

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E DOSES DE CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO NA NUTRIÇÃO
E PRODUÇÃO DE ALFACE**

FÁBIO YOMEI TANAMATI

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Horticultura)

BOTUCATU – SP
Fevereiro 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E DOSES DE CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO NA NUTRIÇÃO
E PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA**

FÁBIO YOMEI TANAMATI
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Horticultura)

BOTUCATU – SP
Fevereiro 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

T161f Tanamati Fábio Yomei, 1987-
Fontes e doses de corretivos de acidez do solo na nutrição e produção de alface / Fábio Yomei Tanamati. - Botucatu : [s.n.], 2012
xiii, 60 f. : il., color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Wollastonita. 2. Substrato. 2. Efeito residual. 3. Hortaliça. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

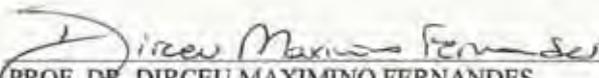
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "FONTES E DOSES DE CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO NA
NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE ALFACE"

ALUNO: FÁBIO YOMEI TANAMATI

ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

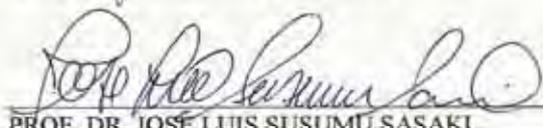
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROF. DR. JOSÉ LUIS SUSUMU SASAKI

Data da Realização: 24 de fevereiro de 2012.

A meus pais Mário e Helena, meus irmãos Márcio e Karen,
a meus avós paternos Dissaburo (*in memorian*) e Catarina
e a meus avós maternos Horishi (*in memorian*) e Shizue (*in memorian*).

À Priscila, Dedé e Muzi pela agradável convivência.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, sempre e acima de tudo;

Aos meus pais e irmãos pelo apoio;

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agronômicas Campus de Botucatu por proporcionar a realização do Mestrado;

Ao meu Orientador Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pela dedicada orientação, confiança em meu trabalho e acima de tudo pela amizade;

À Izabel e Luiz Figueiredo.

Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo;

Aos meus amigos: Ewerton, Diógenes, Maurício, Aline Sandim, Willian, Renê, Camila, Camila Braga, Éder, Angélica, Adalton, Aline Matoso, Lucas, Selma, Elza, Rubens, Miriam e Tereza;

Aos funcionários da Biblioteca do Lageado;

A Capes pela concessão de bolsa de estudo;

E a todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURA.....	VII
LISTA DE TABELA.....	X
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 A cultura da alface	7
4.2 Cultivares de alface.....	9
4.3 Características químicas do solo para implantação da alface	9
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5.1 Localização e caracterização do ambiente experimental.....	13
5.2 Material vegetal utilizado.....	15
5.3 Experimento I.....	15
5.3.1 Descrição do experimento no primeiro ciclo.....	15
5.3.2 Descrição do experimento no segundo ciclo	17
5.4 Experimento II	17
5.4.1 Descrição do experimento no primeiro ciclo.....	19
5.4.2 Descrição do experimento no segundo ciclo	20
5.5 Avaliações	21
5.5.1 Massa fresca e seca da parte aérea.....	22
5.5.2 Circunferência da cabeça.....	22
5.5.3 Número de folhas	22
5.5.4 Comprimento do caule.....	22

5.5.5 Teor e Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea comercial	23
5.6 Análise estatística.....	23
5.6.1 Experimento I	23
5.6.2 Experimento II	23
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6.1 Experimento I - Primeiro ciclo.....	24
6.2 Experimento I - Segundo ciclo.....	37
6.3 Experimento II - Primeiro Ciclo	47
6.4 Experimento II - Segundo Ciclo	50
6.5 Considerações finais	52
7 CONCLUSÕES	54
8 REFERÊNCIAS	55

LISTA DE FIGURA

- FIGURA 1. Temperaturas máxima e mínima registradas no túnel plástico durante a condução dos experimentos, A- Primeiro ciclo e B- Segundo ciclo. 14
- FIGURA 2. Efeito do calcário e da wollastonita aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob os componentes de produção A - Acúmulo de massa fresca, B- Massa seca, C- Comprimento do caule, D- Circunferência da cabeça e E- Número de folhas de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso sob túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro. 25
- FIGURA 3. Plantas de alface Americana cv. Lucy Brown cultivadas em vaso sob túnel plástico, em solos corrigidos com diferentes níveis de saturação por bases, A-Testemunha, B-50%, C-60%, D-70%, E-80% e F-90%, tendo o calcário com corretivo do solo. 28
- FIGURA 4. Plantas de alface Americana cv. Lucy Brown cultivadas em vaso sob túnel plástico em solos corrigidos com diferentes níveis de saturação por bases A-Testemunha, B-50%, C-60%, D-70%, E-80% e F-90%, tendo com corretivo do solo a wollastonita. 28
- FIGURA 5. Efeito do calcário e da wollastonita aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de macronutrientes (N, P, K) em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro. 29
- FIGURA 6. Efeito do calcário e da wollastonita aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de macronutrientes (Ca, Mg, S) em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro. 32

FIGURA 7. Efeito do calcário e da wollastonita, aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Fe) em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro. 34

FIGURA 8. Efeito do calcário e da wollastonita aplicado para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de micronutrientes (Mn, Zn, Si) em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro. 36

FIGURA 9. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso sob túnel plástico em condições residuais de calcário utilizado para atingir diferentes V% A- testemunha, B- V%=50, C- V%=60, D- V%=70, E- V%=80 e F- V%=90. 37

FIGURA 10. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso sob túnel plástico em condições residuais de wollastonita utilizada para atingir diferentes V% A- testemunha, B- V%=50, C- V%=60, D- V%=70, E- V%=80 e F- V%=90. 37

FIGURA 11. Efeito residual dos corretivos (calcário e wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob os componentes de produção A- Acúmulo de massa fresca, B- Massa seca, C- Comprimento do caule, D- Circunferência da cabeça, e E- Número de folhas, em de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro. 38

FIGURA 12. Efeito residual dos corretivos (calcário e wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo sob o teor e acúmulo de macronutrientes (N,P,K) de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro. 40

FIGURA 13. Efeito residual de corretivos (calcário e wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de macronutrientes (Ca,Mg,S) de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.....42

FIGURA 14. Efeito residual dos corretivos (calcário e wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de micronutrientes (B,Cu,Fe) de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso sob túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.....44

FIGURA 15. Efeito residual dos corretivos (calcário e da wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo sob o teor e acúmulo de micronutrientes (Mn, Zn, Si) de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.....46

FIGURA 16. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso e túnel plástico em diferentes proporções de substratos solo:vermiculita (4:1/2:1). A- Testemunha (4:1), B- V%=70% calcário (4:1) C- V= 70% wollastonita (4:1), D- Testemunha (2:1), E- 70% calcário (2:1), F- V=70% wollastonita (2:1).....49

FIGURA 17. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso e túnel plástico em diferentes proporções de substratos solo:vermiculita (4:1/2:1). A- Testemunha (4:1), B- V%=70% calcário (4:1) C- V= 70% wollastonita (4:1), D- Testemunha (2:1), E- 70% calcário (2:1), F- V=70% wollastonita (2:1). Sob condições residuais dos corretivos calcário e wollastonita.50

LISTA DE TABELA

TABELA 1. Características químicas iniciais do solo utilizado nos experimentos.	13
TABELA 2. Características químicas do solo 30 dias após a aplicação de diferentes níveis de saturação por bases tendo como corretivos do solo o calcário e a wollastonita e dez dias após a aplicação do potássio e fósforo.....	16
TABELA 3. Características químicas do solo experimental após a colheita de um ciclo de desenvolvimento de plantas de alface. Os resultados constituem o valor residual dos corretivos aplicados para atingir diferentes níveis de saturação por bases tendo como corretivos do solo o calcário e a wollastonita.....	18
TABELA 4. Características químicas do solo 30 dias após a aplicação de diferentes níveis de saturação por bases tendo como corretivos do solo o calcário e a wollastonita e dez dias após a aplicação do potássio e fósforo.....	19
TABELA 5. Características químicas do solo experimental após a colheita de um ciclo de desenvolvimento de plantas de alface. Os resultados constituem o valor residual dos corretivos aplicados para atingir diferentes níveis de saturação por bases tendo como corretivos do solo o calcário e a wollastonita.....	21
TABELA 6. Massa fresca e massa seca da parte aérea comercial da alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em dois substratos, solo:vermiculita, nas proporções 4:1 e 2:1, corrigidos com saturação por bases de 70% tendo com fonte de corretivos o calcário, wollastonita e a testemunha.....	48
TABELA 7. Comprimento do caule, circunferência da cabeça e número de folhas por planta da alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em dois substratos, solo:vermiculita, nas proporções 4:1 e 2:1, corrigidos com saturação por bases de 70% tendo com fonte de corretivos o calcário, wollastonita e a testemunha.	48

TABELA 8. Massa fresca e massa seca da parte aérea comercial de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em dois substratos, (v:v) solo:vermiculita, nas proporções 4:1 e 2:1, corrigidos com saturação por bases de 70% tendo com fonte de corretivos o calcário, wollastonita e a testemunha.51

TABELA 9. Comprimento do caule, circunferência da cabeça e número de folhas por planta de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em dois substratos, solo:vermiculita, nas proporções 4:1 e 2:1, corrigidos com saturação por bases de 70% tendo com fonte de corretivos o calcário, wollastonita e a testemunha.52

1 RESUMO

Objetivou-se através deste trabalho verificar o efeito, bem como o resíduo dos níveis de saturação por bases do solo, através dos corretivos calcário dolomítico e wollastonita, sob os componentes de produção, incidência de queima dos bordos e o teor e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea da alface e, verificar se a composição de um substrato a base de vermiculita influencia os componentes de produção e incidência de queima dos bordos em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown. Para isso foram realizados dois experimentos sob túnel plástico no Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Botucatu, no período de 20/07/2011 a 30/11/2011. O primeiro experimento foi constituído pelo a) primeiro e b) segundo ciclo do cultivo da alface, utilizando-se 11 tratamentos em delineamento experimental de blocos casualizados, com esquema fatorial $5 \times 2 + 1$ (50, 60, 70, 80 e 90% + calcário e wollastonita + uma testemunha), e três repetições, sendo cada repetição representada por um vaso/planta. O experimento II foi conduzido simultaneamente ao experimento I primeiro e segundo ciclo. Este experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados com esquema fatorial 3×2 (calcário e wollastonita + sem corretivo e dois substratos) e cinco repetições, sendo cada repetição representada por um vaso/planta, neste experimento as fontes de corretivos utilizadas foram o calcário dolomítico e a wollastonita aplicados para elevar a saturação por bases a 70% e os substratos foram compostos por solo:vermiculita, nas proporções 4:1; 2:1. No

experimento I foram avaliados os componentes de produção: massas fresca e seca da parte aérea comercial, circunferência da cabeça, número de folhas, comprimento do caule e teor e acúmulo de macro e micro nutrientes na parte aérea comercial e no experimento II foram avaliados os componentes de produção e a incidência de queima dos bordos. Os resultados das avaliações do experimento I foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, sendo o efeito das fontes de corretivos comparadas pelo teste de Tukey, e os níveis de saturação por bases por regressão. Os resultados do experimento II foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, sendo o efeito e os desdobramentos das causas de variação (fontes de corretivos e substratos) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. De acordo com os resultados das avaliações foi possível concluir que os níveis de saturação por bases propostos entre 70 e 90%, tendo como corretivos calcário dolomítico e wollastonita apresentaram os maiores valores para os componentes de produção, bem como para acúmulo e teor de macro e micronutrientes na parte aérea comercial. As saturações de base proporcionadas pela adição de calcário dolomítico e wollastonita promoveram efeito residual no solo, entretanto no segundo ciclo não houve produção de cabeças comerciais. O cultivo da alface sob o efeito residual destes corretivos promoveu maior teor e acúmulo de silício na parte aérea. Em função dos efeitos do calcário dolomítico e da wollastonita nos diferentes V%, das proporções na composição solo:vermiculita, bem como seus efeitos residuais, não se observou a ocorrência de queima dos bordos nas plantas de alface Americana cv. Lucy Brown e que o substrato de composição solo:vermiculita na proporção 4:1 promoveu respostas comparativas superiores para os componentes de produção.

Palavras chave: Efeito residual, substrato, wollastonita, hortaliça

RATES OF DOLOMITE LIME AND WOLLASTONITE IN LETTUCE NUTRITION AND PRODUCTION. Botucatu, 2012. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FÁBIO YOMEI TANAMATI

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

2 SUMMARY

The aims of this study were checking the effect and the residual levels of soil saturation, through dolomite lime and wollastonite corrective under the yield components, the incidence of tip burning and macro and micronutrients content and accumulation in the crisp head varieties (*Lactuca sativa* cultivar Lucy Brown), and verify if vermiculite-based substrate influences the yield components and tip burning incidence on crisp head varieties. For this purpose, two experiments were carried out in a plastic tunnel in the Department of Natural Resources - Soil Science - College of Agricultural Sciences, UNESP, Botucatu – SP, in the period from 20/07/2011 to 30/11/2011. The first experiment was composed by a) first and b) second cycle of the lettuce crop, and were carried out in a randomized block design where treatment combinations, 11 in number, form a $5 \times 2 + 1$ (50, 60, 70, 80 e 90% + through dolomite lime and wollastonite + a control) factorial arrangement and three repetitions, which were represented by a pot/ plant. The second experiment was carried out simultaneously with the first experiment (first and second cycle). This experiment was conducted in randomized block experimental design where treatment combinations, six in number, form a 3×2 (through dolomite lime and wollastonite + no corrective and two substrates) and five repetitions, which were represented by a pot/ plant, in this experiment the correctives used were dolomite lime and wollastonite, they were used to raise soil base saturation to 70%, and the substrates were composed of soil:vermiculite, in 4:1 and 2:1 proportions. In experiment I were evaluated the production components: fresh and dry weight in commercial shoot, head circumference, number of leaves, stem length and content and accumulation of macro and micronutrients in the commercial shoot and tip burning incidence. In the experiment II were evaluated production components and tip burning incidence. The results of experiment I was subjected to analysis of variance by F test at 5% probability of

error, the effect of corrective were compared by Tukey test, and levels of soil bases saturation by regression. The results of experiment II were subjected to analysis of variance by F test at 5% probability of error, the effect of the causes of variation (sources of corrective and substrates) were compared by Tukey test at 5% probability. According to the evaluations results it was possible to conclude that the soil saturation levels between 70 and 90% with dolomite lime and wollastonite showed higher values for yield components, as well as macro and micronutrients content and accumulation in the commercial shoots. The increase in soil base saturation provided by dolomite lime and wollastonite promoted residual effect in soil, however the second cycle there were no commercial heads production. The cultivation of lettuce under residual effect of soil correctives promoted higher silicon content and accumulation in the shoot. There were not observed the occurrence of tip burn in American lettuce cv. Lucy Brown due to the effects of dolomite lime and wollastonite at different soil saturation, proportions in the composition of soil:vermiculite, and their residual effects; and comparatively to the substrate composition soil:vermiculite, the substrate in the ratio 4:1 promoted higher yield components.

Keywords: Residual effect, substrate, wollastonite, vegetable

3 INTRODUÇÃO

A alface é uma hortaliça folhosa, cultivada mundialmente pelo seu valor comercial. No Brasil são produzidos anualmente cerca de 526 mil toneladas desta hortaliça, sendo a região sudeste a maior produtora, seguida pelas regiões sul, nordeste, centro-oeste e norte (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2006).

A alface do grupo Americana tem se sobressaído em função do aumento de redes de *fast food*. Sua preferência deve-se, principalmente, pela capacidade de manter-se crocante quando em contato com altas temperaturas no interior dos sanduíches e também por conservar-se por um período de tempo maior após a colheita (YURI et al., 2002).

Em função da demanda por esta hortaliça, existe a necessidade de produção durante todo o ano. Entretanto, fatores como altas e baixas temperaturas, acima de 20 e abaixo de 10°C, solos ácidos e alcalinos, deficientes em nutrientes e solos compactados ou muito argilosos, limitam a produção desta hortaliça com características qualitativas desejáveis: cabeças com maior peso fresco, compactidade das cabeças, plantas com resistência ao brotamento precoce, pragas e doenças e incidência de anomalias fisiológicas.

A aplicação de adubações balanceadas e um substrato adequado podem contribuir com a produção de plantas mais saudáveis, reduzindo a incidência de anomalias fisiológicas, suscetibilidade a pragas e doenças, risco de contaminação e salinização do solo e do custo de produção, permitindo assim a utilização de resíduos industriais e cultivo em ambientes protegidos como túneis plásticos.

A utilização, na agricultura, de resíduos industriais a base de silicatos tem sido explorada principalmente em função do seu potencial como corretivo do solo e do seu efeito na planta. Os resultados de pesquisa sobre a utilização de silicatos no cultivo da alface mostram-se crescente e com resultados animadores, entretanto dados complementares são necessários, uma vez que, existe diversidade de produtos a base de silício, diferentes cultivares de alface e ambientes de cultivo.

A adição de condicionadores ao solo em cultivos protegidos melhoram as características físicas, químicas e/ou biológicas do solo, que podem apresentar-se como fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas. A vermiculita é um condicionador do solo de origem mineral e sua utilização na horticultura justifica-se pelas suas características químicas e físicas que permitem o fornecimento de Ca, K, Mg, redução na lixiviação de macro e micro nutrientes e retenção de água (REIS, 2002).

Diante do exposto, objetivou-se através deste trabalho verificar o efeito, bem como o efeito residual dos níveis de saturação por bases do solo, através dos corretivos calcário dolomítico e wollastonita, sob os componentes de produção, incidência de queima dos bordos e o teor e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea da alface e, verificar se a composição de um substrato a base de vermiculita influencia os componentes de produção e incidência de queima dos bordos em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa, da família Asteraceae, autógama, anual, com sistema radicular pivotante ramificado concentrado a 0,35 m de profundidade, com folhas sésseis alternadas em forma de roseta e caule curto sem ramificações (SÁNCHEZ, 2008).

Originária de espécies silvestres encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental, floresce sob dias longos e temperaturas altas, sendo a etapa vegetativa do ciclo, favorecida por dias curtos e temperaturas amenas (FILGUEIRA, 2008).

O ciclo da planta é dividido em quatro fases, germinação, transplante, fase vegetativa ou formação da cabeça e fase reprodutiva, cuja duração é influenciada principalmente pelos fatores ambientais, radiação solar e temperatura. Comercialmente a alface é cultivada até a terceira fase do ciclo (SANCHÉZ, 2008), onde o ponto de colheita se situa antes do crescimento máximo da planta durante a fase vegetativa (SEGOVIA et al., 1997).

