aumento até a dose de 6 t ha<sup>-1</sup> e posterior redução; para *Eucalyptus dunnii* a aplicação de doses de calcário apresentou um aumento linear no valor acumulado de N no caule/ramos (Figura 13, A). A aplicação de dosagens de gesso resultou em uma redução seguindo o modelo quadrático, até a dose intermediária de 12,6 t ha<sup>-1</sup> e posterior aumento, no valor acumulado de N no caule/ramos das espécies de eucalipto, sem interação entre estas (Figura 13, B).

O valor acumulado de P no caule/ramos de eucalipto não apresentou alteração com a elevação da quantidade de calcário e gesso aplicada, sem interação entre as espécies (dados não apresentados; ver valores do teor de P no caule/ramos nos anexos do trabalho). A aplicação de doses de calcário aumentou, seguindo o modelo quadrático, o valor acumulado de K no caule/ramos de *Eucalyptus dunnii*, sendo que este aumento foi significativamente superior em relação ao *Eucalyptus benthamii*. (Figura 13, C). O valor acumulado de K no caule/ramos de eucalipto não apresentou alteração com a elevação da quantidade de gesso aplicada, sem interação entre as espécies (Figura 13, D).

Figura 13 - Valor acumulado de N no caule/ramos em função das doses de calcário (A) e gesso (B) aplicadas e valor acumulado de K no caule/ramos em função de doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



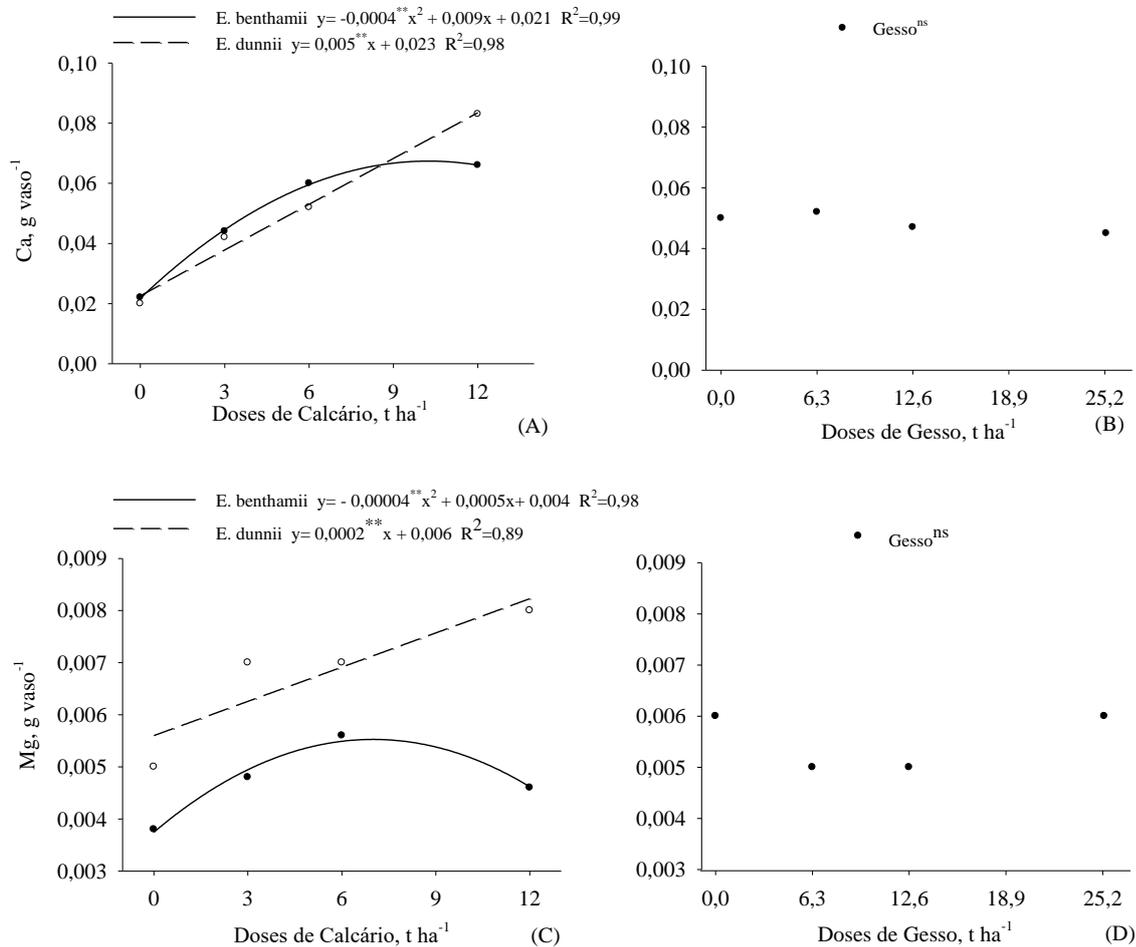
Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

O valor acumulado de Ca no caule/ramos de eucalipto aumentou seguindo o modelo quadrático no caule/ramos de *Eucalyptus benthamii* com a elevação da quantidade de calcário aplicada. Para o *Eucalyptus dunnii* o valor acumulado de Ca aumentou linearmente no caule/ramos com as doses de calcário (Figura 14, A). A aplicação de gesso não apresentou efeito sobre os valores de Ca no caule/ramos, e não houve efeito diferenciado entre as espécies. (Figura 14, B).

A aplicação de doses de calcário resultou em um aumento seguindo o modelo quadrático no valor acumulado de Mg no caule/ramos de *Eucalyptus benthamii*, com aumento até a dose de 6 t ha<sup>-1</sup> e posterior redução. Para *Eucalyptus dunnii* a aplicação de doses de calcário apresentou um aumento linear no valor acumulado de Mg no caule/ramos, sendo este aumento do valor acumulado de Mg superior para esta espécie (Figura 14, C). A aplicação de doses de gesso não apresentou efeito sobre o valor acumulado de Mg no caule/ramos, sem comportamento diferenciado entre as espécies estudadas (Figura 14, D).

Figura 14 - Valor acumulado de Ca no caule/ramos em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor acumulado de Mg no caule/ramos em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

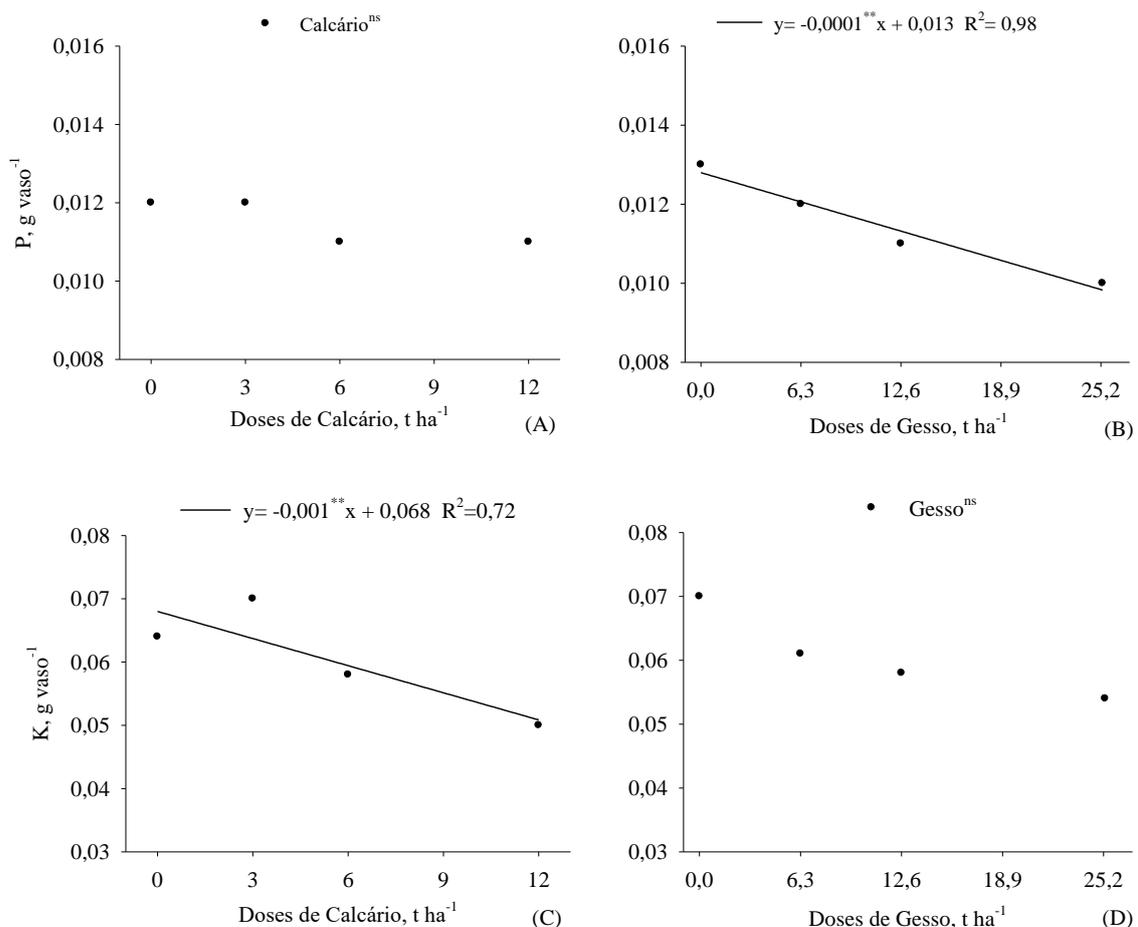
### 6.2.2.3 Valores acumulados de N, P, K, Ca e Mg na raiz

O valor acumulado de N na raiz de eucalipto não apresentou alteração com a elevação da quantidade de calcário e gesso aplicada (dados não apresentados; ver valores do teor de N na raiz nos anexos do trabalho). O valor acumulado de P na raiz de eucalipto não apresentou alteração com a elevação da quantidade de calcário aplicada, sem interação entre as espécies (Figura 15, A). O valor acumulado de P na raiz de eucalipto reduziu de forma linear com a aplicação de doses de gesso, sem comportamento diferenciado entre as espécies estudadas

(Figura 15, B). Essa redução pode ser atribuída ao efeito deletério do gesso sobre a produção de raízes pelas plantas.

A aplicação de doses de calcário reduziu o valor acumulado de K nas raízes das espécies de eucalipto, na ordem de 0,001 % para cada tonelada de calcário aplicada, sem comportamento diferenciado entre as espécies estudadas (Figura 15, C). A redução do valor de K na raiz pode ser influência da redução observada no solo com a aplicação de calcário, a qual pode ter causado a imobilização temporária de K no solo. O valor acumulado de K na raiz de eucalipto não apresentou alteração com a aplicação das doses de gesso, sem interação entre as espécies (Figura 15, D).

Figura 15 - Valor acumulado de P na raiz em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor acumulado de K na raiz em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



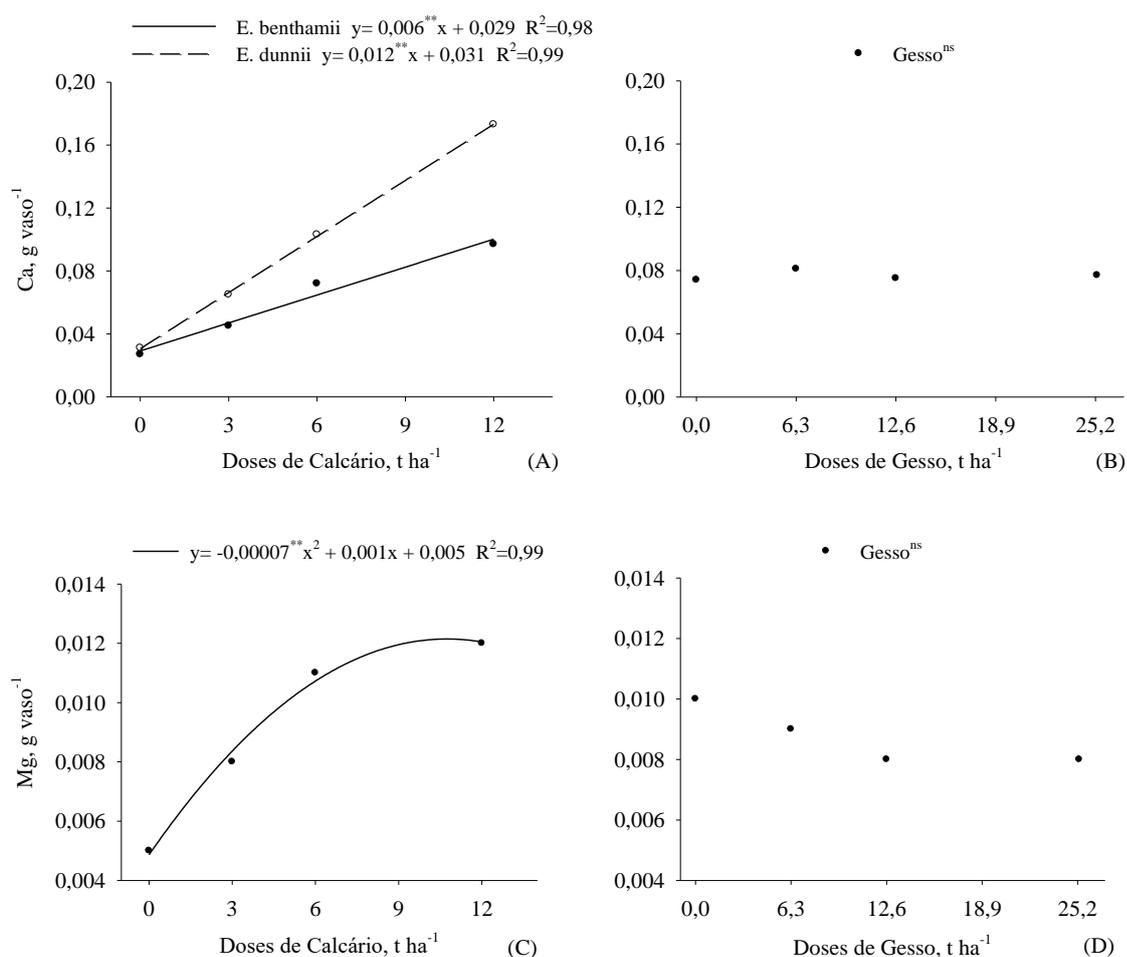
Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

A aplicação de doses de calcário aumentou o valor acumulado de Ca nas raízes de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*. A magnitude desse aumento variou entre as espécies, observando-se quase o dobro de Ca nas raízes de *Eucalyptus dunnii* em relação a *Eucalyptus benthamii* para a maior dose de calcário aplicada (Figura 16, A). Com a aplicação de doses de gesso, o valor de Ca acumulado nas raízes não resultou em alteração significativa (Figura 16, B).

A aplicação de doses de calcário aumentou de maneira quadrática o valor acumulado de Mg nas raízes de eucalipto, sem comportamento diferenciado entre as espécies estudadas (Figura 16, C). A aplicação de gesso não alterou os valores de Mg nas raízes de eucalipto, sem interação entre as espécies (Figura 16, D).