O cultivo da alface é feito a partir de sementes botânicas (KANO et al., 2006), que geralmente são semeadas em sementeiras e transplantadas após a formação de cinco folhas, sendo seu ciclo, determinado em dias após transplante, DAT (ANDRIOLO et al.,

2003). O ciclo varia em duração em dias em função da época de cultivo, outono-inverno, inverno-primavera e primavera e verão, decrescendo em duração, nesta ordem (SANCHÉZ, 2008).

A alface pode ser cultivada em campo, estufas ou túneis plásticos e hidroponia (SEGOVIA et al., 1997), solteiro ou consorciada com outras culturas (CECILIO FILHO e MAY, 2002), sendo estas práticas de manejo alternativas para as limitações encontradas durante algumas épocas do ano.

Por ser uma hortaliça com alta aceitação e demanda, existe a necessidade de produção durante todo o ano, entretanto as condições meteorológicas são fatores limitantes (YURI et al., 2004a) durante duas épocas do ano. A primeira ocorre nos meses de inverno, devido às baixas temperaturas (inferiores a 10°C) que retardam o crescimento. A segunda ocorre no verão, devido às elevadas temperaturas do ar (acima de 20°C) e precipitação pluvial prolongadas, que danificam as plantas, além da intensidade da radiação solar, que favorece o pendoamento precoce das plantas (SEGOVIA et al., 1997), a incidência de queima dos bordos e má formação de cabeças comerciais (SANDERS, 2001).

A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento da alface é entre 15,5 e 18,3°C, podendo tolerar temperaturas entre 26,6 a 29,4°C por alguns dias, desde que as temperaturas noturnas sejam baixas (SANDERS, 2001). A faixa de temperatura ideal para alface Americana está em torno de 23°C e 7°C durante o dia e noite, respectivamente (TURINI et al., 2011).

A planta de alface apresenta ciclo curto de desenvolvimento, onde a maior demanda por nutrientes ocorre em curtos períodos (ZINK E YAMAGUCHI, 1963). A maior taxa de acúmulo de nutrientes ocorre na fase vegetativa ou de formação da cabeça, onde são observados os maiores teores de N, P, K, Mg e Ca, sendo o nível dos nutrientes acumulados da seguinte ordem: K> N> P>Mg>Ca (GRANGEIRO et al., 2006).

A interação entre os fatores de ambiente e disponibilidade de nutrientes proporcionam condições de melhor desenvolvimento das raízes e conseqüentemente da parte aérea, implicando em aumento da produção, que é obtida através da produção de cabeças com maior circunferência, compacidade, peso fresco e número de folhas livres de doenças e anomalias (YURI et al., 2004 b).

4.2 Cultivares de alface

A diversidade de cultivares de alfaces disponíveis no mercado resulta do processo de melhoramento que visa atender a preferência do mercado consumidor, resistência à patógenos e superpendoamento, viabilizando a produção durante todo o ano (FILGUEIRA, 2008).

A classificação destas hortaliças é feita através das características das folhas e formação de cabeça, reunindo-se assim em seis grupos, sendo tipo Americana, repolhuda-manteiga, tipo solta-lisa, solta-crespa, mimosa e romana (FILGUEIRA, 2008).

Com as mudanças nos hábitos alimentares e com aumento das cadeias de *fast-foods*, atualmente, observa-se aumento no consumo da alface do grupo americano. Estas apresentam folhas externas de coloração verde-escura, folhas internas de coloração amarelada ou branca, imbricadas e textura crocante (YURI et al., 2002). Apresenta também maior durabilidade pós-colheita, possibilitando o transporte a longas distâncias (YURI et al., 2002), permitindo assim, a produção em regiões mais distantes dos principais mercados consumidores.

4.3 Características químicas do solo para implantação da alface

A implantação da cultura deve preferencialmente ser em solo areno-argiloso, rico em matéria orgânica e com boa disponibilidade de nutrientes, devido ao seu ciclo curto de desenvolvimento (VIDIGAL et al., 1995; GARCIA et al., 1982). A alface é uma planta sensível a acidez do solo, devendo sua instalação ocorrer em solos com pH entre 6,0 a 6,8, textura média, boa retenção de água e baixa salinidade (SANCHÉZ, 2008).

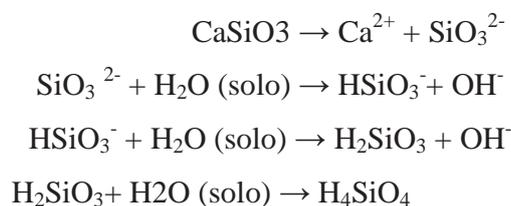
Para obter o substrato com estas condições comumente pratica-se a fertilização e correção do solo que, constituem a prática agrícola mais onerosa e com maior retorno econômico devido à maior produção, qualidade e uniformidade do produto.

O calcário é o recurso mineral mais abundante no Brasil e por isso constitui o corretivo mais utilizado no país (FERREIRA et al., 1993) sendo este o motivo dos resultados de pesquisa apresentarem-se em sua maior quantidade em função deste corretivo.

Outras fontes de corretivos vêm sendo avaliadas na produção agrícola com a finalidade de destinar resíduos e reduzir a exploração de novos recursos naturais. Entre esses resíduos, observa-se o crescente interesse nas escórias de siderurgia e outros subprodutos contendo silicatos, os quais apresentam peculiaridades quanto à sua ação no solo e nas plantas.

A utilização do calcário como corretivo do solo já foi comprovada por vários pesquisadores (HU et al., 2006; KARAIVAZOGLOU et al., 2007; TANG et al., 2003), bem como seus benefícios indiretos, como a redução da fixação do fósforo e adsorção dos demais nutrientes no solo (LEE et al., 2011; TRASAR-CEPEDA e CARBALLAS, 1991), crescimento radicular (FAGERIA e MOREIRA, 2011) e melhorias nas condições biológicas do solo (SOON e ARSHAD, 2005).

A aplicação de resíduos siderúrgicos ao solo pode liberar Ca e/ou Mg em solução e ânions (SiO_3^{2-}) (NOLLA, 2004). O mecanismo de correção da acidez pela escória resulta na formação de SiO_3^{2-} , que reage com a água e libera íons OH^- , que neutralizam o Al^{3+} fitotóxico, conforme observado na equação descrita por Alcarde e Rodella (2003):



Segundo Alcarde e Rodella (2003), o silicato de Ca é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de Ca ($\text{CaCO}_3 = 0,014 \text{ g L}^{-1}$ e $\text{CaSiO}_3 = 0,095 \text{ g L}^{-1}$), apresentando, portanto, um maior potencial para a correção da acidez do solo em profundidade (RAMOS et al., 2006).

Além do seu potencial como corretivo e fonte de nutrientes, os silicatos segundo vários autores citados por Carvalho et al. (2001) relataram que o silício e fósforo no solo se comportam de forma semelhante, competindo pelos sítios de absorção. Assim a aplicação dos corretivos a base de silicatos em solos cultivados com plantas acumuladoras ou não de silício antes da adubação fosfatada, apresenta o benefício de disponibilizar fósforo às plantas.

Para as plantas, os benefícios promovidos pelos silicatos estão geralmente associados à resposta a condições de estresse (EPSTEIN e BLOOM, 2006), como resistência a praga e doenças (KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995), aumento de produção nestas condições (KORNDÖRFER et al., 1999) e tolerância a estresse hídrico (PULZ et al., 2008).

Esses efeitos são resultantes da concentração deste elemento na parte aérea, principalmente nas folhas, conferindo rigidez e espessura às paredes celulares. Esse aspecto das folhas confere às plantas, folhas mais eretas, redução do auto-sombreamento e maior resistência ao acamamento e prevenção contra doenças e pragas, com isso um aumento de produtividade (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

A maior concentração deste elemento na folha está associada à sua posição, que coincide com o lugar de maior perda de água, uma vez que este elemento acompanha o fluxo da água nos canais condutores da planta. A deposição de sílica na planta ocorre mais especificamente na epiderme foliar e nas células guarda dos estômatos, o que contribui com a redução da transpiração (DAYANANDAM et al., 1983).

A translocação do cálcio coincide com a da sílica o qual é observado nas folhas, órgão onde ocorre maior taxa de transpiração, e nos tecidos onde ocorre o crescimento, devido a alta taxa de divisão, alongamento celular e formação da parede celular (DEMARTY et al., 1984), e sua deficiência, nestas regiões de alta demanda é o principal fator para a ocorrência da queima dos bordos na cultura da alface (BARTA e TIBBITTS, 2000).

A queima dos bordos caracteriza-se pelo surgimento de necrose na extremidade foliar, na região das nervuras e rupturas das células dos canais laticíferos, impedindo a translocação do Ca, durante a transpiração, pelos canais condutores do xilema (BARTA e TIBBITTS, 2000).

Completando as informações Barta e Tibbitts (2000); Hartz e Johnstone (2007) citaram que a incidência ou gravidade da queima dos bordos não está associada à disponibilidade de cálcio no solo. Assim, conhecido o efeito da sílica nas plantas e no solo e tendo em vista a necessidade da planta de alface por cálcio, a avaliação comparativa dos efeitos destes corretivos no solo e na planta é necessária.

Prado et al. (2002) avaliaram a produção da cultura da alface em solo corrigido com escória de siderurgia e calcário e observaram que os teores de acúmulo nas

folhas de Ca, Mg e Cu aumentaram, e que, ambos corretivos foram eficientes na correção da acidez do solo, entretanto a escória de siderurgia não é o corretivo mais apropriado para a cultura da alface, devido ao alto teor de Mn acumulado na parte aérea.

Resende et al. (2007) verificaram que a dose de silício de $2,7 \text{ L ha}^{-1}$, tendo como fonte o produto comercial Supa Potássio®, é a mais recomendada em termos de rendimento e qualidade pós-colheita. Luz et al. (2006) verificaram que as plantas tratadas com silício, em hidroponia, apresentaram menor incidência da anomalia fisiológica queima dos bordos.

Os resultados de pesquisa sobre a utilização de silicatos no cultivo da alface mostram-se crescente e com resultados animadores, entretanto resultados complementares são necessários, uma vez que, existe diversidade de produtos a base de silício, diferentes cultivares de alface e ambientes de cultivo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização do ambiente experimental

Realizou-se dois experimentos conduzidos em túnel plástico no Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Botucatu, no período de 20/07/2011 a 30/11/2011.

Os experimentos foram instalados em vasos plástico com capacidade de 5L, com solo retirado de uma gleba situada no campus da UNESP de Botucatu, denominada “Patrulha”, classificado como Latossolo vermelho-escuro - Textura média (CARVALHO et al., 1983), os quais foram retirados da camada de 0-0,20 m.

TABELA 1. Características químicas iniciais do solo utilizado nos experimentos.

Camada Superficial	pH	MO	P	Al	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----							%
0-0,20	4,0	30	4	19	67	0,3	3	1	4	71	6
Camada superficial	B	Cu	Fe	Mn	S	Zn					
	-----mg dm ⁻³ -----										
0-0,20	0,25	1,0	79	1,2	11	0,3					

Uma subamostra foi utilizada para determinação das características químicas do solo (Tabela 1). A análise foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo da FCA/UNESP de Botucatu, seguindo a metodologia de Rajj et al. (2001).

As temperaturas registradas durante a condução dos experimentos (Figura 1) foram coletadas diariamente no túnel plástico. Para o primeiro e segundo ciclo as medias máximas e mínimas foram: 35,8°C e 16,2°C para primeiro ciclo e 41,2°C e 20,3°C para o segundo ciclo respectivamente.

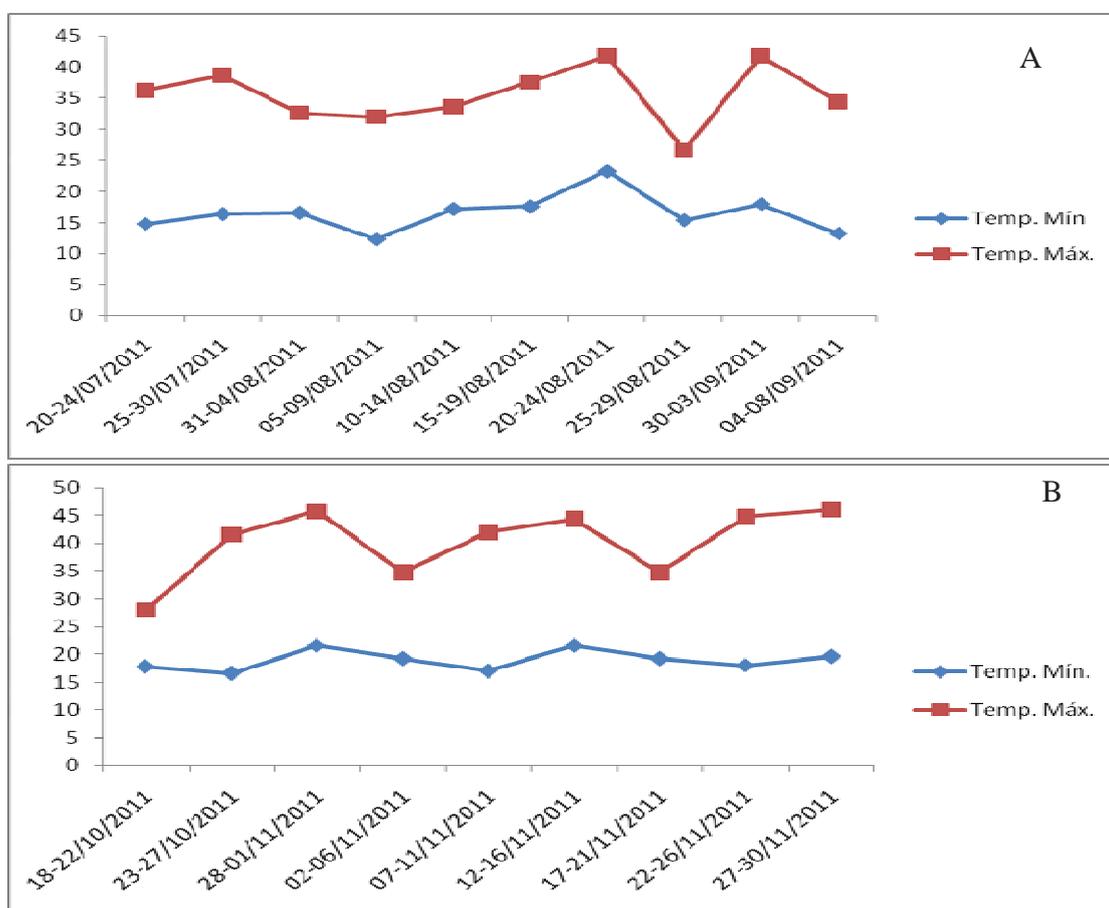


FIGURA 1. Temperaturas máxima e mínima registradas no túnel plástico durante a condução dos experimentos, **A**- Primeiro ciclo e **B**- Segundo ciclo.

5.2 Material vegetal utilizado

Foram utilizadas sementes de alface cultivar Lucy Brown, semeadas em bandejas de polietileno preenchidas com o substrato Plantmax®. Realizou-se o transplante das mudas, para os vasos experimentais 45 dias após a semeadura.

5.3 Experimento I

O experimento I foi composto por dois ciclos, sendo: primeiro ciclo de cultivo da alface e o segundo ciclo de cultivo da alface, sendo o segundo sob condições residuais de corretivos.

Os experimentos foram constituídos por 11 tratamentos, compostos por duas fontes de corretivos de solo, calcário dolomítico (32% de CaO, 14% de MgO, reatividade de 77% e PRNT de 70%) e wollastonita (SiO₂= 52,45%; Al₂O₃=0,02%; Fe₂O₃= 0,01%; MgO= 1,45%; CaO= 18,05% e K₂O= 0,02% reatividade 60% e PRNT de 90%), os quais foram submetidos a análise química no Laboratório de Adubos e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da FCA/UNESP – Botucatu. Estes foram utilizados para elevar o nível de saturação por bases a 50, 60, 70, 80 e 90% e uma testemunha, sem adição de corretivos.

Adicionou-se vermiculita com a finalidade de melhorar as condições físicas do solo, sendo esta composta por: 40,8 % de SiO₂, 18,9% de MgO, 4,8% de Al₂O₃, 6,7 % de Fe₂O₃, 4,6 % de K₂O, 1,0% de Na₂O, 5,6 % CaO, 0,11 % de MnO.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com esquema fatorial 5x2+1 (50, 60, 70, 80 e 90% + calcário e wollastonita + uma testemunha), e três repetições, sendo cada repetição representada por um vaso/planta.

5.3.1 Descrição do experimento no primeiro ciclo

Adicionou-se vermiculita ao solo experimental na proporção 4:1 (v:v) (solo:vermiculita), com a finalidade de melhorar as condições físicas do solo. Após a adição da vermiculita aplicou-se os corretivos para elevar os níveis de saturações por base do solo conforme descrito no item 5.3.

Os corretivos foram incorporados ao conteúdo de solo de cada vaso, com auxílio de uma betoneira. Os solos foram umedecidos com 70% da sua capacidade de campo e cobertos com lona plástica por trinta dias, para incubação dos corretivos. Durante este período realizaram-se pesagens semanais de quatro unidades experimentais, para a obtenção da média do solo a 70 % da capacidade de campo, sendo que, valor abaixo desse padrão foi disponibilizado água na quantidade necessária para retornar à condição inicial.

TABELA 2. Características químicas do solo 30 dias após a aplicação de diferentes níveis de saturação por bases tendo como corretivos do solo o calcário e a wollastonita e dez dias após a aplicação do potássio e fósforo.

TRAT	pH CaCl ₂	M.O g.dm ⁻³	P.res mg.dm ⁻³	H+Al -----mmolc dm ⁻³ -----	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %
Testemunha	4,8	15	24	45	1,0	10	25	33	78	49
50% Ca	5,2	31	135	32	0,7	19	25	45	76	58
60% Ca	5,2	32	115	39	0,5	24	25	52	91	57
70% Ca	5,4	26	127	28	0,7	27	27	50	78	64
80% Ca	5,5	20	194	22	0,4	29	22	46	68	68
90% Ca	5,8	25	211	20	0,5	40	40	80	101	80
50% Wo	5,2	26	106	37	0,6	31	16	48	85	56
60% Wo	5,4	31	130	29	0,8	37	20	58	88	67
70% Wo	5,5	25	148	30	0,9	42	18	61	91	66
80% Wo	5,6	25	187	26	0,8	38	20	69	85	70
90% Wo	5,7	29	165	23	0,7	48	23	72	100	73

TRAT	BORO -----mg.dm ⁻³ -----	COBRE	ENXOFRE	FERRO	MANGANÊS	SILÍCIO	ZINCO
Testemunha	0,17	0,9	29	49	1,3	3,38	0,4
50% Ca	0,14	0,9	37	48	1,0	3,46	0,3
60% Ca	0,15	0,7	33	43	1,0	3,62	0,5
70% Ca	0,15	0,7	33	40	1,0	3,87	0,4
80% Ca	0,15	0,7	26	37	1,0	4,15	0,6
90% Ca	0,13	0,7	44	48	1,2	4,00	0,6
50% Wo	0,15	0,6	34	40	0,9	4,23	0,4
60% Wo	0,14	0,7	34	42	1,2	4,54	0,3
70% Wo	0,16	0,5	41	38	0,9	4,64	0,2
80% Wo	0,18	0,6	32	39	1,0	4,92	0,2
90% Wo	0,17	0,6	35	40	1,2	5,00	0,6

Testemunha: Substrato sem correção do solo, 50-80% Ca: V% 50, 60, 70, 80 e 90 tendo como corretivo o calcário, 50-80% Wo: V% 50, 60, 70, 80 e 90 tendo como corretivo a wollastonita

Após 20 dias de incubação foi realizada a adubação de plantio que consistiu de 40, 300 e 50 mg de N, P e K por litro de solo, tendo como fonte uréia, super fosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Dez dias após a aplicação da adubação de plantio realizou-se o transplante das mudas de alface.