Figura 16 – Valor acumulado de Ca na raiz em função das doses de calcário (A) e gesso (B) e valor acumulado de Mg na raiz em função das doses de calcário (C) e gesso (D) em Cambissolo Húmico aluminoso léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

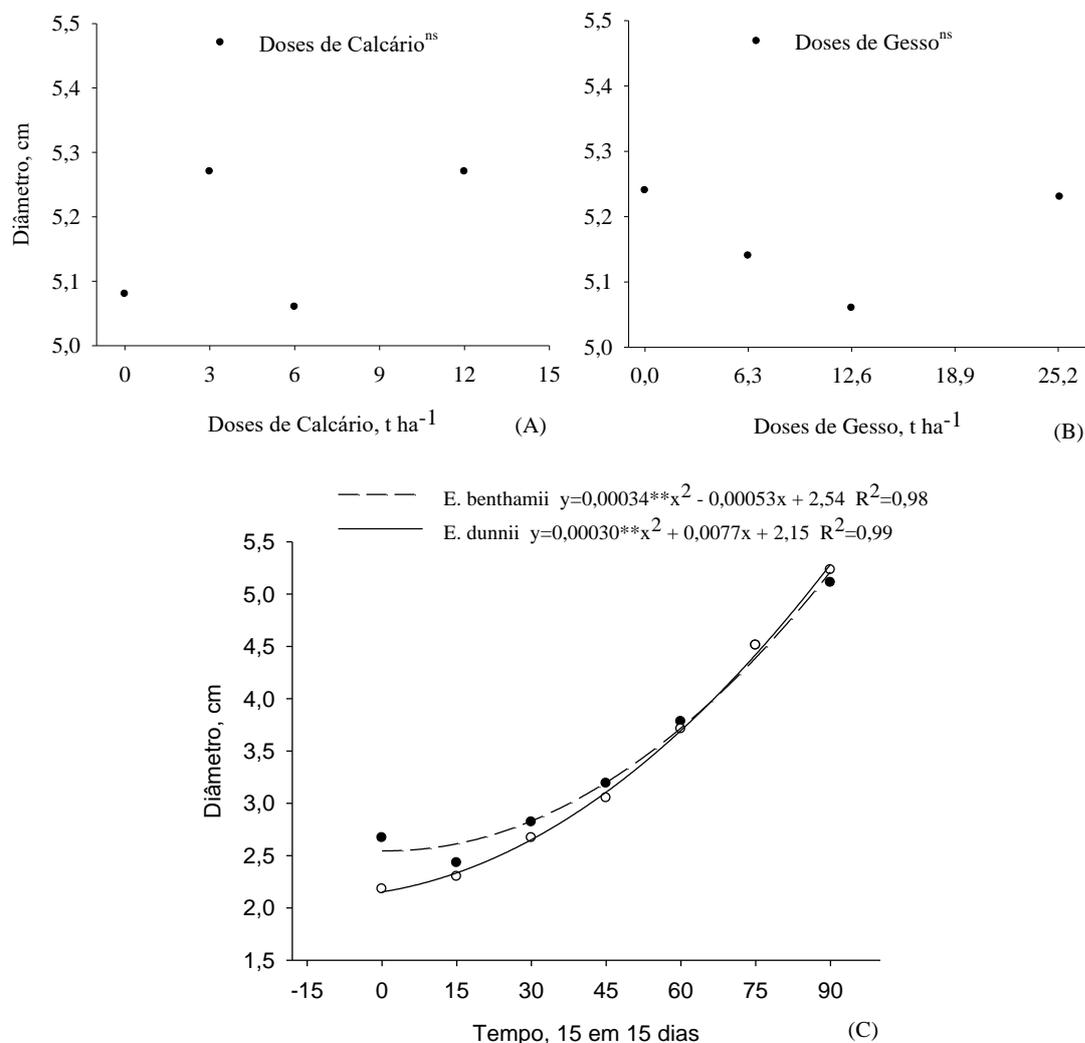
Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

### 6.2.3 Diâmetro, altura e volume das mudas de Eucalipto

As doses de calcário e gesso aplicadas não alteraram o diâmetro de colo das plantas, referente à última leitura realizada (Figura 17, A e B). O diâmetro de colo das plantas de eucalipto aumentou ao longo do tempo, porém com comportamento diferenciado entre os clones (Figura 17, C). Até os 60 dias após o plantio o *Eucalyptus benthamii* apresentou maior crescimento em diâmetro de colo, no período dos 60 dias até os 75 as duas espécies obtiveram crescimento similar, e posterior a isso, no período de 75 dias até aos 90 dias, o *Eucalyptus dunnii* apresentou um crescimento maior em diâmetro de colo.

Avaliando a produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, na região do Cerrado em Minas Gerais, em função da adição de calcário e gesso, Rodrigues et al, (2016) obtiveram resposta positiva da aplicação conjunta de calcário e gesso no diâmetro da planta, porém havendo efeito mais pronunciado do calcário aplicado em comparação ao gesso. No trabalho que avaliou o efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto em Latossolo húmico, na Zona da Mata em Minas Gerais, Rocha et al, (2008) observaram que o diâmetro do caule a 1,2 m de altura do solo (DAP), foi máximo na dose de 37,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário, decrescendo a partir dessa dose. Contudo, os autores observaram que doses superiores à dose de 37,5 t ha<sup>-1</sup> resultaram em um declínio no crescimento das plantas, tanto em altura, quanto em diâmetro.

Figura 17 -Valores de diâmetro de colo em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. Resposta de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em diâmetro de colo ao longo do tempo em função da aplicação de doses de calcário e gesso (C).



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

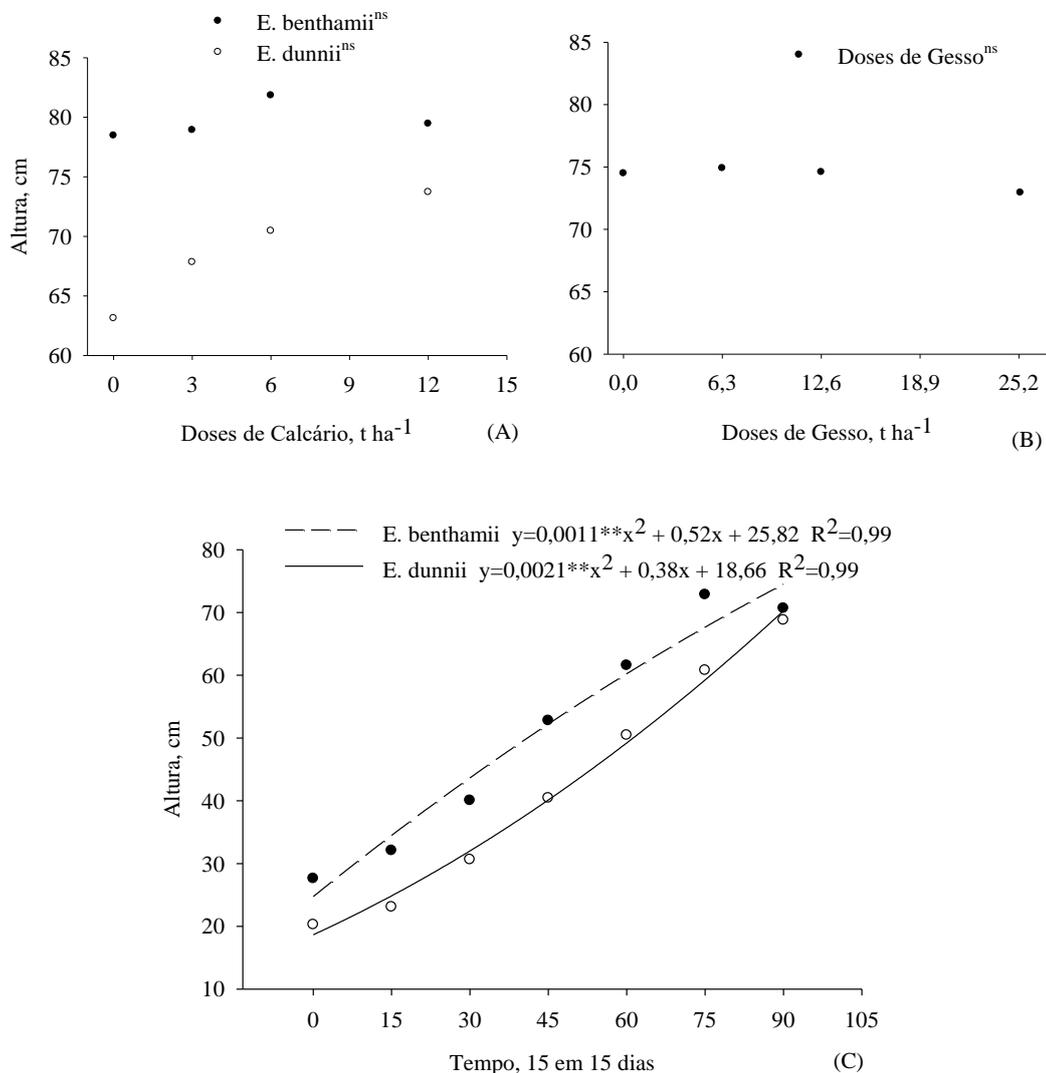
Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

A altura das plantas de eucalipto não sofreu influência das doses aplicadas de calcário (Figura 18, A) e gesso (Figura 18, B) aplicadas. A altura das duas espécies de eucalipto aumentou ao longo do período avaliado, com valores ligeiramente maiores de *Eucalyptus benthamii* em relação a *Eucalyptus dunnii* (Figura 18, C).

No trabalho realizado por Rocha et al, (2008), onde foi avaliado o efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto em Latossolo húmico, na Zona da Mata

em Minas Gerais, obtiveram com base na análise de regressão, que a altura máxima das plantas foi atingida com uma dose de 37,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário, dose esta muito superior à que foi aplicada no estudo em questão. Porém, os autores observaram que dose superior à dose de 37,5 t ha<sup>-1</sup> tiveram um declínio no crescimento das plantas, tanto em altura, quanto em diâmetro.

Figura 18 - Valores de altura em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico aluminóico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos. Resposta de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em altura ao longo do período avaliado em função da aplicação de doses de calcário e gesso (C).

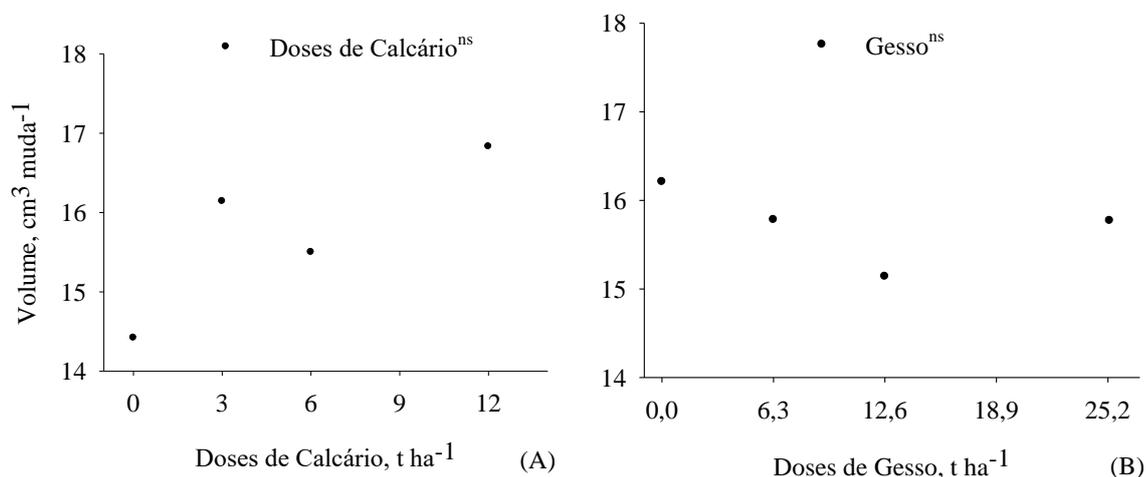


Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. \*\*: significativo a 1% de probabilidade de erro; \*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

O volume cilíndrico calculado das espécies de eucalipto, não variou ao longo do período analisado (Figura 19). As doses de calcário e gesso aplicadas também não apresentaram influência significativa para o volume cilíndrico do eucalipto (Figura 19, A e B). Em estudo realizado por Rodrigues et al, (2016), onde foi avaliado a produtividade de eucalipto, aos 18 meses de idade, em resposta à calcário e gesso agrícola, na região do Cerrado no Estado de Minas Gerais, observaram que a aplicação de calcário mais gesso teve um expressivo aumento do volume de fuste, sendo o ganho apenas com calcário de magnitude inferior.

Figura 19 – Valores de volume cilíndrico em função das doses de calcário (A) e gesso (B) em Cambissolo Húmico alumínico léptico sob cultivo de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* em vasos.



Os pontos representam as médias dos efeitos principais dos dois corretivos. ns: não significativo.  
Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

## 8 CONCLUSÕES

Mudas clonais das espécies de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* cultivadas em vasos respondem positivamente a calagem para elevar o pH em água de um Cambissolo Húmico até 5,5, porém isso não acontece com a aplicação de gesso.

O calcário incorporado ao solo em doses de 3,0 a 12 t ha<sup>-1</sup>, promove aumento no seu pH, no teor de Ca trocável, na saturação por bases, leve aumento da condutividade elétrica e redução substancial da saturação por alumínio.

O gesso incorporado ao solo, em vasos e em doses de 6,3 a 25,3 t ha<sup>-1</sup>, não altera o pH do solo, porém diminui a saturação por alumínio, aumenta levemente os teores disponíveis de Mg e P, e eleva expressivamente a condutividade elétrica, podendo influenciar negativamente o crescimento de eucalipto.

O calcário incorporado ao solo aumenta a acumulação de Ca e Mg e diminui a de K nas folhas e raízes, e aumenta a acumulação de N, K, Ca e Mg no caule/ramos de mudas clonais de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* cultivadas em vasos durante 90 dias, enquanto o gesso incorporado ao solo, em geral, não afeta a acumulação de nutrientes nos tecidos dessas plantas.

## 9 REFERÊNCIAS

ABRAF. **Guia do Eucalipto – Oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. 2008. Online. Disponível em: [http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/Guia\\_do\\_Eucalipto\\_junho\\_2008.pdf](http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf). Acesso em: 20 junho de 2017.

ACR. **Anuário estatístico de base florestal para o estado de santa catarina 2016** – Ano base 2015. [http://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2017/03/ACR\\_Anuario\\_Estatistico-Florestal-ACR-2016.pdf](http://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2017/03/ACR_Anuario_Estatistico-Florestal-ACR-2016.pdf). Acesso em: 20 junho de 2017.

ALMEIDA, J. A.; ERNANI, P. R.; MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.29, p.651-656, 1999.

AMARAL, Antonio Sergio; ANGHINONI, Ibanor; HINRICHES, Ruth; BERTOL, Ildgardis. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 359-367, 2004.

ANDRADE, Guilherme Castro; SILVA, Helton Damin; BELLOTE, Antônio Francisco Jurado; FERREIRA, Carlos Alberto. Efeitos da Adubação Fosfatada e da Aplicação de Resíduo de Celulose no Crescimento de *Eucalyptus dunnii*. Bol. **Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 47, p. 43-54, jul/dez. 2003.

ARAÚJO, L. G; FIGUEIREDO, C. C; SOUSA, D. M. G; NUNES, R. S; REIN, T.A. Influence of gypsum application on sugarcane yield and soil chemical properties in the brazilian Cerrado. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, p. 1557-1563, 2016.