No dia do transplante, retiraram-se três amostras de cada unidade experimental, formando uma amostra composta para análise química do solo (Tabela 2), sendo os resultados desta análise a condição química inicial do solo por tratamento.

Aos 10, 20 e 30 dias após o transplante (DAT), foram feitas adubações de cobertura com 58 mg de N por litro de solo, tendo como fonte a uréia. A irrigação foi feita sempre que necessário. Durante o ciclo de desenvolvimento das plantas, 43 dias, a iniciar-se no dia do transplante das mudas, foram realizadas três aplicações de imidacloprido (Evidence), para o controle preventivo contra mosca branca.

5.3.2 Descrição do experimento no segundo ciclo

Aos 20 dias após a coleta das plantas avaliadas no primeiro ciclo, foi realizada uma nova análise química do solo para verificar o efeito residual dos corretivos. A análise química foi feita em uma amostra composta por nove subamostras, sendo cada três retirada de uma unidade experimental. O resultado desta análise (Tabela 3) constituiu a condição química inicial do solo para o segundo ciclo de desenvolvimento das plantas.

Dez dias antes do transplante das mudas foi aplicada a adubação de plantio que consistiu de 40, 300 e 50 mg de N, P e K por litro de solo, tendo como fonte uréia, super fosfato triplo e cloreto de potássio respectivamente.

Aos 10, 20 e 30 DAT aplicou-se 58 mg de N por litro de solo, tendo com fonte a uréia. Realizou a irrigação, sempre que necessário e três aplicações de imidacloprido (Evidence) preventivo contra mosca branca.

5.4 Experimento II

O experimento II foi conduzido simultaneamente ao experimento I, composto pelo primeiro e segundo ciclo de cultivo respectivamente. Neste experimento foram considerados, tratamentos dois substratos, solo:vermiculita, nas seguintes proporções: (v:v)

4:1; 2:1; testemunha e os corretivos calcário dolomítico e wollastonita, que foram aplicados para elevar a saturação por bases a 70%.

TABELA 3. Características químicas do solo experimental após a colheita de um ciclo de desenvolvimento de plantas de alface. Os resultados constituem o valor residual dos corretivos aplicados para atingir diferentes níveis de saturação por bases tendo como corretivos do solo o calcário e a wollastonita

TRAT	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	-----		mmolc.dm ⁻³		-----		%
Test.	4,1	19	283	63	2,1	12	12	26	89	29
50% Ca	5,0	21	132	41	0,4	25	19	44	84	52
60% Ca	5,0	17	117	37	0,2	22	17	38	76	51
70% Ca	5,3	22	121	31	1,1	30	23	54	85	63
80% Ca	5,4	24	98	23	0,5	31	23	54	78	70
90% Ca	5,9	23	191	19	0,5	45	31	76	95	80
50% Wo	5,1	23	125	35	0,5	28	17	45	80	57
60% Wo	5,2	17	121	36	0,4	31	16	48	84	57
70% Wo	5,2	18	150	34	0,5	37	15	52	86	60
80% Wo	5,3	22	108	29	0,3	35	15	50	79	63
90% Wo	5,5	22	171	23	0,4	40	15	56	79	71

TRAT	BORO	COBRE	ENXOFRE	FERRO	MANGANÊS	SILÍCIO	ZINCO
	----- mg.dm ⁻³ -----						
Test.	0,28	1,0	25	53	1,0	4,38	0,2
50% Ca	0,17	0,8	33	42	0,8	4,62	0,1
60% Ca	0,28	0,7	30	38	0,6	4,54	0,1
70% Ca	0,22	0,7	33	36	0,8	4,77	0,2
80% Ca	0,17	0,7	28	32	0,8	4,69	0,1
90% Ca	0,17	0,6	37	26	0,9	4,85	0,1
50%Wo	0,19	0,6	34	40	0,8	5,10	0,1
60% Wo	0,18	0,6	29	37	0,9	5,23	0,1
70% Wo	0,17	0,7	38	35	0,9	5,46	0,1
80% Wo	0,17	0,6	35	32	0,7	5,62	0,1
90% Wo	0,21	0,6	30	31	1,0	5,89	0,3

Test.: Substrato sem correção do solo, 50-80% Ca: V% 50, 60, 70, 80 e 90 tendo como corretivo o calcário, 50-80% Wo: V% 50, 60, 70, 80 e 90 tendo como corretivo a wollastonita

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com esquema fatorial 3x2 (duas fontes de corretivos + sem corretivo e dois substratos) e três repetições, sendo cada repetição representada por um vaso/planta

5.4.1 Descrição do experimento no primeiro ciclo

Adicionou-se vermiculita ao solo experimental nas proporções 4:1 e 2:1 (v:v) (solo:vermiculita), após a adição da vermiculita aplicou-se os corretivos para elevar os níveis de saturações por base do solo a 70%, em função da análise de solo, tendo como corretivos o calcário dolomítico e wollastonita.

TABELA 4. Características químicas do solo 30 dias após a aplicação de diferentes níveis de saturação por bases tendo como corretivos do solo o calcário e a wollastonita e dez dias após a aplicação do potássio e fósforo.

TRAT	pH	M.O	P.res	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g/dm ⁻³	mg/dm ⁻³	----- mmolc/dm ⁻³ -----			-----			%
2:1 70% Ca	5,5	25	144	30	0,5	33	28	62	81	68
2:1 70% Wo	5,5	27	127	29	0,7	27	44	71	78	71
2:1 0	4,4	25	17	60	0,9	7	11	19	79	24
4:1 70% Ca	5,4	26	127	28	0,7	27	27	50	78	64
4:1 70% Wo	5,5	25	148	30	0,9	42	18	61	91	66
4:1 0	4,8	15	24	45	1,0	10	25	33	78	49
TRAT	BORO		COBRE	ENXOFRE	FERRO	MANGANÊS	SILÍCIO	ZINCO		
	----- mg/dm ⁻³ -----									
2:1 70% Ca	0,17	0,6	28	40	1,4	3,45	0,4			
2:1 70% Wo	0,20	0,8	27	42	1,2	4,38	0,5			
2:1 0	0,24	0,7	29	62	1,2	3,23	0,3			
4:1 70% Ca	0,15	0,7	33	40	1,0	3,87	0,4			
4:1 70% Wo	0,16	0,5	41	38	0,9	4,64	0,2			
4:1 0	0,17	0,9	29	49	1,3	3,38	0,4			

2:1 70% Ca- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 2:1 tendo como fonte calcário, 2:1 70% Wo- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 2:1 tendo como fonte a wollastonita, 2:1 0- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 2:1 em solo sem correção. 4:1 70% Ca- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 tendo como fonte calcário, 4:1 70% Wo- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 tendo como fonte a wollastonita, 4:1 0- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 2:1 em solo sem correção.

Os corretivos foram incorporados ao conteúdo de solo de cada vaso, com auxílio de uma betoneira. Os solos foram umedecidos com 70% da sua capacidade de campo e cobertos com lona plástica por trinta dias, para incubação dos corretivos. Durante este

período realizaram-se pesagens semanais de quatro unidades experimentais, para a obtenção da média do solo a 70 % da capacidade de campo, sendo que, valor abaixo desse padrão foi disponibilizado água na quantidade necessária para retornar à condição inicial.

Após 20 dias de incubação foi aplicada a adubação de plantio que consistiu de 40, 300 e 50 mg L⁻¹ de solo de N, P e K, respectivamente, tendo como fonte uréia, super fosfato triplo e cloreto de potássio. Dez dias após a aplicação da adubação de plantio realizou-se o transplante das mudas de alface.

No dia do transplante, retiraram-se três amostras de cada unidade experimental, formando uma amostra composta para análise química do solo (Tabela 4), sendo os resultados desta análise a condição química inicial do solo por tratamento.

5.4.2 Descrição do experimento no segundo ciclo

Aos 20 dias após a coleta das plantas avaliadas no primeiro ciclo, foi realizada uma nova análise química do solo para verificar o efeito dos corretivos. A análise química foi feita em uma amostra composta por nove subamostras, sendo cada três oriundas de uma unidade experimental. O resultado desta análise (Tabela 5) constituiu a condição química inicial do solo para o segundo ciclo de desenvolvimento das plantas.

Dez dias antes do transplante das mudas foi aplicada a adubação de plantio que consistiu de 40, 300 e 50 mg de N, P e K por litro de solo, tendo como fonte uréia, super fosfato triplo e cloreto de potássio respectivamente.

Aos 10, 20 e 30 DAT aplicou-se 58 mg de N por litro de solo, tendo com fonte a uréia. Realizou a irrigação, sempre que necessário e três aplicações de imidacloprido (Evidence) preventivo contra mosca branca

TABELA 5. Características químicas do solo experimental após a colheita de um ciclo de desenvolvimento de plantas de alface. Os resultados constituem o valor residual dos corretivos aplicados para atingir diferentes níveis de saturação por bases tendo como corretivos do solo o calcário e a wollastonita

TRAT	pH CaCl ₂	M.O. g/dm ⁻³	Presina mg/dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
							----- mmolc/dm ⁻³ -----			
2:1 70% Ca	5,2	19	113	33	1.0	34	29	64	97	66
2:1 70% Wo	5,3	20	133	30	0.9	32	46	79	109	73
2:1 0	4,4	14	107	53	0.5	15	13	29	82	36
4:1 70% Ca	5,3	22	121	31	1.1	30	23	54	85	63
4:1 70% Wo	5,2	18	150	34	0.5	37	15	52	86	60
4:1 0	4,1	19	283	63	2.1	12	12	26	89	29

TRAT	BORO	COBRE	ENXOFRE	FERRO	MANGANÊS	SILÍCIO	ZINCO
					----- mg/dm ⁻³ -----		
2:1 70% Ca	0,24	0,6	24	33	0,9	4,54	0,2
2:1 70% Wo	0,16	0,6	22	33	0,9	5,54	0,2
2:1 0	0,20	0,8	27	44	1,1	4,46	0,1
4:1 70% Ca	0,22	0,7	33	36	0,8	4,77	0,2
4:1 70% Wo	0,17	0,7	38	35	0,9	5,46	0,1
4:1 0	0,28	1,0	25	53	1,0	4,38	0,2

2:1 70% Ca- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 2:1 tendo como fonte calcário, 2:1 70% Wo- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 2:1 tendo como fonte a wollastonita, 2:1 0- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 2:1 em solo sem correção. 4:1 70% Ca- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 tendo como fonte calcário, 4:1 70% Wo- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 tendo como fonte a wollastonita, 4:1 0- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 2:1 em solo sem correção.

5.5 Avaliações

No experimento I foram avaliados os seguintes parâmetro: os componentes de produção, massas fresca e seca da parte aérea comercial, comprimento do caule, número de folhas por planta, circunferência da cabeça, teor e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e dos micronutrientes ferro (Fe), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e silício (Si) na parte aérea comercial de plantas de alface. (MALAVOLTA et al., 1997) e Si (KORNDÖRFER et al., 2004).

No experimento II foram avaliados apenas os parâmetros relacionados aos componentes de produção, sendo: massas fresca e seca da parte aérea comercial, comprimento do caule, número de folhas por planta, circunferência da cabeça

5.5.1 Massa fresca e seca da parte aérea

As plantas foram colhidas cortando-se a base rente ao solo, com auxílio de uma faca. Após o corte, eliminaram-se as folhas da saia, sendo consideradas parte aérea comercial a massa das folhas e do caule. A massa fresca da parte aérea foi determinada por ocasião da colheita mensurada em balança de precisão.

Após a pesagem procedeu-se as demais avaliações, e em seguida a lavagem do material com água, sabão neutro e água destilada, embalou-se e em seguida foram colocados em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 96 horas até peso constante. Após este período, pesou-se para a determinação de massa seca por planta.

5.5.2 Circunferência da cabeça

Após a pesagem para determinação de massa fresca, foi determinada a circunferência da cabeça com auxílio de uma fita métrica, na parte central da cabeça.

5.5.3 Número de folhas

O número de folhas foi determinado, pela contagem, após a medição da circunferência da cabeça, considerando-se todas as folhas, mesmo aquelas menores encontradas no centro da cabeça.

5.5.4 Comprimento do caule

O comprimento de caule foi obtido com o auxílio de uma régua graduada, da base onde foi cortado por ocasião da colheita até o ápice superior.

5.5.5 Teor e Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea comercial

Após a determinação da massa seca o material, seco em estufa, foi moído e submetido à análise para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA et al., 1997) e Si (KORNDÖRFER et al., 2004).

Os nutrientes acumulados na parte aérea foram obtidos calculando-se o teor de cada nutriente em função da matéria seca produzida.

5.6 Análise estatística

5.6.1 Experimento I

Os resultados das avaliações do experimento I, primeiro e segundo ciclo, foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, sendo o efeito das fontes de corretivos comparadas pelo teste de Tukey, e os níveis de saturação por bases por regressão.

Os resultados deste experimento foram apresentados de forma independente, ou seja, não foi feita a comparação estatística entre os resultados do primeiro e do segundo ciclo de desenvolvimento, uma vez que o segundo ciclo não apresentou produção com características comerciais.

5.6.2 Experimento II

Os resultados do experimento II primeiro e segundo ciclo foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, sendo o efeito e os desdobramentos das causas de variação (fontes de corretivos e substratos) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados deste experimento foram apresentados de forma independente, ou seja, não foi feita a comparação estatística entre os resultados do primeiro e do segundo ciclo de desenvolvimento, uma vez que no segundo ciclo as plantas não apresentaram características comerciais.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento I - Primeiro ciclo

De acordo com as Tabelas 1 e 2 observou-se o aumento do pH, Ca, Mg, V% e redução no teor de Fe no solo. Esse resultado é compreensível uma vez que, na composição química da vermiculita são encontrados cerca de 40,8 % de SiO₂, 18,9% de MgO, 4,8% de Al₂O₃, 6,7 % de Fe₂O₃, 4,6 % de K₂O, 1,0% de Na₂O, 5,6 % CaO, 0,11 % de MnO, (FRANÇA e LUZ, 2002), permitindo o fornecimento de íons Ca, K, Mg no solo segundo Reis (2011). Além do fornecimento destes minerais ao solo via reação de troca catiônica, a vermiculita pode também através desta mesma reação substituir íons Mg por Fe e Al (WALKER, 1961).

Em função das mudanças químicas promovidas pelos tratamentos no solo, as plantas de alface responderam diferentemente quanto aos componentes de produção, teor e acúmulo de nutrientes (Figuras 2, 3, 4 e 5).

O parâmetro massa fresca apresentou diferenças significativas entre as fontes de corretivos nos V% 60 e 80. Apenas nestes níveis o calcário proporcionou diferença significativa em relação à wollastonita, proporcionando as plantas maior valor de massa fresca (Figura 2A).

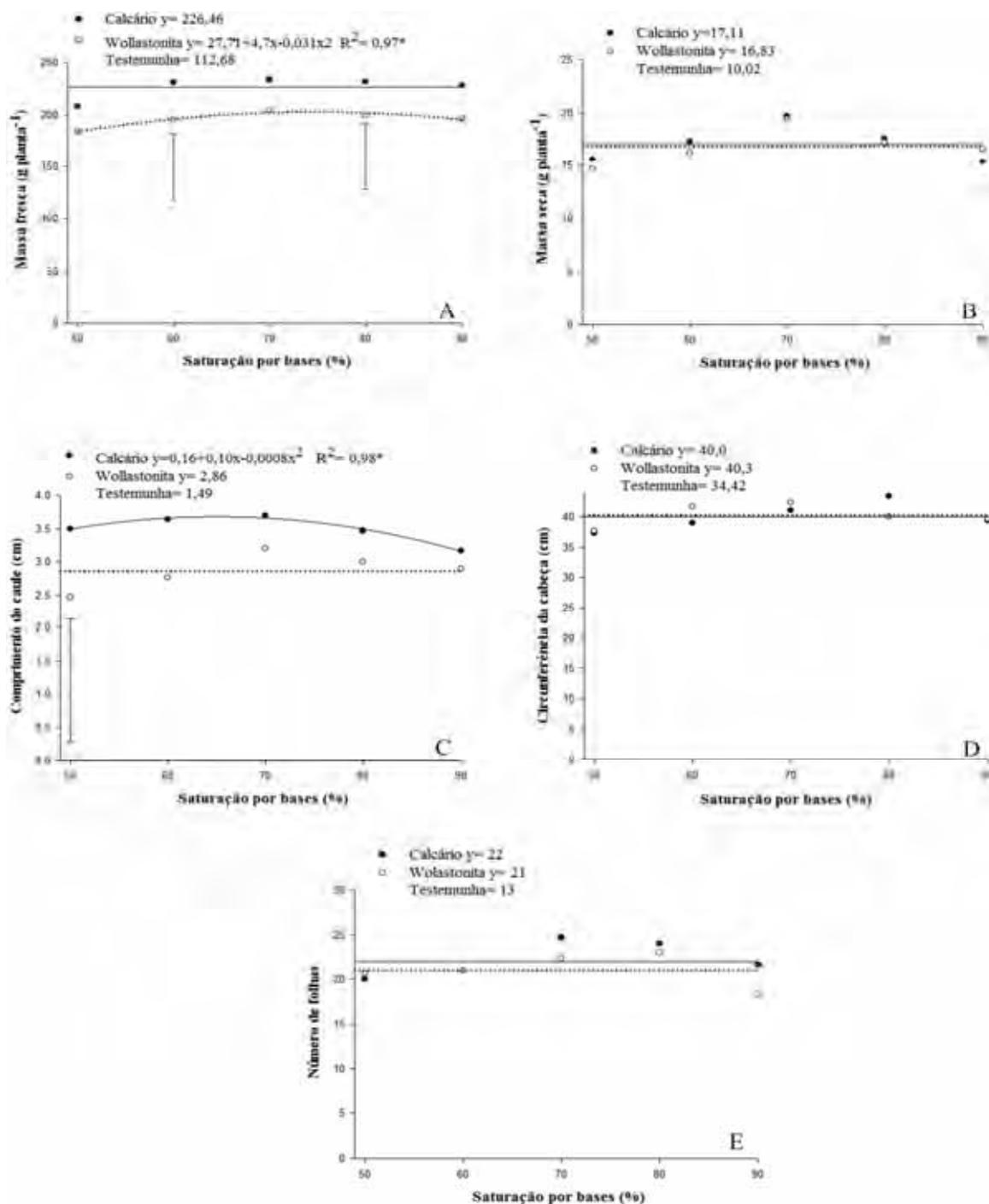


FIGURA 2. Efeito do calcário e da wollastonita aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob os componentes de produção **A** - Acúmulo de massa fresca, **B**- Massa seca, **C**- Comprimento do caule, **D**- Circunferência da cabeça e **E**- Número de folhas de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso sob túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

Na Figura 2A observou-se ainda que, os V% ajustaram-se à curva de regressão apenas quando o solo foi corrigido com wollastonita. A correção do solo com wollastonita deve ser feita com o objetivo de atingir o V% 75, pois permitiu as plantas atingir o maior acúmulo de massa fresca.