ARAÚJO, L. G.; FIGUEIREDO, C. C.; SOUSA, D. M. G. Gypsum application increases the carbono stock in soil under sugar cane in the Cerrado region of Brazil. **Soil Research**, v. 55, p 38-48, 2017.

BARROS, Nairam Félix; NOVAIS, Roberto Ferreira. Eucalipto. In: RIBEIRO, Antônio Carlos; GUIMARÃES, Paulo Tácito G; ALVAREZ, Victor Hugo V. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p.303-305.

BASSO, C. J. et al. Intervenção mecânica e gesso agrícola para mitigar o gradiente vertical de cátions sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 456-463, 2015.

BRAGA, F.A.; VALE, F.R.; MUNIZ, J.A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral do eucalipto, em função de doses de gesso e níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.69-77, 1995.

BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D. **Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus spp.*** In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p. 105-133.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; MASCHIETTO, E. H. G.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; JORIS, H. A. W. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 2, p. 209-216, 2011.

CAIRES, Eduardo Fávero; KUSMAN, Marcelo Trzeciak; BARTH, Gabriel; GARBUIO, Fernando José; PADILHA, Juliana Muzzolon. Alterações químicas do solo e resposta do Milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:125-136, 2004.

CAMARGO, M. L. P; MORAES, C. B; MORI, E.S; GUERRINI, I. A; MELLO, J. M; ODA, S. Considerações sobre eficiência nutricional em *Eucalyptus*. **Científica**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.191-196, 2004.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, SBCS/NRS, 2004.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre, SBCS/NRS, 2016. 376 p.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do Eucalipto: Oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. 2008. 20p.

DIAS, L. P. D; GATIBONI, L. C; ERNANI, P.R; MIQUELLUTI, D. J; CHAVES, D. M; BRUNETTO, G. Substituição parcial de fosfato solúvel por natural na implantação de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:516-523, 2014.

DIAS, L. P. D; GATIBONI, L. C; BRUNETTO, G; SIMONETE, M. A; BICARATTO, B. Eficiência relativa de fosfatos naturais na adubação de plantio de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em solo sem e com calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 37-48, jan - mar. 2015.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Ed. 3. Brasília: Embrapa Solos, 2013.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. **Solos do Estado de santa Catarina**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 46. Embrapa Solos, 2004.

ERNANI, Paulo Roberto. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages, 2008, p. 154 – 187.

ERNANI, Paulo Roberto. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages, 2016, p. 118 – 209.

ERNANI, Paulo Roberto; RIBEIRO, Michele Schumann; BAYER, Cimélio. Modificações Químicas em Solos Ácidos ocasionadas pelo Método de Aplicação de Corretivos da Acidez e de Gesso Agrícola. **Scientia Agricola**, v.58, n.4, p.825-831, out. /dez. 2001.

FAGERIA, N.K; MOREIRA, A; MORAES, L. A. C; MORAES, M. F. 2014. Influence of lime and gypsum on yield and yield components of soybean and changes in soil chemical properties. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 45, p. 271-283, 2014.

FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T. DOS; FERREIRA, C. A. Eucaliptos Indicados para Plantio no Estado do Paraná. **Embrapa Florestas**, 5 - 45p, 2006.

FONTOURA, S. M. V. Calcário e Gesso: efeito na produtividade de culturas e na melhoria química do solo em plantio direto no Centro-Sul do Paraná. **Boletim técnico – Fundação de Pesquisa Agropecuária**. Guarapuava, PR. 2012, p. 62.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTERELLI, E. G.; NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In:

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, p. 309 - 350.

GUIMARÃES, C. C, FLORIANO, E. P, VIEIRA, F. C. B. Limitações químicas ao crescimento inicial de *Eucalyptus saligna* em solos arenosos do Pampa Gaúcho: estudo de caso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.7, p.1183-1190, jul, 2015.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Anuário Estatístico da IBÁ, 2015, ano base 2014**. 28p. Disponível em: [http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-iba\\_2015.pdf](http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-iba_2015.pdf). Acesso em 20 junho de 2017.

INAGAKI, T.M; SÁ, J. C. M; CAIRES, E. F; GONÇALVES, D. R.P. Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 231, p. 156-165, 2016.

LIMA, W. P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2. ed., p.157, 1993.

MAEDA, S; BOGNOLA, I. A. Efeito da calagem, do fosfato natural de Gafsa e superfosfato triplo no crescimento inicial e absorção de fósforo em *Eucalyptus dunnii*. **Pesquisa florestal, Brasileira**, Colombo, v.31, n68, p. 355 – 361, out./dez. 2011.

MARTINS, L. G. C.; BARROS, N. F.; SCATOLINI, F. M. Perda de produtividade de florestas de eucalipto em Minas Gerais causada pela deficiência de cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31 - Conquistas e Desafios da Ciência do Solo Brasileira, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007. v. 1. p. 168.

MORA, A. L & GARCIA, C. H. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. Eucalypt Cultivation in Brazil. São Paulo – SP, p. 73 – 76, 2000.

MURPHY, J. RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v 27, p. 31-36, Oxford, 1962.

NETO, A. E. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA, 2001. 261p.

NETO, P. H. W.; CAIRES, E. F.; JUSTINO, A.; DIAS, J. Correção da acidez do solo em função de Modos de incorporação de calcário. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, 2000.

NEVES, J.C.L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp. tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo.** 1982. 88p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1 - Avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 113–124, 1999.

PÁDUA, T. R. P.; SILVA, C. A.; MELO, L. C. A. Calagem em Latossolo sob influência de coberturas vegetais: neutralização da acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:869-878, 2006.

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

ROCHA, Julenice Bonifácio de Oliveira; POZZA, Adélia Aziz Alexandre; CARVALHO, Janice Guedes; SILVA, Carlos Alberto; CURI, Nilton. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 255-263, dez. 2008.

RODRIGUES, F.A.V; ALVAREZ, V. H; BARROS, N, F; SILVA, I. R; NEVES, J, C.L. Produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, na região do Cerrado, em resposta à aplicação de cálcio, via calcário e gesso agrícola. **Scientia Forestalis**, volume 44, n. 109, p.67-74, março de 2016.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G. & COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. spe, p. :2723-2733, 2008.

SIMONETE, M. A.; CHAVES, D. M.; TEIXEIRA, C. F. A.; MORO, L.; NEVES, C. U. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1343-1351, 2013.

SORATTO, Rogério Peres; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

SOUSA, D. M. G. et al. Manejo do Fósforo na Região do Cerrado. In: RILNER, A. F. et al. **Práticas de Manejo do Solo para Adequada Nutrição de Plantas no Cerrado.** Goiânia: UFG, 2016. p. 291-357.

SOUSA, Djalma M. Gomes; VILELA, Lourival; LOBATO, Edson; SOARES Wilson Vieira. Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado. **Circular técnica**, n. 12, p. 1-22, Embrapa Cerrados, Planaltina, 2001.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes; MIRANDA, Leo Nobre; OLIVEIRA, Sebastião Alberto. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. et al. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa 2007, pg. 206-274.

TEDESCO, Marino José; GIANELLO, Clesio; BISSANI, Carlos Alberto; BOHNEN, Humberto; VOLKWEISS, Sérgio Jorge. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VÁZQUEZ, Maria Dolores; POSCHENRIEDER, Charlotte; CORRALES, Isabel; BARCELÓ, Juan. Change in apoplastic Al during the initial growth response to Al by roots of a resistant maize variety. **Plant Physiology**, v.119, p.435-444, 1999.

VITTI, G. C; LIMA, E; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299 – 326.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R. et al. **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto**. Botucatu: FEPAF. p. 19, 2008.