Os resultados obtidos para o acúmulo de massa seca de plantas de alface cultivadas em diferentes V% não se ajustaram às curvas de regressão, independente dos corretivos utilizados. Nos diferentes V% observou-se que não houve diferenças entre os corretivos, entretanto as plantas apresentam maior capacidade em acumular massa seca quando cultivadas em solo corrigido, em função dos maiores valores observado para este parâmetro, comparado à testemunha (Figura 2B).

O comprimento do caule de plantas de alface apresentou diferença significativa entre corretivos, apenas no V% 50 (Figura 2C), neste nível o calcário proporcionou às plantas melhores condições para o aumento do comprimento do caule. Os V% apresentam comportamento quadrático quando o solo foi corrigido com calcário, sendo o V% 70 o que apresentou maior valor para comprimento do caule.

Resende (2004) relata que caules com até 0,06 m de comprimento são ideais. Assim de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, o caule das plantas de alface America cv. Lucy Brown apresentaram comprimento do caule inferior a 0,04 m não sendo este componente limitante, quando sua produção visa atender o mercado de beneficiamento.

Os V% e as fontes de corretivos não apresentaram diferenças significativas e ajustes às curvas de regressão para circunferência da cabeça e número de folhas por planta (Figuras 2D e 2E). A circunferência da cabeça indica o tamanho do produto comercial e deve apresentar formato arredondado simétrico, em função da valorização do mercado (YURI et al., 2004b). Assim Paterson (1979) verificou que a calagem é essencial para a produção deste componente, sendo fator limitante comparado aos fertilizantes N, P, K. Nas condições deste experimento verificou-se que embora não significativos, os tratamentos apresentaram produção destes parâmetros superior a testemunha, contribuindo com os resultados de Paterson (1979).

Ao analisar os resultados dos componentes de produção da alface cultivadas nos diferentes tratamentos, observou-se que o calcário proporcionou às plantas maior acúmulo de massa fresca nos V% 60 e 80 e maior comprimento do caule no V% 50. De

acordo com Ferreira et al. (1993) a correção do solo para o cultivo de alface deve ser feita sempre que esta estiver abaixo de V% 60, assim em função da pouca diferença estatística observada entre os corretivos, pode-se afirmar que ambos foram eficientes na correção do solo para a produção da alface quando aplicado conforme a recomendação de Ferreira et al. (1993).

Ao analisar as Figuras 3 e 4 observou-se que as plantas testemunhas não formaram cabeças e portanto não constituem plantas comerciais, uma vez que não atendem o padrão exigido, isto é formação e compacidade da cabeça (YURI et al., 2002). Os V% 50, 60 quando o solo foi corrigido com calcário e wollastonita apresentaram cabeças pequenas, ao contrário V% 70, 80 e 90, onde a produção destas plantas foi satisfatória do ponto de vista comercial.

De acordo com a Tabela 2 observou-se que as doses de corretivos aplicados não elevaram os valores de V% conforme estabelecido pelos tratamentos, desta forma os tratamentos V% 70, 80 e 90 calcário e V% 60, 70, 80 e 90 wollastonita apresentaram níveis de saturação acima de 60% e por isso nestes tratamentos, os resultados foram melhores comparados aos V% 50 e 60 calcário e V% 50 wollastonita e testemunha.

Trani et al. (2006) verificaram que as melhores produtividades da alface foram obtidas em doses muito acima do que seria recomendado, assim este autor sugeriu a necessidade de maior número de experimentos de calagem em diversos tipos de solo para o aperfeiçoamento das tabelas de recomendação de para alface.

Não houve diferenças entre os corretivos nos diferentes V% para o teor de nitrogênio nas plantas de alface (Figura 5A). Quando corrigido com calcário os V% apresentaram comportamento quadrático onde V% 70 apresentou o máximo teor de N ou seja, 25 g kg⁻¹. Quando corrigido com wollastonita o teor de N apresentou ajuste linear crescente em função do V%.

O efeito do corretivo utilizado sobre o acúmulo de N nas plantas de alface foi estatisticamente igual nos diferentes V% (Figura 5B). Entretanto, em função do ajuste quadrático dos V% quando o solo foi corrigido com wollastonita o V% de 77 permitiu o maior acúmulo deste nutriente.

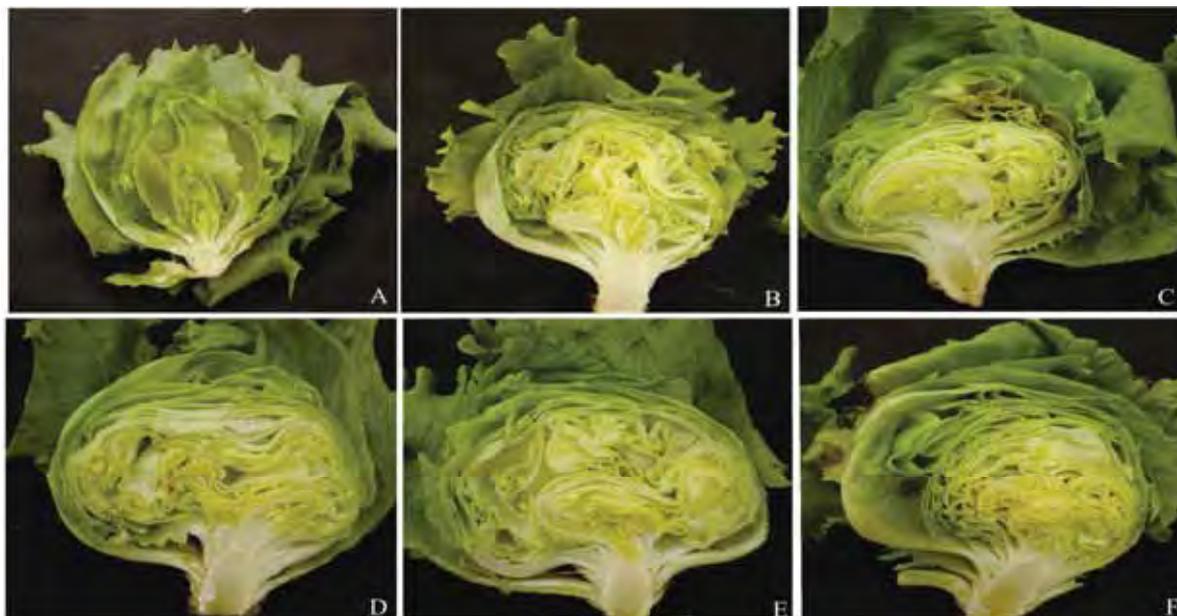


FIGURA 3. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso sob túnel plástico, em solos corrigidos com diferentes níveis de saturação por bases, **A**-Testemunha, **B**-50%, **C**-60%, **D**-70%, **E**-80% e **F**-90%, tendo o calcário com corretivo do solo.

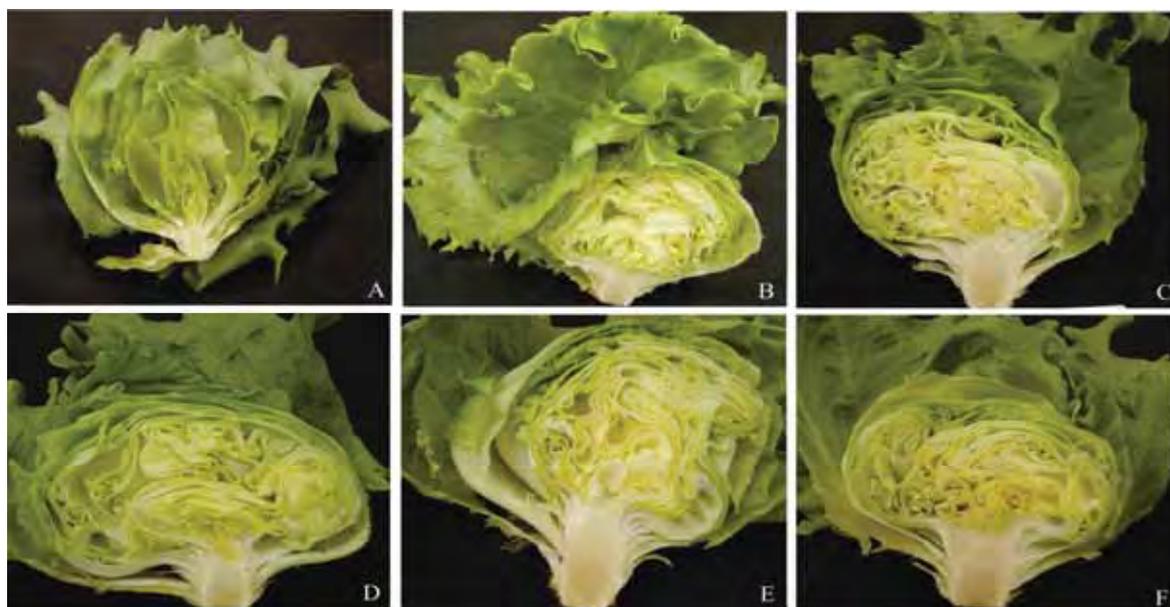


FIGURA 4. Plantas de alface Americana cv. Lucy Brown cultivadas em vaso sob túnel plástico em solos corrigidos com diferentes níveis de saturação por bases **A**-Testemunha, **B**-50%, **C**-60%, **D**-70%, **E**-80% e **F**-90%, tendo com corretivo do solo a wollastonita.

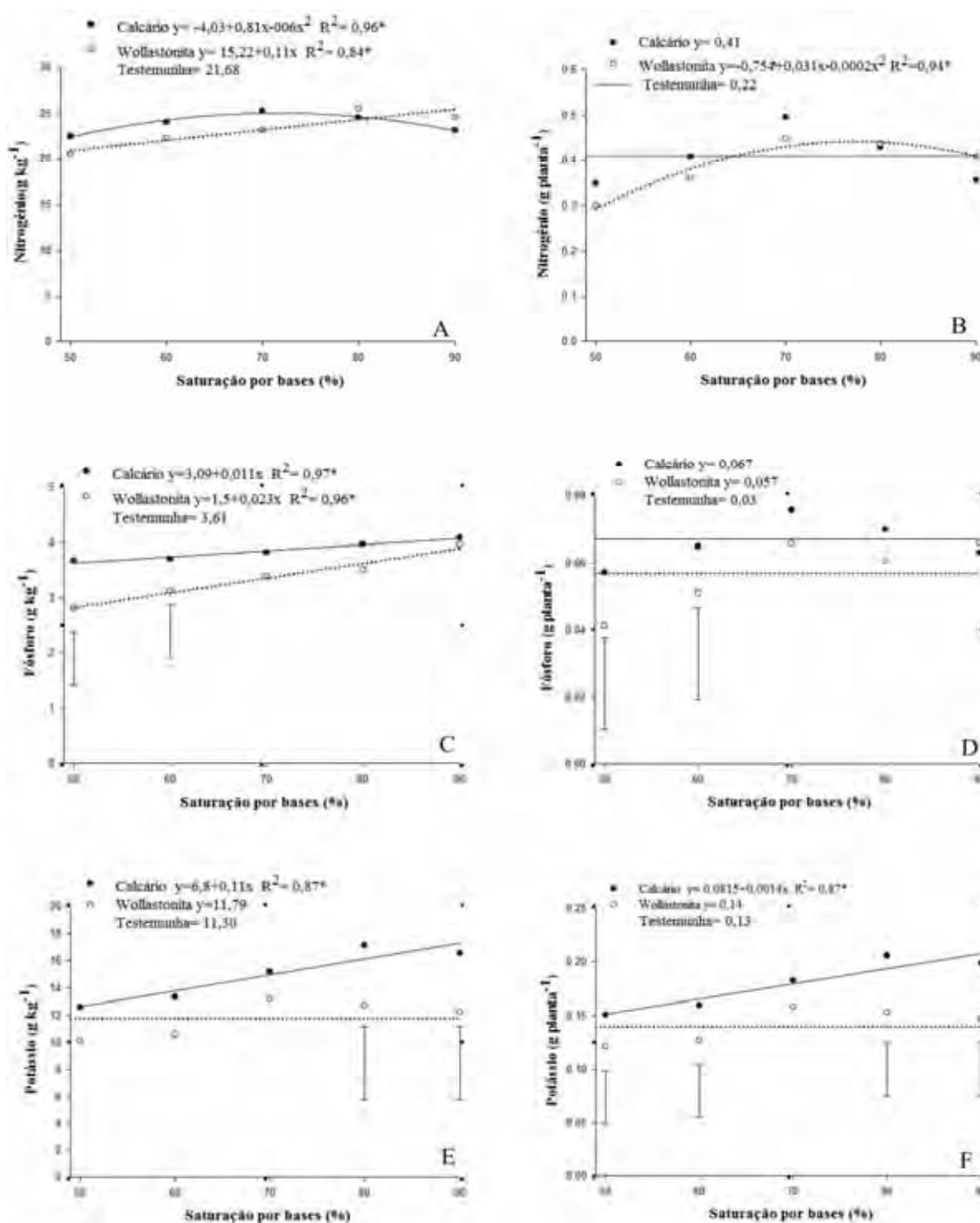


FIGURA 5. Efeito do calcário e da wollastonita aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de macronutrientes (N, P, K) em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

O teor de P apresentou tendência crescente em função do V% para ambos corretivos (Figura 5C). O calcário permitiu às plantas absorverem maior quantidade deste nutriente uma vez que os valores de P foram superiores aquele observado na testemunha. Já a wollastonita apresentou valores inferiores à testemunha.

O acúmulo de P em função dos V% não se ajustaram à curva de regressão, independente do corretivo utilizado (Figura 5D), sendo o acúmulo de P superior nas plantas desenvolvidas em solos corrigidos, uma vez que o valor deste parâmetro foi superior ao observado na testemunha. Nos V% 50 e 60 o calcário proporcionou às plantas melhores condições de absorver P, comparado a wollastonita.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, a diferença no teor e acúmulo de P, em função dos corretivos do solo, pode estar associado à reação mais lenta da wollastonita no solo (FORTES, 1993; PRADO e FERNANDES, 2000), pois segundo Prado e Fernandes (1999) a presença de Si na composição do corretivo deveria aumentar a eficácia do aproveitamento dos fertilizantes fosfatados, já que o Si e P no solo se comportam de forma semelhante, competindo pelos sítios de absorção (CARVALHO et al., 2001).

O teor e acúmulo de K apresentaram-se crescente nas plantas de alface em função do V%, quando o solo foi corrigido com calcário (Figuras 5E e 5F). O teor de K foi significativamente maior nos V% 80 e 90 calcário, comparado a wollastonita, sendo o teor médio de K $11,8 \text{ g kg}^{-1}$ nas plantas de alface quando o solo foi corrigido com wollastonita. O menor acúmulo de K foi observado nos V% 50, 60, 80 e 90 quando do solo foi corrigido com wollastonita, onde o acúmulo médio de K foi de $0,14 \text{ g planta}^{-1}$ (Figura 5F).

Segundo Caíres et al. (1998) a calagem proporciona aumento nos teores de Ca, Mg e K no solo, de acordo com a Tabela 2 também houve um aumento no teor de K no solo quando o solo foi corrigido com wollastonita. Entretanto o teor e o acúmulo deste nutriente não ocorreram nas mesmas proporções daquelas verificadas no solo corrigido com calcário.

De acordo com Malavolta et al. (1997) o K é o macronutriente de maior necessidade para as planta de alface. Resende et al. (2005) verificaram que o Si associado ao K (Supa potássio®) não promoveram aumentos significativos nos componentes de produção da alface, entretanto o benefício deste corretivo foi verificado na conservação pós-colheita das plantas.

As diferentes fontes de corretivos em função do V% não se ajustaram às curvas de regressão para o teor e acúmulo de Ca (Figuras 6A e 6B). Observou-se a superioridade do calcário quando utilizado ao V% 70 e 80, em promover o maior teor e acúmulo de Ca nas plantas (Figuras 6A e 6B).

Nas Figuras 3 e 4 observa-se a não ocorrência de queima de bordos nas plantas de alface, mesmo quando cultivadas em solo sem correção, testemunha. Desta forma pode-se dizer que a disponibilidade de Ca no solo não foi fator determinante para a ocorrência desta anomalia fisiológica, contribuindo com os resultados obtidos por Hartz e Johnstone (2007).

O teor de Mg apresentou ajuste linear crescente em função do aumento dos V%, quando utilizou-se o calcário (Figura 6C), sendo o teor médio de 5,77 g kg⁻¹ quando utilizou-se a wollastonita. O maior teor de Mg foi verificado nas plantas desenvolvidas em solos corrigidos com calcário no V% 90.

O acúmulo de Mg (Figura 6D) em plantas de alface desenvolvidas em solo corrigido com wollastonita foi de 0,098 g planta⁻¹. Os V% apresentam o comportamento quadrático para o acúmulo de Mg quando o solo foi corrigido com calcário, sendo V% 80 o que permitiu as plantas acumularem maior quantidade deste nutriente. O calcário, em relação à wollastonita, apresentou maior capacidade em promover acúmulo deste nutriente quando aplicados para elevar o V% a 60 e 90.

O teor de S decresceu linearmente em função do V% quando o solo foi corrigido com calcário, sendo este corretivo, comparado à wollastonita, capaz de promover maiores teores deste nutriente nos V% 50, 60 e 70 (Figura 6E). O acúmulo de S não ajustou-se à curva de regressão independente do corretivo utilizado, entretanto o acúmulo de S foi significativamente maior nas plantas desenvolvidas em solo corrigido com calcário nos V% 60 e 70, sendo que a V% 90 a wollastonita proporcionou maior acúmulo deste nutriente (Figura 6F).