ZAMBROSI, F. C. B. et al. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 37, p. 110-117, 2007.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.

## 10 ANEXOS

Tabela 2 – Atributos químicos do solo em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, cultivado em vasos com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Continua).

Doses de Gesso (t/ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
pH em água					
0	4,1 Da	4,5 Ca	4,7 Ba	5,3 Aa	4,7 a
6,316	4,0 Db	4,2 Cb	4,5 Bb	5,2 Aa	4,5 b
12,632	4,0 Db	4,2 Cb	4,5 Bb	5,2 Aa	4,5 b
25,264	4,0 Db	4,3 Cb	4,5 Bb	5,2 Aa	4,5 b
Média Calcário	4,0 D	4,3 C	4,6 B	5,2 A	
pH CaCl <sub>2</sub>					
0	3,6 Db	4,0 Ca	4,3 Ba	4,9 Aa	4,2 a
6,316	3,7 Db	4,0 Ca	4,3 Ba	4,9 Aa	4,2 a
12,632	3,7 Cab	4,0 Bca	4,3 Ba	4,7 Aa	4,2 a
25,264	3,7 Dab	4,1 Ca	4,3 Ba	4,9 Aa	4,2 a
Média Calcário	3,7 D	4,0 C	4,3 B	4,9 A	
Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) - <i>Eucalyptus benthamii</i>					
0	7,8 Aa	4,9 Ba	2,9 Ca	0,4 Da	4,0 a
6,316	7,5 Aa	5,0 Ba	2,8 Ca	0,4 Da	3,9 b
12,632	7,4 Aa	4,6 Ba	3,0 Ca	0,4 Da	3,9 b
25,264	7,3 Aa	4,8 Ba	3,0 Ca	0,4 Da	3,9 b
Média Calcário	7,5 A	4,8 B	2,9 C	0,4 D	
Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) - <i>Eucalyptus dunnii</i>					
0	7,8 Aa	4,9 Ba	2,9 Ca	0,4 Da	4,0 a
6,316	7,7 Aa	5,1 Ba	2,7 Ca	0,3 Da	3,9 a
12,632	7,9 Aa	5,2 Ba	2,9 Ca	0,4 Da	4,1 a
25,264	7,9 Aa	4,9 Ba	2,9 Ca	0,7 Da	4,1 a
Média Calcário	7,8 A	5,0 B	2,8 C	0,4 D	
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					
0	14,6 Aa	11,6 Ba	9,2 Ba	5,3 Ca	10,16a
6,316	14,7 Aa	11,4 Ba	8,3 Ca	5,0 Da	9,84a
12,632	14,5 Aa	11,6 Ba	8,9 Ca	5,2 Da	10,01a
25,264	14,8 Aa	11,0 Ba	8,4 Ca	5,3 Da	9,79a
Média Calcário	14,7 A	11,4 B	8,7 C	5,1 D	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 2 – Atributos químicos do solo em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, cultivado em vasos com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Continua).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )					
0	77,2 Aa	69,2 Aa	66,8 Aa	69,9 Aa	70,7 a
6,316	76,1 Aa	72,5 Aa	65,7 Aa	67,3 Aa	70,4 a
12,632	76,2 Aa	68,1 Aa	73,4 Aa	71,2 Aa	72,2 a
25,264	77,4 Aa	70,4 Aa	70,9 Aa	72,8 Aa	72,9 a
Média Calcário	76,7 A	70,0 AB	69,2 B	70,3 AB	
Sódio (mg dm <sup>-3</sup> )					
0	7,5 Ab	6,1 Ab	6,5 Ab	5,7 Ab	6,5 d
6,316	9,5 Aab	8,2 Aab	7,1 Ab	7,1 Ab	7,9 c
12,632	11,4 Aa	9,6 ABa	9,4 ABa	7,9 Aab	9,6 b
25,264	12,3 Aa	10,9 Aa	10,4 Aa	10,3 Aa	11,0 a
Média Calcário	10,2 A	8,7 AB	8,3 AB	7,8 B	
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					
0	0,22Dd	3,2Cd	5,9Bd	10,6Ac	4,9d
6,316	4,6Dc	8,0Cc	11,3Bc	17,1Ab	10,3c
12,632	9,5Db	12,0Cb	15,7Bb	19,9Ab	14,3b
25,264	15,3Ca	20,5Ba	24,3Aa	27,0Aa	21,8a
Média Calcário	7,5D	10,9C	14,3B	18,7A	
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					
0	0,5 Ab	0,6 Aa	0,6 Aa	0,5 Aa	0,5 a
6,316	0,7 Aab	0,6 Aa	0,4 Bab	0,3 Ba	0,5 a
12,632	0,8 Aa	0,8 ABa	0,4 Cb	0,3 BCa	0,6 a
25,264	0,7 Aab	0,5 ABa	0,5 Bab	0,3 Ba	0,5 a
Média Calcário	0,7 A	0,6 A	0,5 B	0,4 C	
V (%)					
0	6,1 Dd	25,9 Cd	42,3 Bd	68,3 Ac	35,6 d
6,316	28,4 Dc	43,8 Cc	58,9 Bc	77,9 Ab	52,2 c
12,632	42,3 Db	53,1 Cb	64,8 Bb	79,9 Ab	60,0 b
25,264	52,2 Da	65,9 Ca	74,8 Ba	84,7 Aa	69,4 a
Média Calcário	32,2 D	47,2 C	60,2 B	77,7 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( p < 0,05).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 2 – Atributos químicos do solo em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, cultivado em vasos com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Conclusão).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
m (%)					
0	89,5 Aa	55,1 Ba	30,5 Ca	3,3 Da	44,6 a
6,316	56,7 Ab	36,3 Bb	18,7 Cb	2,01Dab	28,4 b
12,632	42,2 Ac	27,4 Bc	15,2 Cc	2,0 Db	21,7 c
25,264	31,9 Ad	18,8 Bd	10,5 Cd	2,0 Db	15,8 d
Média Calcário	55,0 A	34,4 B	18,7 C	2,3 D	
Condutividade Elétrica ( $\mu \text{ s}^{-1}$ )					
0	87,4 Bd	107,1 Bd	116,0 Bd	160,2 Ad	117,6 d
6,316	523,2 Cc	567,9 BCc	634,2 ABc	687,4 Ac	603,2 c
12,632	809,4 Bb	836,5 ABb	848,7 ABb	902,4 Ab	849,2 b
25,264	1225,2 Aa	1170,3 Aa	1231,8 Aa	1237,3 Aa	1216,2 a
Média Calcário	661,3 C	670,5 BC	707,7 B	746,9 A	
Fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ )					
0	14,2Ac	13,5Ac	14,2Ac	14,4Ab	14,1c
6,316	16,2Ac	16,1Ac	15,8Ac	14,9Ab	15,8c
12,632	20,3Ab	18,8Ab	19,5Ab	18,5Aba	19,3b
25,264	26,4Aa	24,6Aa	24,9Aa	22,4Aa	24,6a
Média Calcário	19,3A	18,3A	18,6A	17,5A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 3 – Massa Seca em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Continua).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
MSPA ( $\text{g vaso}^{-1}$ )					
0	19,0 Aa	19,3 Aa	19,0 Aa	19,3 Aa	19,1 a
6,3	16,1 Aa	19,1 Aa	18,4 Aa	19,1 Aa	18,2 ab
12,6	14,4 Ba	17,3 ABa	18,4 Aa	17,1 ABa	16,8 b
25,3	15,4 Aa	16,7 Aa	16,4 Aa	18,0 Aa	16,6 b
Média Calcário	16,2 A	18,0 A	18,0 A	18,4 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 3 – Massa Seca em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Conclusão).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
MSR (g vaso <sup>-1</sup> )					
0	9,5 Aa	7,6 Aa	8,2 Aa	7,4 Aa	8,2 a
6,3	5,9 Aab	7,2 Aa	7,5 Aa	6,9 Aa	6,9 a
12,6	5,3 Ab	7,5 Aa	7,2 Aa	6,1 Aa	6,5 a
25,3	5,0 Ab	6,2 Aa	6,1 Aa	7,2 Aa	6,1 a
Média Calcário	6,4 A	7,1 A	7,2 A	6,9 A	
MSF (g vaso <sup>-1</sup> )					
0	12,5 Aa	12,3 Aa	11,5 Aa	11,6 Aa	12,0 a
6,3	10,4 Aa	11,8 Aa	11,4 Aa	12,0 Aa	11,4 ab
12,6	9,4 Aa	10,7 Aa	11,4 Aa	10,7 Aa	10,5 b
25,3	9,5 Aa	10,2 Aa	10,2 Aa	10,9 Aa	10,3 b
Média Calcário	10,4 A	11,3 A	11,2 A	11,3 A	
MSCR (g vaso <sup>-1</sup> )					
0	6,5 Aa	7,0 Aa	7,4 Aa	7,7 Aa	7,2 a
6,3	5,7 Ba	7,3 Aa	6,9 Aa	7,2 Aab	6,8 a
12,6	5,0 Ba	6,6 Aa	7,0 Aa	6,4 Ab	6,3 a
25,3	5,8 Aa	6,2 Aa	6,2 Aa	7,2 Aab	6,3 a
Média Calcário	5,7 B	6,8 A	6,9 A	7,1 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( p < 0,05).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 4 - Teores de nutrientes nas folhas em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Continua).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Nitrogênio (%)					
0	2,4 Ab	2,2 Aa	2,6 Aa	2,7 Aa	2,4 a
6,316	2,8 Aa	2,4 Aa	2,4 Aa	2,6 Aa	2,5 a
12,632	2,6 Aab	2,1 Aa	2,6 Aa	2,7 Aa	2,5 a
25,264	2,6 Aab	2,8 Aa	2,6 Aa	2,4 Aa	2,6 a