O teor de B apresentou comportamento linear decrescente em função do V% para ambos corretivos. O teor médio de B nas plantas de alface foi de 20,14 e 20,61 mg kg⁻¹ quando utilizou-se calcário e wollastonita respectivamente (Figura 7A). Os diferentes V% não se ajustaram aos modelos de regressão, sendo a média do acúmulo deste nutriente igual entre os tratamentos, ou seja, 0,35 mg planta⁻¹(Figura 5B).

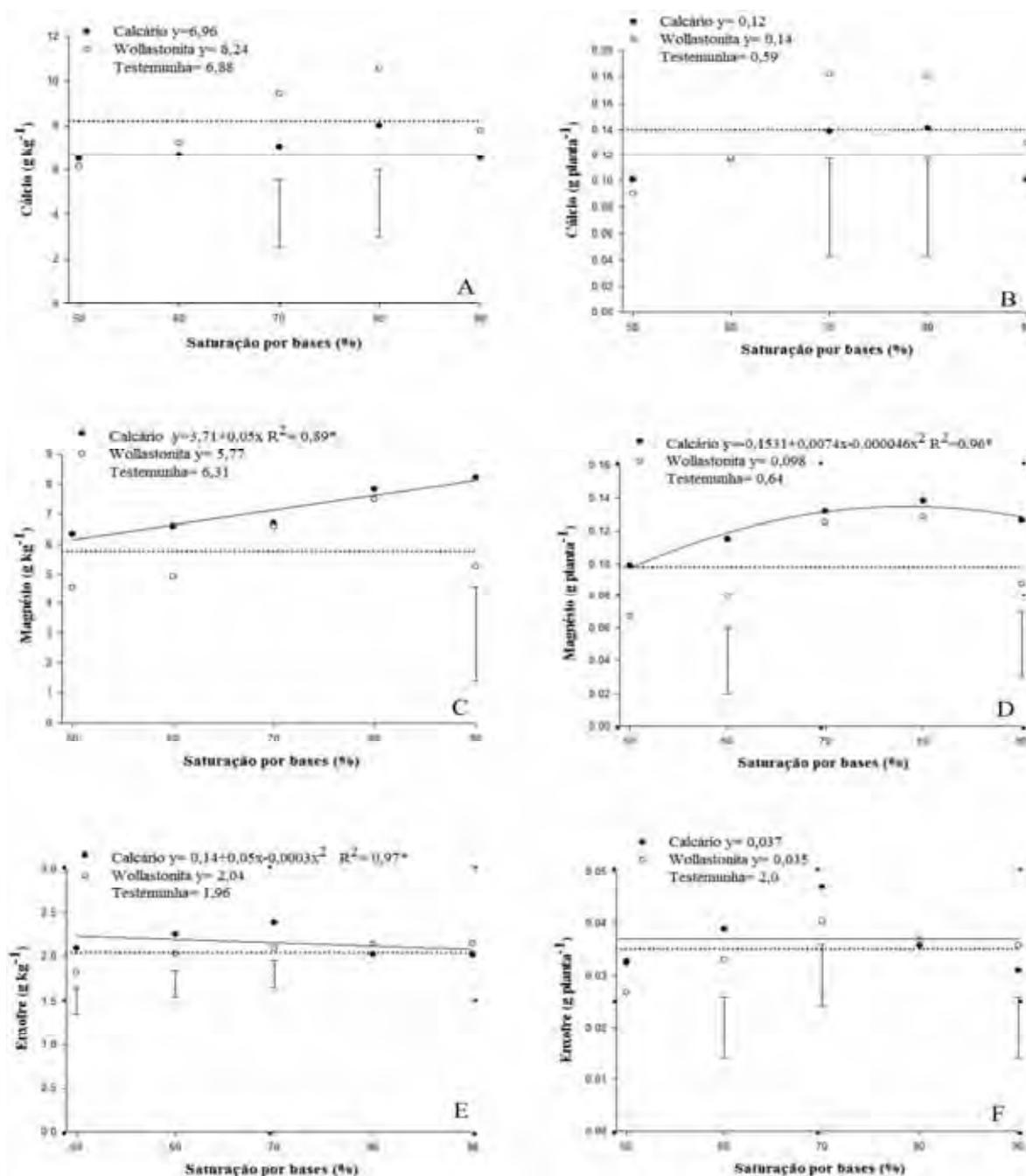


FIGURA 6. Efeito do calcário e da wollastonita aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de macronutrientes (Ca, Mg, S) em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

De acordo com Alvarenga et al. (2000) o desequilíbrio na adubação pode prejudicar a absorção de boro pelas plantas de alface, uma vez que o excesso de N, P, Zn e Mo podem estar associado à deficiência deste micronutriente. Pereira et al. (2005) citaram que a deficiência de B pode estar associada à ocorrência de queima dos bordos em alface cultivados em hidroponia. Os tratamentos utilizados pelo pesquisador foi constituído por doses crescentes de Ca na solução, e em função destes tratamentos o teor de B variou entre 19 a 27 mg kg⁻¹.

Desta forma observa-se que os resultados do presente trabalho foram semelhantes ao menor teor de B citado por Pereira et al. (2005), e que mesmo assemelhando ao menor valor não houve ocorrência de queima dos bordos nas plantas de alface cultivadas em vaso sob túnel plástico.

Os valores de teor e acúmulo de cobre ajustaram-se ao modelo quadrático em função do V% quando utilizou-se o calcário (Figuras 7C e 7D). Este corretivo apresentou no V% 80 o maior condicionador do teor de Cu. O calcário proporcionou maior teor e acúmulo de Cu apenas nos V% 60 e 70, já a wollastonita apresentou em função do V%, teor e acúmulo médio de Cu de 7,07 mg kg⁻¹ e 0,12 mg planta⁻¹, respectivamente. Para o cultivo da alface Americana o Cu representa importância no sentido de que sua deficiência pode prejudicar a formação das cabeças comerciais, segundo Adams et al. (1978).

O teor de Fe nas plantas de alface foi decrescente em função do aumento do V%, quando utilizou-se a wollastonita, e significativamente menor nos V% de 60 e 70 quando o solo foi corrigido com calcário (Figura 7E). O acúmulo de Fe não apresentou ajuste à curva de regressão em função do V% (Figura 7F), sendo significativamente menor quando o solo foi corrigido ao V% 70 tendo como corretivo o calcário.

Segundo Haag e Minami (1988) a alface apresenta em termos de necessidade de micronutrientes a seguinte ordem decrescente: Fe, Mn, Zn, B e Cu, sendo a absorção do Fe influenciada por outros cátions como K, Ca e Mg (MALAVOLTA et al., 1997).

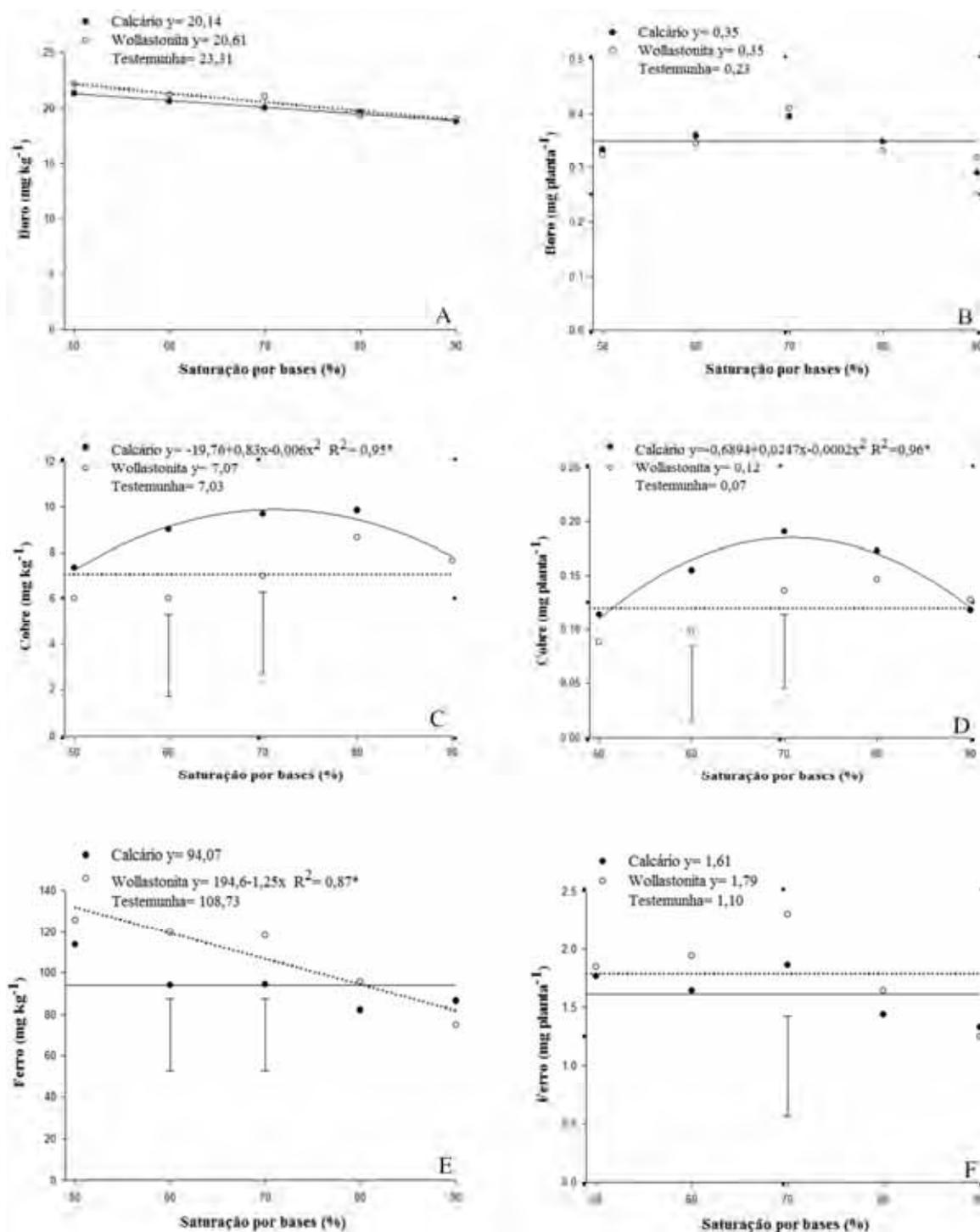


FIGURA 7. Efeito do calcário e da wollastonita, aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Fe) em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

O teor e o acúmulo de Mn foram decrescentes nas plantas em função do V%, sendo este comportamento para ambos os corretivos (Figuras 8A e 8B). O teor e acúmulo deste micronutriente apresentaram valores estatisticamente iguais entre as fontes de corretivos, resultados semelhantes foram verificados por Alvarenga et al. (2000).

Segundo Trani et al. (1996) o teor adequado de Mn na planta de alface situa-se entre 30 a 150 mg kg⁻¹. De acordo com a Figura 8A o teor de Mn nas plantas encontra-se dentro da faixa considerável adequada para alface uma vez que estes valores não ultrapassaram 60 mg kg⁻¹.

O teor de Zn nas plantas decresceu em função do aumento do V% para ambos corretivos (Figura 8C). O calcário, comparado a wollastonita, proporcionou melhores condições às plantas de alface em obter maior teor de Zn a V% 70 e 80.

O acúmulo de Zn nas plantas de alface foi decrescente quando utilizou-se o calcário (Figura 8D), sendo a média acumulada deste micronutriente de 0,27 mg kg⁻¹ quando utilizou-se a wollastonita. O V% 70 quando utilizou-se o calcário proporcionou os menores valores para o acúmulo de Zn nas plantas, comparado à wollastonita.

Os valores do teor e acúmulo de Si nas plantas não apresentaram ajuste às curvas de regressão em função V% (Figura 8E e 8F). O valor médio do teor de Si foi de 3,2 e 3,58 mg kg⁻¹ quando utilizou-se o calcário e a wollastonita respectivamente. No V% 80 observou-se que o calcário permitiu menor teor deste micronutriente (Figura 8E). O acúmulo médio de Si nas plantas foi de 0,057 e 0,06 mg planta⁻¹ quando utilizou-se o calcário e a wollastonita, respectivamente (Figura 8F).

Ao observar a condição química inicial do solo experimental (Tabela 2), é possível observar que a quantidade de Si no solo foi ligeiramente superior nos tratamentos que usaram a wollastonita como corretivo, o que não foi suficiente para provocar diferenças no teor e acúmulo de Si nas plantas de alface.

A aplicação de Si via foliar também não exerceram influência nas características agrônômicas da rúcula segundo, Guerrero et al. (2011). A não influência do Si tanto via solo como foliar nestas plantas pode ser explicado em função destas plantas não serem acumuladoras de Si (FERREIRA, 2009; GUERRERO et al., 2011).

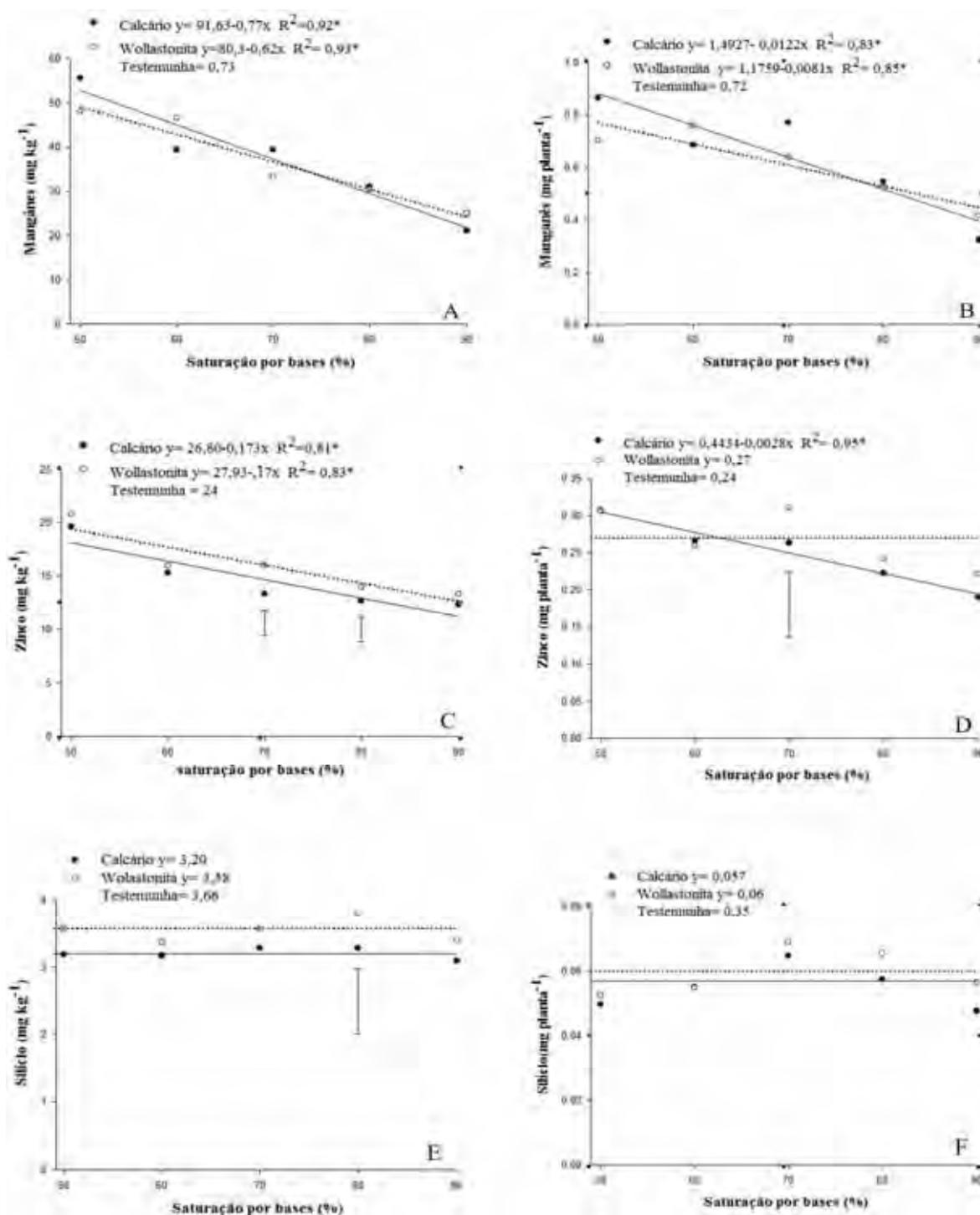


FIGURA 8. Efeito do calcário e da wollastonita aplicado para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de micronutrientes (Mn, Zn, Si) em plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

6.2 Experimento I - Segundo ciclo

As plantas avaliadas, cujo desenvolvimento foi baseado nas condições residuais de corretivos, observou-se que as plantas não conseguiram formar cabeças comerciais e não houve a incidência de queima dos bordos (Figuras 9 e 10). Estes resultados podem estar associados às altas temperaturas ocorridas durante o ciclo de desenvolvimento (Figura 1B) e ao efeito residual dos corretivos, cujo efeito foi ligeiramente menor no solo corrigido com wollastonita (Tabelas 2 e 3).

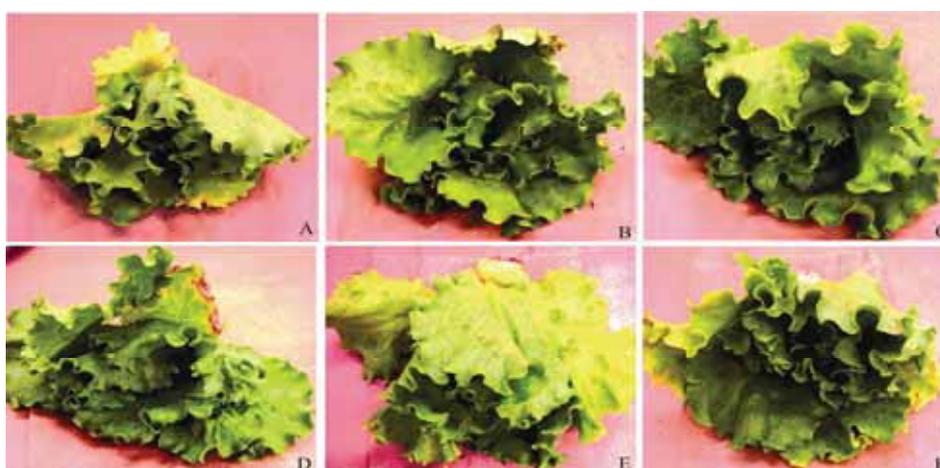


FIGURA 9. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso sob túnel plástico em condições residuais de calcário utilizado para atingir diferentes V% **A-** testemunha, **B-** V%=50, **C-** V%=60, **D-** V%=70, **E-** V%=80 e **F-** V%=90.



FIGURA 10. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso sob túnel plástico em condições residuais de wollastonita utilizada para atingir diferentes V% **A-** testemunha, **B-** V%=50, **C-** V%=60, **D-** V%=70, **E-** V%=80 e **F-** V%=90.

A produção de massa fresca no segundo ciclo de desenvolvimento das plantas foi igual estatisticamente entre as fontes de corretivos, sendo a média de produção de 38,4 e 32,13 g planta⁻¹, quando o solo foi corrigido com calcário e wollastonita, respectivamente (Figura 11A).

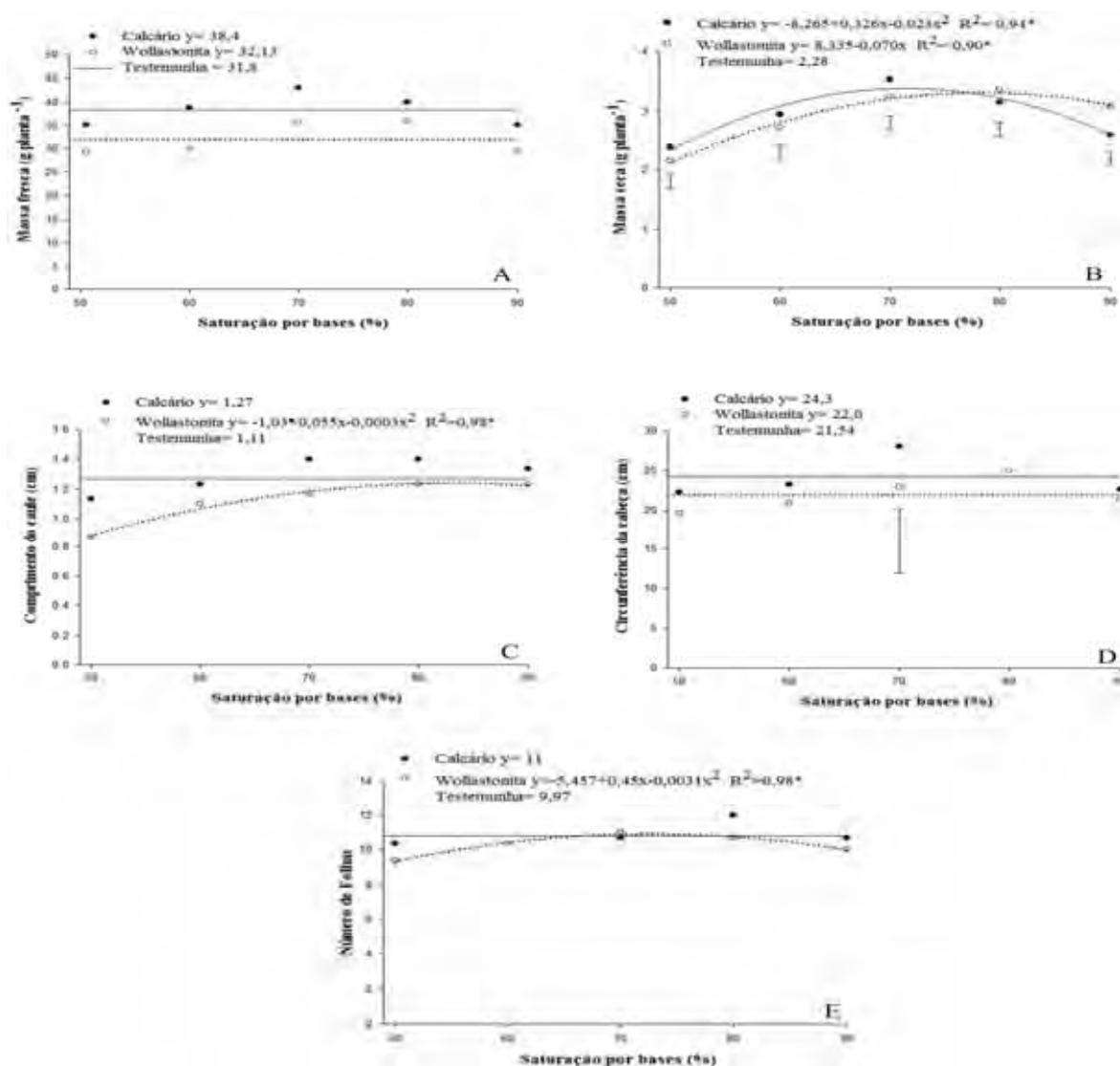


FIGURA 11. Efeito residual dos corretivos (calcário e wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob os componentes de produção **A-** Acúmulo de massa fresca, **B-** Massa seca, **C-** Comprimento do caule, **D-** Circunferência da cabeça, e **E-** Número de folhas, em de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

Os valores para acúmulo de massa seca apresentaram ajuste quadrático em função do V% para ambos corretivos. Para o calcário a máxima produção de massa seca foi obtida no V% 71, sendo a máxima produção obtida no V% 78 com a wollastonita. Para este parâmetro houve diferença significativa entre os corretivos em todos os V%, sendo que o calcário proporcionou maiores valores de massa seca no V% 50, 60 e 70. Já no V% 80 e 90 a wollastonita apresentou valores significativamente maiores para este parâmetro (Figura 11B).

Amaral et al. (1994) ao comparar níveis de saturação tendo com corretivos do solo calcário e escória de siderurgia (alto forno), concluiu que ambos corretivos foram semelhantes na produção de matéria seca da alface cv. Babá de verão.

Não houve diferenças significativas entre as fontes de corretivos em função do V% para o comprimento do caule (Figura 11C). Os valores para comprimento do caule ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático em função do V% quando o solo foi corrigido com wollastonita. Nestas condições o maior comprimento foi obtido quando aplicou-se a wollastonita para elevar o V% 93 (Figura 11C), sendo o comprimento médio do caule 1,27 cm quando o solo foi corrigido com calcário.

A circunferência média da parte aérea foi de 24,3 e 22 cm para as plantas cultivadas em solos corrigidos com calcário e wollastonita, respectivamente. O V% 70 para o calcário proporcionou as plantas os maiores valores para este parâmetro (Figura 11E).

O número de folhas por planta apresentou ajuste quadrático em função do aumento do V%, quando utilizou-se a wollastonita como corretivo (Figura 11E), sendo o V% 73 observado os maiores valores para este parâmetro, e o número médio de folhas das plantas cultivadas em solo corrigido com calcário igual a 11.

Para teor de N, os valores de V% tendo como corretivo a wollastonita apresentaram ajuste linear decrescente (Figuras 12A), sendo o valor médio de N em plantas cultivadas em solo corrigido com calcário de 20,3 g kg⁻¹. Entre os ¹corretivos houve diferença significativa no V% 50, 70, 80 e 90, onde a wollastonita foi superior apenas no V% 50.

O teor médio de N observado nas plantas desenvolvidas no solo corrigido com calcário foram inferiores aquele preconizado por Malavolta et al. (1997) que citou que o teor de N, satisfatório para as plantas de alface é de 30 g kg⁻¹.

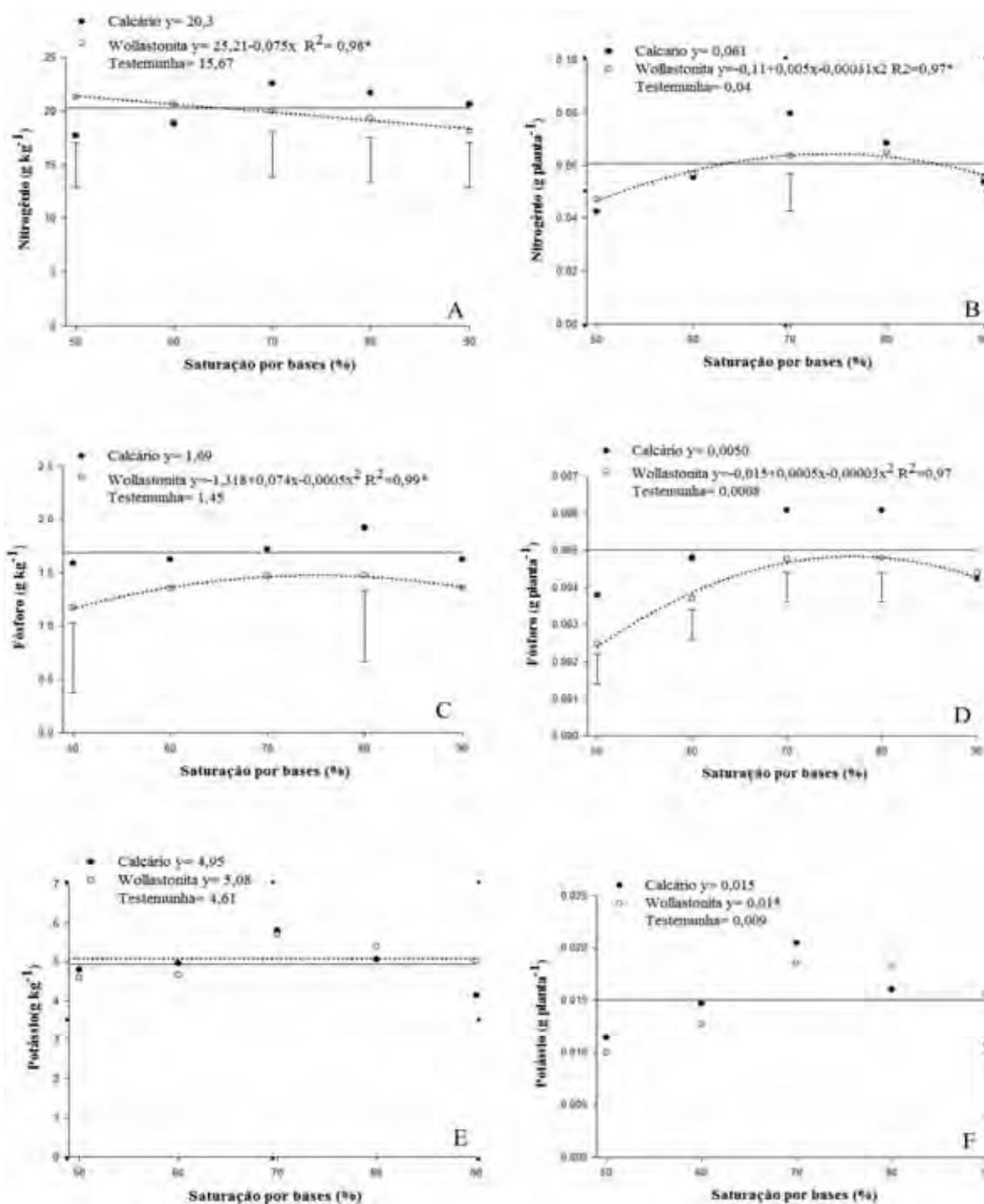


FIGURA 12. Efeito residual dos corretivos (calcário e wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo sob o teor e acúmulo de macronutrientes (N,P,K) de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

O acúmulo de N apresentou ajuste quadrático em função dos V% quando utilizou-se a wollastonita como corretivo, sendo o máximo acúmulo de N verificado no V% 80. Uma diferença significativa foi observada entre as fontes de corretivos no V% 70, onde o calcário foi superior a wollastonita (Figura 12B).

O teor e acúmulo de P apresentaram ajuste quadrático às curvas de regressão apenas quando o corretivo foi a wollastonita (Figuras 12C), cujo maior valor foi verificado quando aplicada para atingir V% de 75. Houve diferença entre os corretivos no V% 50 e 80 onde o calcário foi superior. O teor médio de P foi de $1,69 \text{ g kg}^{-1}$ quando o corretivo foi o calcário, este valor encontra-se abaixo do ideal para planta de alface que segundo Malavolta et al. (1997) é de 3 g kg^{-1} .

Na Figura 12D observou-se o ajuste quadrático do acúmulo de P apenas quando o corretivo foi a wollastonita, sendo o V% 75 o que permitiu o maior valor para este parâmetro. As diferenças entre os corretivos foram verificados nos V% 50, 60, 70 e 80, sendo o calcário o corretivo que proporcionou os maiores valores de acúmulo de P.

O teor e acúmulo de K não ajustaram-se às curvas de regressão em função do V%. A média do teor de K nas plantas de alface foi de $4,95$ e $5,08 \text{ g kg}^{-1}$, quando as plantas foram cultivadas em solo corrigido com calcário e wollastonita respectivamente (Figuras 12E). Para o acúmulo de K houve diferença no V% 90, onde a wollastonita foi superior ao calcário (Figura 12F).

Os valores observados para o teor de K nas plantas de alface estão muito abaixo daquele preconizado por Malavolta et al. (1997) que é de 50 g kg^{-1} . Esta informação associada à necessidade da alface pelo K pode estar associada às baixas produções de massa fresca e seca no segundo ciclo de cultivo.

O teor de Ca nas plantas de alface apresentaram diferenças entre as fontes de corretivos nos V% 50, 60 e 70, sendo a wollastonita o corretivo que proporcionou às plantas melhores condições de absorção deste nutriente (Figura 13A). O teor médio de Ca nas plantas de alface foi de $8,72$ e $10,63 \text{ g kg}^{-1}$ quando as plantas foram cultivadas em solos corrigidos com calcário e wollastonita, respectivamente.

O acúmulo de Ca apresentou ajuste quadrático em função do aumento do V% quando o corretivo utilizado foi a wollastonita. A wollastonita proporcionou maior valor para acúmulo de Ca quando aplicado para atingir o V% 76. A wollastonita gerou

maiores valores para acúmulo de Ca nas plantas de alface quando comparada ao calcário nos V% de 60, 70 e 90 (Figura 13B).

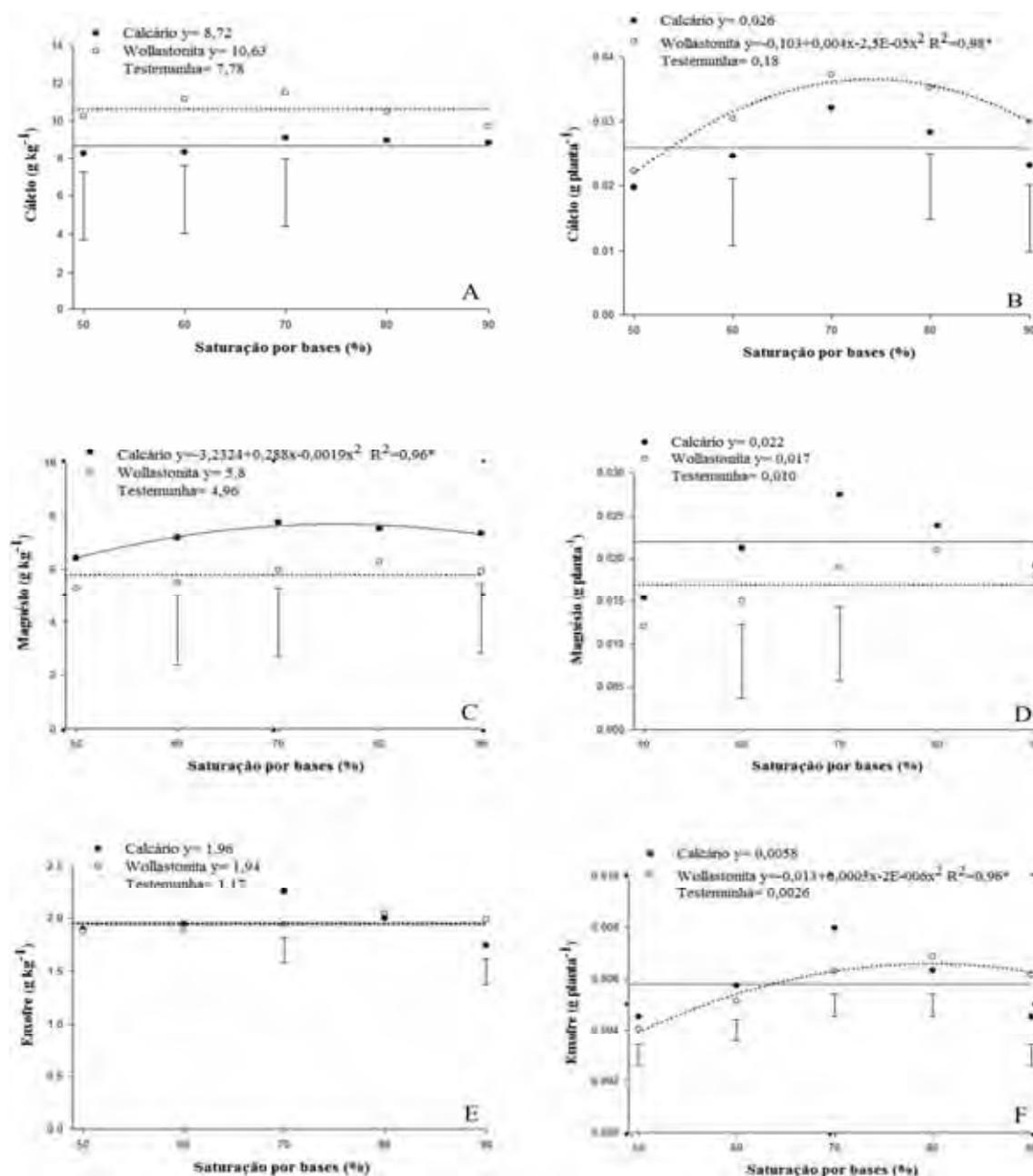


FIGURA 13. Efeito residual de corretivos (calcário e wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de macronutrientes (Ca,Mg,S) de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

Nas Figuras 13C e 13D observam-se que apenas o teor de Mg (calcário) ajustou-se ao modelo de regressão em função do V%. Nestas condições o V% que proporciona maior teor de Mg nas plantas de alface foi de 76%. Entre as fontes de corretivos os V% 60, 70 e 80 apresentaram significativamente maiores valores de teor de Mg quando o solo foi corrigido com calcário. Já o maior acúmulo foi observado no V% 60 e 70 quando o corretivo foi o calcário.

O teor médio de S nas plantas de alface foi de 1,96 e 1,95 g kg⁻¹ quando o solo foi corrigido com calcário e wollastonita respectivamente. Sendo que o calcário proporcionou maiores valores para o teor de S quando aplicado para atingir V% de 70, sendo o V% de 90 superior quando utilizado a wollastonita (Figura 13E).

Em função do V% o acúmulo de S nas plantas de alface apresentou comportamento quadrático quando cultivadas em solo corrigido com wollastonita (Figura 13F). O maior acúmulo deste nutriente foi observado quando este corretivo foi aplicado para atingir V% 84. Ao comparar os corretivos nos V% observa-se na Figura 13E que o calcário proporcionou maiores valores de acúmulo a 50, 60 e 70 %, sendo a wollastonita superior nos níveis de 80 e 90%.