Média Calcário	2,6 A	2,4 A	2,6 A	2,6 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( p < 0,05).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 4 - Teores de nutrientes nas folhas em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Continua).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Fósforo (%)					
0	0,11 Aa	0,13 Aa	0,14 Aa	0,14 Aa	0,13 a
6,316	0,13 Aa	0,13 Aa	0,13 Aa	0,13 Aa	0,13 a
12,632	0,15 Aa	0,13 Aa	0,15 Aa	0,15 Aa	0,14 a
25,264	0,13 Aa	0,17 Aa	0,13 Aa	0,15 Aa	0,15 a
Média Calcário	0,13 A	0,15 A	0,14 A	0,14 A	
Potássio (%) - <i>Eucalyptus benthamii</i>					
0	1,0 Aa	1,1 Ab	1,2 Aa	1,1 Aa	1,1 a
6,316	1,2 Aa	1,2 Aab	1,1 Aa	1,2 Aa	1,2 a
12,632	1,2 Aa	1,2 Aab	1,1 Aa	1,3 Aa	1,2 a
25,264	1,1 Aa	1,2 Aa	1,1 Aa	1,2 Aa	1,2 a
Média Calcário	1,1 A	1,2 A	1,1 A	1,2 A	
Potássio (%) - <i>Eucalyptus dunnii</i>					
0	1,1 Ab	1,0 Ab	1,1 Aa	1,0 Aa	1,0 b
6,316	1,4 Aa	1,2 Bab	1,2 ABa	1,0 Ba	1,2 ab
12,632	1,2 ABab	1,4 Aa	1 Ba	1,1 Ba	1,2 ab
25,264	1,4 Aa	1,5 Aa	1,3 Aa	1,2 Aa	1,3 a
Média Calcário	1,3 A	1,2 A	1,2 AB	1,0 B	
Cálcio (%)					
0	0,22 Db	0,59 Ca	0,79 Ba	1,0 Aa	0,66 a
6,316	0,41 Ba	0,53 Ba	0,85 Aa	1,0 Aa	0,71 a
12,632	0,40 Da	0,53 Ca	0,78 Ba	1,0 Aa	0,69 a
25,264	0,43 Ca	0,50 Ca	0,81 Ba	1,0 Aa	0,71 a
Média Calcário	0,37 D	0,54 C	0,81 B	1,04 A	
Magnésio (%) - <i>Eucalyptus benthamii</i>					
0	0,24 Aa	0,18 ABa	0,19 ABa	0,13 Ba	0,19 a
6,316	0,13 Aa	0,16 Aa	0,17 Aa	0,15 Aa	0,15 b
12,632	0,19 Aa	0,20 Aa	0,17 Aa	0,14 Aa	0,18 ab
25,264	0,16 Aa	0,17 Aa	0,17 Aa	0,14 Aa	0,16 ab
Média Calcário	0,18 A	0,18 A	0,17 A	0,14 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (  $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 4 - Teores de nutrientes nas folhas em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Conclusão).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Magnésio (%) – <i>Eucalyptus dunnii</i>					
0	0,18 Aa	0,16 Aa	0,15 Aa	0,19 Aa	0,17 a
6,316	0,17 Aa	0,10 Ab	0,17 Aa	0,17 Aa	0,15 a
12,632	0,16 Aa	0,14 Aab	0,15 Aa	0,18 Aa	0,15 a
25,264	0,17 Aa	0,13 Aab	0,18 Aa	0,20 Aa	0,17 a
Média Calcário	0,17 B	0,13 C	0,16 B	0,18 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( p < 0,05).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 5 - Teores de nutrientes no caule/ramos em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Continua).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Nitrogênio (%) - <i>Eucalyptus benthamii</i>					
0	0,56 Aa	0,69 Aa	0,78 Aa	0,75 Aa	0,69 a
6,316	0,63 Aa	0,71 Aa	0,74 Aa	0,65 Aa	0,69 a
12,632	0,61 Aa	0,63 Aa	0,68 Aa	0,76 Aa	0,67 a
25,264	0,76 Aa	0,85 Aa	0,73 Aa	0,61 Aa	0,74 a
Média Calcário	0,64 A	0,72 A	0,73 A	0,69 A	
Nitrogênio (%) - <i>Eucalyptus dunnii</i>					
0	0,77 Aa	0,70 Aa	0,70 Aa	0,82 Aa	0,75 a
6,316	0,9 Aa	0,71 ABa	0,62 Ba	0,73 ABa	0,74 a
12,632	0,88 Aa	0,73 Aa	0,66 Aa	0,76 Aa	0,75 a
25,264	0,81 Aa	0,89 Aa	0,73 Aa	0,79 Aa	0,81 a
Média Calcário	0,84 A	0,76 A	0,67 A	0,77 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( p < 0,05).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 5 - Teores de nutrientes no caule/ramos em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Conclusão).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Fósforo (%)					
0	0,09 Aa	0,09 Aa	0,09 Aa	0,10 Aa	0,09 a
6,316	0,13 Aa	0,13 ABa	0,07 Ba	0,09 ABa	0,11 a
12,632	0,10 Aa	0,09 Aa	0,08 Aa	0,09 Aa	0,09 a
25,264	0,1 ABa	0,12 Aa	0,06 Ba	0,07 Ba	0,09 a
Média Calcário	0,11 A	0,11 A	0,08 A	0,09 A	
Potássio (%) - <i>Eucalyptus benthamii</i>					
0	0,92 Aa	0,85 Aa	0,95 Aa	0,81 Aa	0,89 a
6,316	0,86 Aa	0,89 Aa	0,83 Aa	0,75 Aa	0,83 a
12,632	0,78 Aa	0,84 Aa	0,84 Aa	0,81 Aa	0,82 a
25,264	0,89 Aa	0,91 Aa	0,82 Aa	0,72 Aa	0,83 a
Média Calcário	0,87 A	0,87 A	0,86 A	0,77 A	
Potássio (%) - <i>Eucalyptus dunnii</i>					
0	1,3 Aa	1,3 Aa	1,2 Aa	1,3 Aa	1,3 b
6,316	1,4 Aa	1,3 Aa	1,4 Aa	1,3 Aa	1,4 ab
12,632	1,4 Aa	1,4 Aa	1,6 Aa	1,3 Aa	1,4 a
25,264	1,2 Ba	1,8 Aa	1,4 ABa	1,3 Ba	1,4 a
Média Calcário	1,3 A	1,4 A	1,4 A	1,3 A	
Cálcio (%)					
0	0,23 Db	0,59 Ca	0,79 Ba	1,03 Aa	0,66 a
6,316	0,41 Ba	0,54 Ba	0,85 Aa	1,05 Aa	0,71 a
12,632	0,40 Da	0,53 Ca	0,78 Ba	1,03 Aa	0,69 a
25,264	0,43 Ca	0,5 Ca	0,81 Ba	1,07 Aa	0,71 a
Média Calcário	0,37 D	0,54 C	0,81 B	1,04 A	
Magnésio (%)					
0	0,08 Aa	0,09 Aa	0,09 Aa	0,09 Aa	0,09 a
6,316	0,06 Aa	0,09 Aa	0,09 Aa	0,09 Aa	0,08 a
12,632	0,07 Ba	0,07 Ba	0,09 ABa	0,10 Aa	0,08 a
25,264	0,08 Aa	0,09 Aa	0,10 Aa	0,09 Aa	0,09 a
Média Calcário	0,07 B	0,09 A	0,09 A	0,09A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (  $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 6 - Teores de nutrientes na raiz em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Continua).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Nitrogênio (%)					
0	1,3 Ab	1,2 Aa	1,3 Aa	1,4 Aa	1,3 a
6,316	1,5 Aa	1,4 Aa	1,2 Aa	1,3 Aa	1,4 a
12,632	1,5 Aa	1,3 Aa	1,4 Aa	1,5 Aa	1,4 a
25,264	1,5 Aa	1,4 Aa	1,2 Aa	1,4 Aa	1,4 a
Média Calcário	1,4 A	1,4 A	1,3 A	1,4 A	
Fósforo (%)					
0	0,16 Aa	0,16 Aa	0,18 Aa	0,17 Aa	0,17 a
6,316	0,22 Aa	0,19 Aa	0,15 Aa	0,17 Aa	0,18 a
12,632	0,21 Aa	0,17 Aa	0,16 Aa	0,17 Aa	0,18 a
25,264	0,20 Aa	0,19 Aa	0,14 Aa	0,15 Aa	0,17 a
Média Calcário	0,20 A	0,18 A	0,16 A	0,16 A	
Potássio (%)					
0	1,02 Aa	0,89 Aa	0,77 Ab	0,74 Aa	0,85 a
6,316	1,07 Aa	1,02 Aa	0,79 Bb	0,69 Ba	0,89 a
12,632	1,00 Aa	0,99 Aa	0,91 ABa	0,72 Ba	0,90 a
25,264	0,92 Aa	1,04 Aa	0,79 Ab	0,77 Aa	0,88 a
Média Calcário	1,00 A	0,98 A	0,81 B	0,73 B	
Cálcio (%) - <i>Eucalyptus benthamii</i>					
0	0,24 Cb	0,53 Cb	0,85 B	1,33 A	0,74 c
6,316	0,47 Cab	0,63 Cab	1,01 B	1,47 A	0,89 b
12,632	0,47 Cab	0,80 Ca	1,21 B	1,61 A	1,02 ab
25,264	0,63 Ca	0,79 BCa	1,20 AB	1,57 A	1,04 a
Média Calcário	0,45 D	0,69 C	1,07 B	1,50 A	
Cálcio (%) - <i>Eucalyptus dunnii</i>					
0	0,40 Ca	0,77 BCa	1,35 ABa	2,15 Aa	1,17 a
6,316	0,55 Ba	0,93 Ba	1,69 ABa	2,62 Aa	1,45 a
12,632	0,53 Ba	0,83 Ba	1,34 Ba	2,43 Aa	1,28 a
25,264	0,56 Ba	0,89 Ba	1,39 Ba	2,53 Aa	1,34 a
Média Calcário	0,51 C	0,85 C	1,44 B	2,44 A	
Magnésio (%) - <i>Eucalyptus benthamii</i>					
0	0,06 Ca	0,09 BCa	0,13 ABa	0,16 Aa	0,11 a
6,316	0,06 Ca	0,08 BCa	0,14 ABa	0,15 Aa	0,11 a
12,632	0,06 Ba	0,09 Ba	0,15 Aa	0,15 Aa	0,11 a
25,264	0,08 Ba	0,09 Ba	0,13 Aa	0,16 Aa	0,11 a
Média Calcário	0,07 B	0,09 B	0,14 A	0,16 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (  $p < 0,05$ ). Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 6 - Teores de nutrientes na raiz em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* (Conclusão).