O teor de B nas plantas de alface não ajustaram-se, independente da fonte de corretivo utilizada, à curva de regressão. O teor médio de B nas plantas foi de 24,03 e 23,87 g kg⁻¹, quando as plantas desenvolvem-se em solo corrigido com calcário e wollastonita respectivamente (Figura 14A).

O acúmulo de B apresentou comportamento quadrático em função do V% quando utilizou-se a wollastonita, nestas condições o V% 78 foi aquele onde ocorreu os maiores valores para o acúmulo deste nutriente (Figura 14B). A wollastonita proporciona valor significativamente maior ao calcário para o acúmulo de B apenas no V% 90.

O teor de Cu apresentou ajuste linear em função do V%. Quando utilizado o calcário, como corretivo do solo, o teor de Cu foi crescente em função do V%, já a utilização da wollastonita proporcionou ajuste decrescentes. Apesar do ajuste diferenciado entre as fontes de corretivos, não houve entre eles, diferenças significativas nos diferentes V% (Figura 14C).

O acúmulo médio de Cu nas plantas de alface foi de 0,00095 mg planta⁻¹ quando as plantas de alface desenvolvem-se em solo corrigido com calcário. Quando

corrigido com wollastonita estes resultados apresentam ajuste quadrático, onde o maior acúmulo de cobre foi verificado quando o corretivo foi utilizado para elevar o V% a 80% (Figura 14D).

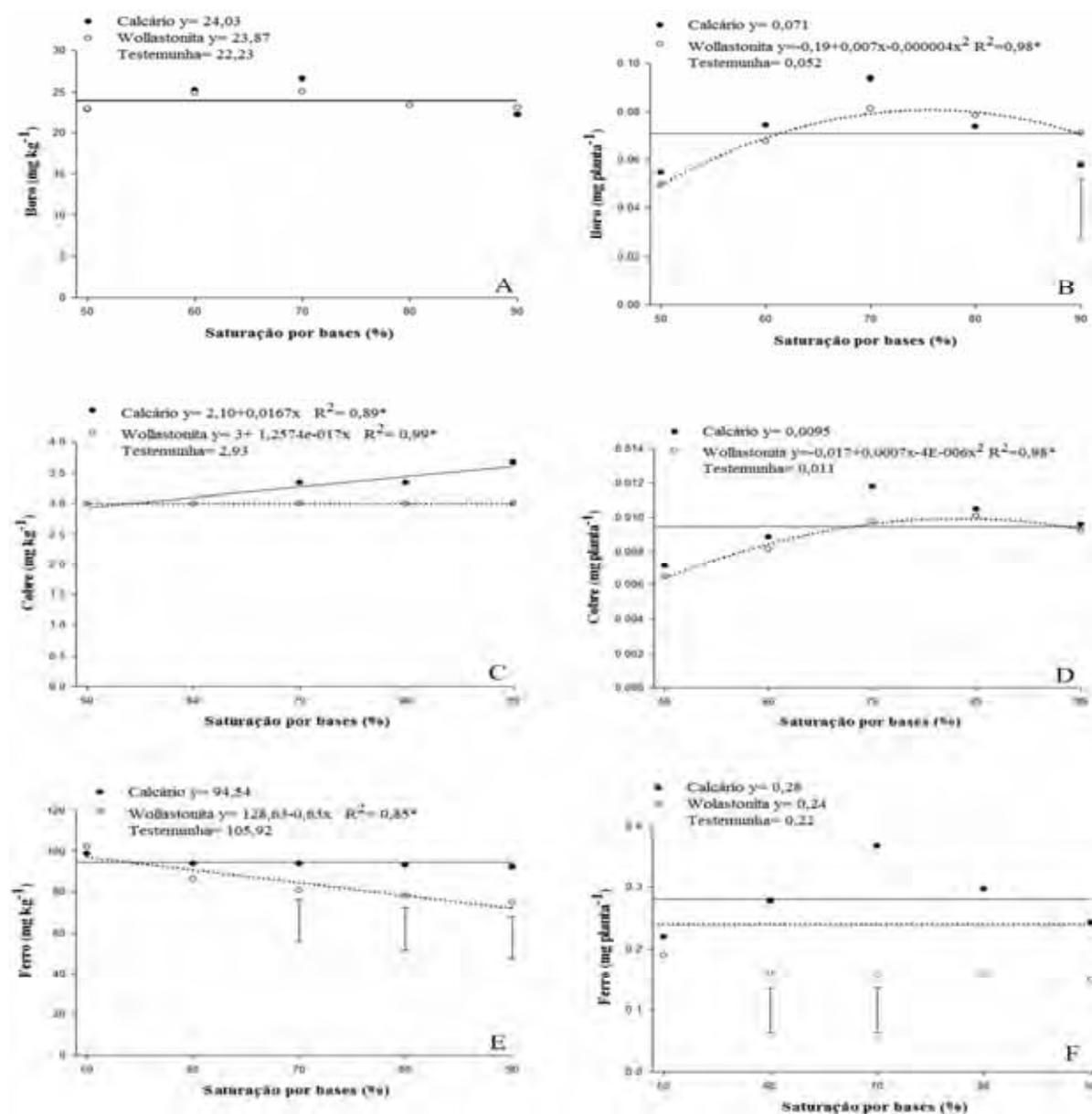


FIGURA 14. Efeito residual dos corretivos (calcário e wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo, sob o teor e acúmulo de micronutrientes (B,Cu,Fe) de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso sob túnel plástico. Barras verticais indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

Para o teor de Fe nas plantas de alface observou-se que apenas a wollastonita apresentou ajuste linear decrescente em função do V% (Figura 14E), sendo o valor médio de Fe nas plantas de 94,5 mg kg⁻¹ quando corrigido com calcário.

O acúmulo de Fe nas plantas de alface foi superior nas plantas cultivadas em solo corrigido com calcário no V% 60 e 70, sendo o acúmulo médio de Fe nas plantas de alface de 0,28 e 0,24 mg planta⁻¹ (Figura 14F).

Na Figura 15A observou-se que o teor de Mn decresce em função do V% no solo para ambos corretivos. O acúmulo de Mn apresentou ajuste quadrático em função do V% quando o corretivo utilizado foi o calcário (Figura 15B), sendo o máximo acúmulo observado no V% 74. O acúmulo médio de Mn foi de 0,0085 mg planta⁻¹ quando o solo foi corrigido com wollastonita. Ao comparar as fontes de corretivos observa-se na Figura 15B que apenas o calcário promoveu no V% 90 menor acúmulo de Mn.

De acordo com Boon e Soltanpour (1992) a alface é uma das plantas hortícolas mais eficientes na absorção de metais pesados, em função disso o teor de Mn deve ser o menor possível, uma vez que esta hortaliça é consumida na forma *in natura*. De acordo Lindsay (1972) os teores decrescentes de Mn nas plantas de alface são verificados na medida em que há aumento do pH do solo (Tabela 3).

O teor de Zn decresce nas plantas de alface em função do V% para ambos corretivos (Figura 15C). O acúmulo de Zn apresentou ajuste quadrático em função do V% (Figura 15D). O máximo acúmulo de Zn foi observado nos V% 65 e 77 quando o solo foi corrigido com calcário e wollastonita, respectivamente. Entre as fontes de corretivos apenas o V% 90 calcário, proporcionou acúmulo significativamente inferior comparado à wollastonita.

O decréscimo no teor de Zn em função do aumento do nível de saturação por bases do solo foi verificado em folhas de soja por Caíres e Fonseca (2000). De acordo com Barber (1995) a concentração de micronutrientes catiônicos na solução do solo é reduzida com a formação de compostos de baixa solubilidade, levando ao decréscimo do seu fluxo difusivo.

O teor médio de Si na parte aérea da alface foi de 10,7 e 10,4 mg kg⁻¹ quando as plantas desenvolveram-se em solo corrigido com calcário e wollastonita respectivamente (Figura 15E). O acúmulo de Si apresentou ajuste quadrático em função do V% (Figura 15F). Os maiores acúmulos de Si foram observados no V% 83 e 79 quando o solo

foi corrigido com calcário e wollastonita, respectivamente. Entre as fontes de corretivos nos diferentes V%, o maior acúmulo de Si foi verificado nas plantas desenvolvidas a 70 % calcário e 90% wollastonita.

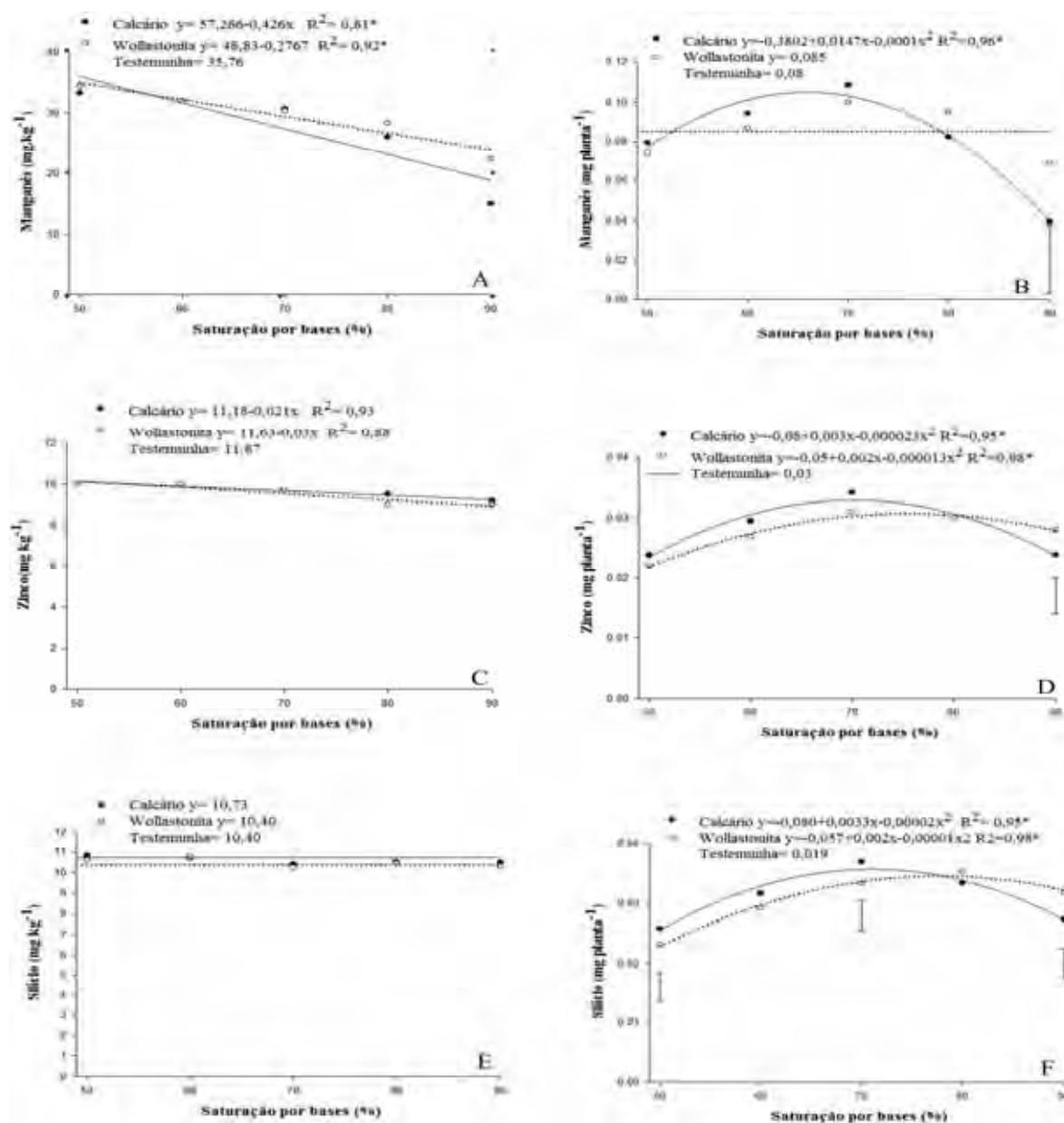


FIGURA 15. Efeito residual dos corretivos (calcário e da wollastonita) aplicados para atingir diferentes níveis de saturações por bases no solo sob o teor e acúmulo de micronutrientes (Mn, Zn, Si) de plantas de alface Americana Cv. Lucy Brown, cultivadas em vaso e em túnel plástico. Barras indicam valor de DMS entre as fontes de corretivos a 5% de probabilidade de erro.

6.3 Experimento II - Primeiro Ciclo

Os componentes de produção da alface apresentaram interação significativa entre os fatores de variação: composição do substrato e fontes de corretivo (Tabela 6).

Nas Tabelas 1 e 4 é possível observar que houve aumento no pH, teor de Ca, Mg e saturação de bases no solo nas testemunhas. Esse resultado pode ser indicativo da reação da vermiculita no solo uma vez que neste tratamento não foi aplicado corretivo do solo.

As diferenças observadas nas plantas cultivadas em diferentes substratos segundo Minami e Puchala (2000), ocorrem em função da relação solo x planta, tendo em vista que o substrato tem a função de fixação das plantas ao solo, e ao mesmo tempo, regulam o suprimento de água, ar nutrientes para as raízes, possibilitando bom desenvolvimento das culturas.

A massa fresca de parte aérea foi maior quando as plantas foram cultivadas em substratos (v:v) solo:vermiculita/4:1, quando corrigido com calcário. Quando cultivadas no substrato 2:1 a máxima produção foi obtida quando o solo foi corrigido com wollastonita (Tabela 6).

O acúmulo de massa seca na parte aérea foi significativamente maior nas plantas cultivadas no substrato 4:1, com a exceção à testemunha que não apresentou diferenças entre os substratos. Os corretivos proporcionaram às plantas condições iguais para o acúmulo de massa seca, sendo estes valores superiores à testemunha (Tabela 6).

O comprimento do caule diferiu entre os substratos, apenas quando as plantas foram cultivadas em solo corrigido com calcário, onde o substrato 2:1 apresentou menores valores de comprimento de caule. Entre as fontes de corretivos observou-se que eles foram estatisticamente iguais, diferindo apenas da testemunha (Tabela 7).

A circunferência da cabeça foi igual entre as plantas cultivadas nos diferentes substratos, diferindo apenas entre as fontes de corretivos, onde observou-se que a testemunha proporcionou menores valores para o componente circunferência da cabeça (Tabela 7).

TABELA 6. Massa fresca e massa seca da parte aérea comercial da alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em dois substratos, solo:vermiculita, nas proporções 4:1 e 2:1, corrigidos com saturação por bases de 70% tendo com fonte de corretivos o calcário, wollastonita e a testemunha.

	Massa fresca da parte aérea		Massa seca da parte aérea	
	-----g kg ⁻¹ -----			
	4:1	2:1	4:1	2:1
70% Ca	235,3Aa	172,7Bb	20,9Aa	14,8Ba
70% Wo	202,9Ab	195,1Aa	19,8Aa	14,1Ba
Testemunha	116,3Ac	82,3Bc	12,0Ab	11,1Ab
Médias	184,8	150,0	17,5	13,3
C.V. (%)	5,2		8,7	

70% Ca- 2:1 e 4:1- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2:1 corrigido ao V%70 tendo como fonte calcário, 70% Wo- 4:1 e 2:1 - Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2: corrigido ao V%70 tendo como fonte a wollastonita, Testemunha 4:1 e 2:1- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2:1 em solo sem correção *Letras iguais nas linhas e nas colunas, não diferem entre si, letras minúsculas na coluna comparam fontes de corretivos do solo e maiúsculas nas linhas comparam substratos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

TABELA 7. Comprimento do caule, circunferência da cabeça e número de folhas por planta da alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em dois substratos, solo:vermiculita, nas proporções 4:1 e 2:1, corrigidos com saturação por bases de 70% tendo com fonte de corretivos o calcário, wollastonita e a testemunha.

	Comprimento do caule		Circunferência da cabeça		Número de folhas por planta	
	-----cm-----					
	4:1	2:1	4:1	2:1	4:1	2:1
70% Ca	3,32 Aa	2,6Ba	42,8Aa	41,7Aa	25,2Aa	18,8Bb
70% Wo	3,1Aa	3,5Aa	43,1Aa	38,8Aa	23,1Ab	21,4Ba
Testemunha	1,9 Ab	1,7Ab	36,6Ab	32,4Ab	13,8Ac	15,1Ac
Médias	2,7	2,6	40,8	37,6	20,7	18,4
C.V. (%)	12,4		5,67		5,5	

70% Ca- 2:1 e 4:1- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2:1 corrigido ao V%70 tendo como fonte calcário, 70% wo- 4:1 e 2:1 - Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2: corrigido ao V%70 tendo como fonte a wollastonita, Testemunha 4:1 e 2:1- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2:1 em solo sem correção *Letras iguais nas linhas e nas colunas, não diferem entre si, letras minúsculas na coluna comparam fontes de corretivos do solo e maiúsculas nas linhas comparam substratos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O número de folhas por planta foi menor nas plantas desenvolvidas no substrato 2:1, sendo iguais entre si apenas quando o solo não foi corrigido. Entre as fontes de corretivos, no substrato 4:1 observou-se que o calcário proporcionou maior número de folhas, seguido pela wollastonita e pela testemunha. No substrato 2:1 o número de folhas foi maior quando o solo foi corrigido com wollastonita, seguido pelo calcário e pela testemunha (Tabela 7).

Entre os substratos, observou-se que de forma geral o substrato 2:1 não proporcionou condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas de alface. Entretanto nestas condições os componentes massa fresca e número de folhas, apresentaram valores significativamente maior quando o solo foi corrigido com wollastonita.

Observa-se na Figura 11 que as plantas testemunhas não formaram cabeça comercial muito provavelmente em função da saturação de bases neste solo estarem abaixo de 60% (Tabela 4).