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Magnésio (%) - <i>Eucalyptus dunnii</i>					
0	0,08 Ba	0,14 Aa	0,16 Aa	0,17 Ab	0,14 ab
6,316	0,11 Ca	0,15 Ba	0,17 Aa	0,17 Aab	0,15 a
12,632	0,08 Ba	0,14 Aa	0,17 Aa	0,18 Aa	0,14 b
25,264	0,10 Ca	0,14 Ba	0,17 ABA	0,17 Aab	0,15 ab
Média Calcário	0,09 C	0,14 B	0,17 A	0,17 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (  $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.

Tabela 7 - Diâmetro de colo, altura e volume em resposta à incorporação de doses de calcário e gesso agrícola, em um Cambissolo Húmico, em vasos cultivado com *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*.

Doses de Gesso (t /ha)	Doses de Calcário (t/ha)				Média gesso
	0	3	6	12	
Altura (cm)					
0	73,4 Aa*	70,6 Aa	77,6 Aa	76,1 Aa	74,4 a
6,3	72,8 Aa	75,0 Aa	74,0 Aa	77,8 Aa	74,9 a
12,6	68,9 Bb	77,2 Aa	76,2 Aa	75,9 Aa	74,6 a
25,3	68,0 Ab	70,6 Aa	76,6 Aa	76,5 Aa	72,9 a
Média Calcário	70,8 B	73,4 AB	76,1 A	76,6 A	
Diâmetro (cm)					
0	5,1 Aa*	5,1 Aa	5,4 Aa	5,3 Aab	5,2 a
6,3	4,7 Ba	5,4 Aa	5,1 ABab	5,2 ABab	5,1 a
12,6	5,2 Aa	5,1 Aa	5,0 Aab	4,9 Ab	5,0 a
25,3	5,2 ABA	5,4 Aa	4,7 Bb	5,5 Aa	5,2 a
Média Calcário	5,1 A	5,2 A	5,0 A	5,2 A	
Volume (cm <sup>3</sup> muda <sup>-1</sup> )					
0	15,4 Aa*	14,3 Aa	18,1 Aa	16,9 Aab	16,2 a
6,3	12,8 Aa	17,7 Aa	15,3 Aa	17,2 Aab	15,8 a
12,6	15,2 Aa	15,9 Aa	14,7 Aa	14,6 Ab	15,1 a
25,3	14,2 Aa	16,6 Aa	13,8 Aa	18,5 Aa	15,8 a
Média Calcário	14,4 B	16,1 AB	15,5 AB	16,8 A	

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (  $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017.