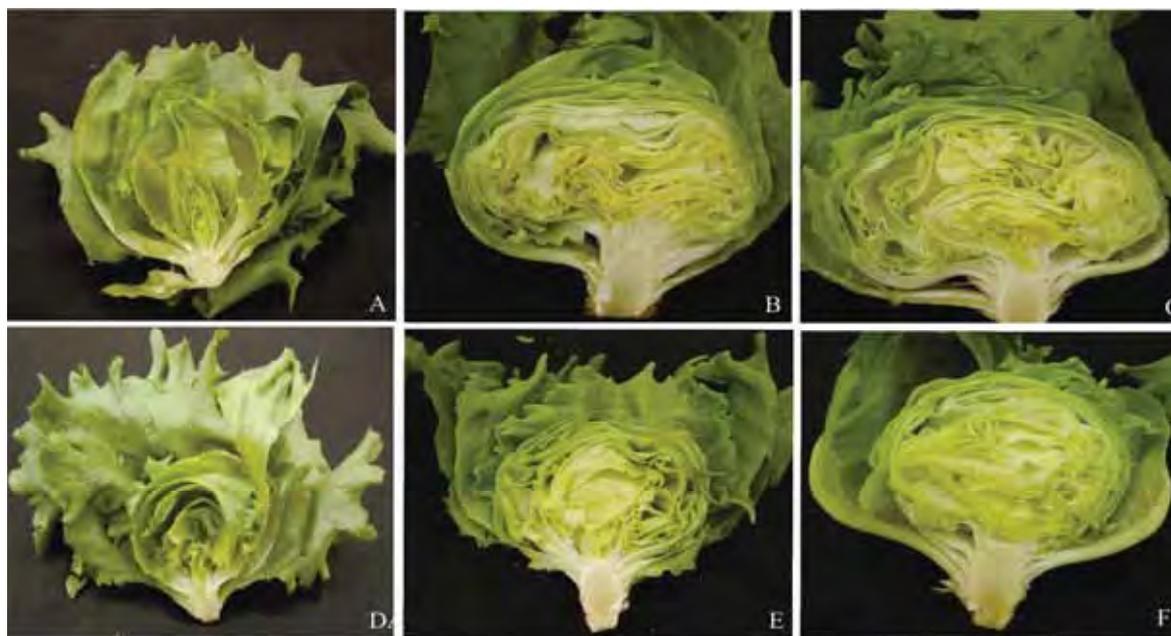


FIGURA 16. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso e túnel plástico em diferentes proporções de substratos solo:vermiculita (4:1/2:1). **A-** Testemunha (4:1), **B-** V%=70% calcário (4:1) **C-** V= 70% wollastonita (4:1), **D-** Testemunha (2:1), **E-** 70% calcário (2:1), **F-** V=70% wollastonita (2:1).

As plantas desenvolvidas no substrato 4:1 apresentaram maior vigor, e as plantas desenvolvidas no substrato 2:1 apresentaram no V% 70 wollastonita melhores características comerciais (Figura 11F), indicando que em condições residuais o solo corrigido com wollastonita proporciona as plantas, a produção de alface com melhores características qualitativas.

6.4 Experimento II - Segundo Ciclo

Sob efeito das condições residuais de corretivo não houve produção de plantas comerciais (Figura 17), embora o V% do solo, exceto a testemunha, estivesse acima ou igual a 60 (Tabela 5). Este resultado pode estar associado às altas temperaturas registradas no túnel plástico durante o segundo ciclo (Figura 1B).

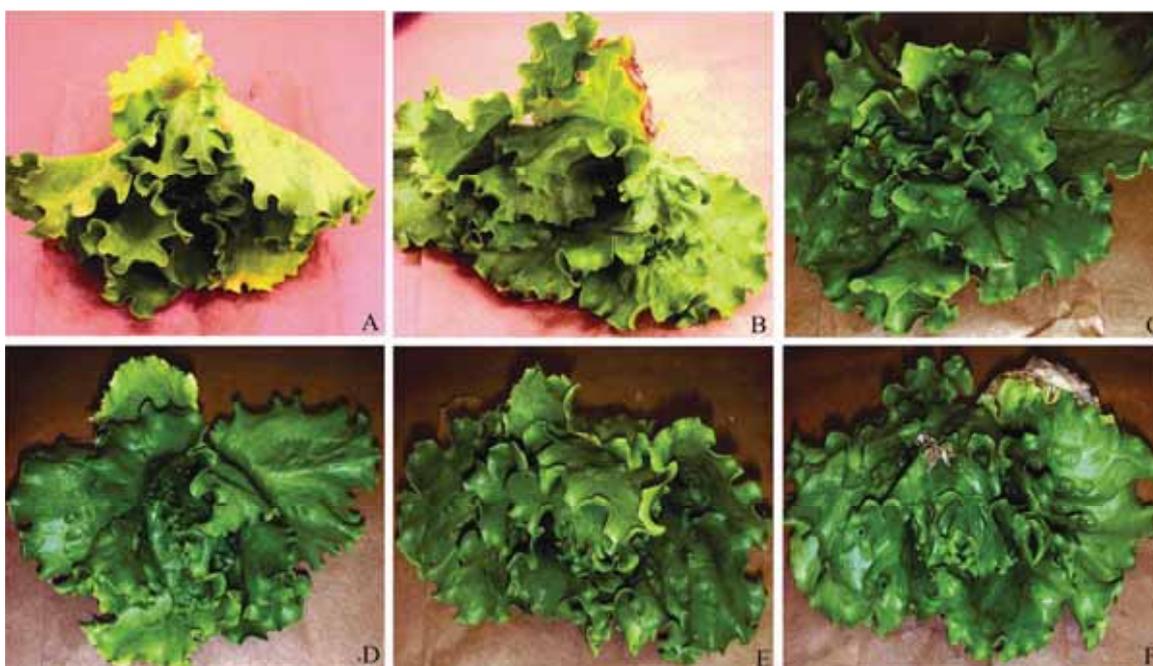


FIGURA 17. Plantas de alface America cv. Lucy Brown cultivadas em vaso e túnel plástico em diferentes proporções de substratos solo:vermiculita (4:1/2:1). **A-** Testemunha (4:1), **B-** V%=70% calcário (4:1) **C-** V= 70% wollastonita (4:1), **D-** Testemunha (2:1), **E-** 70% calcário (2:1), **F-** V=70% wollastonita (2:1). Sob condições residuais dos corretivos calcário e wollastonita.

De acordo com as Tabelas 4 e 5 houve o efeito residual dos corretivos, resultados semelhantes foram encontrados por Prado et al. (2003) que verificou o efeito residual do calcário e escoria de siderurgia na cana-de-açúcar.

O acúmulo de massa fresca foi menor no substrato 2:1 quando o solo foi corrigido com wollastonita. No substrato 4:1 o maior acúmulo de massa fresca foi verificado quando o solo foi corrigido com wollastonita (Tabela 8).

O acúmulo de massa seca não diferiu entre os substratos. No substrato 4:1 o menor acúmulo de massa seca foi verificado onde o solo não foi corrigido. Já no substrato 2:1 o menor acúmulo de massa seca foi verificado no solo corrigido com calcário, seguido pela testemunha e pela wollastonita (Tabela 8).

TABELA 8. Massa fresca e massa seca da parte aérea comercial de plantas de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em dois substratos, (v:v) solo:vermiculita, nas proporções 4:1 e 2:1, corrigidos com saturação por bases de 70% tendo com fonte de corretivos o calcário, wollastonita e a testemunha.

	Massa fresca de parte aérea		Massa seca de parte aérea	
	-----g kg ⁻¹ -----			
	4:1	2:1	4:1	2:1
70% Ca	36,9Aab	31,7Aa	3,1Aa	2,3Ac
70% Wo	42,1Aa	37,0Ba	3,3Aa	3,6Aa
Testemunha	32,8Ab	35,1Aa	2,0Ab	2,7Ab
Médias	37,2	34,6	2,8	2,8
C.V. (%)	9,7		6,2	

70% Ca- 2:1 e 4:1- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2:1 corrigido ao V%70 tendo como fonte calcário, 70% wo- 4:1 e 2:1 - Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2: corrigido ao V%70 tendo como fonte a wollastonita, Testemunha 4:1 e 2:1- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2:1 em solo sem correção *Letras iguais nas linhas e nas colunas, não diferem entre si, letras minúsculas na coluna comparam fontes de corretivos do solo e maiúsculas nas linhas comparam substratos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O comprimento do caule e o número de folhas por plantas não diferiu significativamente entre os corretivos e os substratos utilizados. A circunferência da cabeça foi significativamente menor apenas no substrato 2:1 quando o solo foi corrigido com calcário. Entre os corretivos houve diferença significativa apenas no substrato 4:1, nestas condições a

circunferência da parte aérea foi menor nas plantas testemunhas, seguidas pelas plantas cultivadas em solo corrigido com wollastonita e calcário (Tabela 9).

A pesar de as condições impostas pelo experimento não produzirem plantas comerciais observou-se que não houve incidência de queima dos bordos nas plantas de alface Americana cv. Lucy Brown.

TABELA 9. Comprimento do caule, circunferência da cabeça e número de folhas por planta de alface Americana cv. Lucy Brown, cultivadas em dois substratos, solo:vermiculita, nas proporções 4:1 e 2:1, corrigidos com saturação por bases de 70% tendo com fonte de corretivos o calcário, wollastonita e a testemunha.

	Comprimento do caule		Circunferência da cabeça		Número de folhas por planta	
	-----cm-----					
	4:1	2:1	4:1	2:1	4:1	2:1
70% Ca	1,4	1,5	28,7Aa	22,9Ba	10	11
70% Wo	1,3	1,7	24,2Aab	22,4Aa	11	11
Testemunha	1,1	1,4	21,2Ab	21,2Aa	10	10
Médias	1,2 ^{ns}	1,5 ^{ns}	24,7	22,1	10,6 ^{ns}	10,9 ^{ns}
C.V.(%)	27,2		10,6		8,3	

70% Ca- 2:1 e 4:1- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2:1 corrigido ao V%70 tendo como fonte calcário, 70% wo- 4:1 e 2:1 - Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2: corrigido ao V%70 tendo como fonte a wollastonita, Testemunha 4:1 e 2:1- Substrato composto por solo:vermiculita, proporção 4:1 e 2:1 em solo sem correção *Letras iguais nas linhas e nas colunas, não diferem entre si, letras minúsculas na coluna comparam fontes de corretivos do solo e maiúsculas nas linhas comparam substratos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

6.5 Considerações finais

De acordo com os resultados obtidos observou-se que o teor e acúmulo de nutrientes em plantas de alface não obedecem a um comportamento idêntico em função do aumento dos níveis de saturação por bases e das fontes de corretivos do solo.

O efeito residual dos corretivos do solo foi verificado uma vez que a diferença no V% no primeiro e segundo ciclo foi pouco acentuada.

O maior teor e acúmulo de Si na parte aérea de alface no segundo ciclo, onde as plantas não apresentaram características comerciais, contribui com a premissa de que

a absorção de Si está relacionada com respostas às condições de estresse nos vegetais. Entretanto as implicações da absorção deste nutriente devem ser avaliadas do ponto de vista das características sensoriais como sabor e textura.

No primeiro e segundo ciclo de desenvolvimento nas condições dos Experimentos I e II a não ocorrência de queima dos bordos nas plantas, pode ser indicativo da resistência da cultivar Lucy Brown a esta anomalia.

Ao observar as plantas desenvolvidas nos diferentes substratos, observou-se que as plantas desenvolvidas no substrato 4:1 produziram plantas com melhores características qualitativas, entretanto não se pode afirmar que esta proporção é a mais recomendada, uma vez que ela foi comparada apenas com mais um substrato, devendo, portanto ser comparada com outras proporções.

7 CONCLUSÕES

Os níveis de saturação por bases propostos entre 70 e 90%, tendo como corretivos calcário dolomítico e wollastonita apresentaram os maiores valores para os componentes de produção, bem como para acúmulo e teor de macro e micronutrientes na parte aérea comercial.

As saturações de base proporcionadas pela adição de calcário dolomítico e wollastonita promoveram efeito residual no solo, entretanto no segundo ciclo não houve produção de cabeças comerciais. O cultivo da alface sob o efeito residual destes corretivos promoveu maior teor e acúmulo de Si na parte aérea comercial.

Em função dos efeitos do calcário dolomítico e da wollastonita nos diferentes V%, das proporções na composição solo:vermiculita, bem como seus efeitos residuais, não se observou a ocorrência de queima dos bordos nas plantas de alface Americana cv. Lucy Brown.

O substrato de composição solo:vermiculita na proporção 4:1 promoveu respostas comparativas superiores para os componentes de produção.

8 REFERÊNCIAS

ADAMS, P.; GRAVES, C. J.; WINDSON, G. W. Effects of copper deficiency and liming on the yield, quality and copper status of tomatoes, lettuce, and cucumber grown in peat. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 199-205, 1978.

ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N. et al. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2003. p. 291-334.

ALVARENGA, M. A. R. et al. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface Americana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 905-916, 2000.

AMARAL, A. S. et al. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 9, p. 1351-1358, 1994.

ANDRIOLO, J. L. et al. Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 35-40, 2003.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: Wiley, 1995. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=UKXj6Xpc2PIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=oil+Nutrient+Bioavailability.+A+Mechanistic+Approach.&ots=uFzhrPGY5l&sig=OwuCfcNGC7YHwzLtghS3yn1UTbM#v=onepage&q=oil%20Nutrient%20Bioavailability.%20A%20Mechanistic%20Approach.&f=false>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

BARTA, D. J.; TIBBITTS, T. W. Calcium localization and tipburn development in lettuce leaves during early enlargement. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, v. 3, p. 294-298, 2000.

- BOON, D. Y.; SOLTANPOUR, P. N. Lead, cadmium, and zinc contamination of aspen garden soils and vegetation. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 21, p. 82-86, 1992.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v. 59, p. 213-220, 2000.
- CAIRES, E. F. et al. 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**, Viçosa, MG, v. 22, p. 27-34, 1998.
- CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: estação experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico**, Botucatu, n. 1, 1983. 95 p.
- CARVALHO, R. et al. Interações silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 557-565, 2001.
- CECILIO FILHO, A. B.; MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 3, p. 501-504, 2002.
- DAYANANDAM, P.; KAUFMAN, P. B.; FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 70, p.1079-1084, 1983.
- DEMARTY, M.; MORVAN, C.; THELLIER, M. Calcium and the cell wall. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 7, p. 441-448, 1984.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina, 2006. 401 p.
- FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 110, p. 251-231, 2011.
- FERREIRA, R. L. F. Avaliação de cultivares de alface adubadas com silifétil®. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 05-10, 2009.
- FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1993. 480 p.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 421 p.

FORTES, J. L. O. **Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo**. 1993. 66 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.

FRANÇA, S. C. A.; LUZ, A. B. Utilização da vermiculita como adsorvente de compostos orgânicos poluentes da indústria do petróleo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 19., 2002, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2002. p. 547-553.

GARCIA, L. L. C. et al. Nutrição mineral de hortaliças-Deficiências de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 39, n. 1, p. 349-362, 1982.

GRANGEIRO, C. L. et al. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 190-194, 2006.

GUERRERO, A. C.; BORGES, L. S.; FERNANDES, D. M. Efeito da aplicação foliar de silício em rúcula cultivada em dois tipos de solos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 591-596, 2011.

HAAG H. P.; MINAMI, K. (Coord.). **Nutrição mineral em hortaliças**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 538 p.

HARTZ, T. K.; JOHNSTONE, P. R. Soil calcium status unrelated to tipburn of romaine lettuce. **Hortscience**, Alexandria, v. 42, n. 7, p. 1681-1684, 2007.

HU, G. et al. Review of the direct sulfation reaction of limestone. **Progress in Energy and Combustion Science**, Oxford, n. 32, p. 386-407, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2011.

KANO, C. et al. Doses de potássio na produção e qualidade de sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 3, p. 356-359, 2006.

KARAIVAZOGLOU, N. A. et al. Influence of liming and form of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, growth, yield, and quality of Virginia (flue-cured) tobacco. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 100, n. 1, p. 52-60, 2007.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 70, p. 1-5, 1995.

- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim Técnico, 2).
- KORNDÖRFER, G. H. et al. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 635-641, 1999.
- LEE, C. H. et al. Reduction of phosphorus release by liming from temporary flooded rice rotational system in greenhouse upland soil. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 37, n. 8, p. 1239-1243, 2011.
- LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J. J. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 41-57.
- LUZ, J. M. Q. et al. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 3, p. 95-300, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MINAMI, K.; PUCHALA, B. Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, p. 162-163, 2000. (Suplemento).
- NOLLA, A. Correção da acidez do solo com silicatos. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., 2004, Uberlândia. **Palestras...** Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 1 CD-ROM.
- PATERSON, J. W. Liming and fertilizing lettuce profitably. **Better Crop with Plant Food**, Atlanta, v. 63, p. 4-6, 1979.
- PEREIRA, C.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A. Balanço nutricional e incidência de queima de bordos em alface produzida em sistema hidropônico - NFT. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 810-814, 2005.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade de fósforo no latossolo vermelho-escuro e na areia quartzosa. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 74, n. 2, p. 235-242, 1999.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 739-744, 2000.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 287-296, 2003.

PRADO, R. M. et al. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 539-546, 2002.

PULTZ, A. L. et al. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1651-1659, 2008.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RAMOS, L. A. et al. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 30, p. 849-857, 2006.

REIS, E. Vermiculita no Brasil situação atual. Brasília, DF: MCT-CGEE, 2002. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/ct_mineral/documentos/ct_mineral01vermiculita_no_brasil.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2011.

RESENDE, G. M. **Características produtivas, qualidade pós-colheita e teor de nutrientes em alface Americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de nitro-gênio e molibdênio, em cultivo de verão e de inverno**. 2004. 139 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

RESENDE, G. M. et al. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo Americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 455-459, 2007.

RESENDE, G. M. et al. Produção de alface Americana em função de doses e épocas de aplicação de Supa Potássio[®]. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 174-178, 2005.

RICHARDSON, S. J.; HARDGRAVE, M. Effect of temperature, carbon dioxide enrichment, nitrogen form and rate of nitrogen fertilizer on the yield and nitrate content of two varieties of glasshouse lettuce. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 59, n. 3, p. 345-349, 1992.

SANCHÉZ, L. F. R. **La fertirrigacion de la lechuga**. México: Mundi Prensa, 2008. 260 p.

SANDERS, D. C. Lettuce production. Horticulture Information Leaflet, 11. North Carolina State University, 2001. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-11.html>>. Acesso em: 19 jan. 2012.

SEGOVIA, J. F. O. et al. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 37-41, 1997.

- SOON, Y. K.; ARSHAD, M. A. Tillage and liming effects on crop and labile soil nitrogen in an acid soil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 80, n. 1/2, p. 23-33, 2005.
- TANG, C. et al. Responses of wheat and barley to liming on a sandy soil with subsoil acidity. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 80, n. 3, p. 235-244, 2003.
- TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; AZEVEDO FILHO, J. A. Alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'água. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 168-169. (Boletim Técnico,100).
- TRANI, P. E. et al. Calagem em cultivos sucessivos de cenoura e alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 1, p. 59-64, 2006.
- TRASAR-CEPEDA, M. C.; CABALLAS, T. Liming and the phosphatase activity and mineralization of phosphorus in an andic soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 23, n. 3. p. 209-215, 1991.
- TURINI, T. et al. Iceberg lettuce production in California. 2011. Disponível em: <<http://www.ucanr.org/freepubs/docs/7215.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2012.
- VIDIGAL, S. M. et al. Resposta da alface (*Lectuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica: I. Ensaio de campo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 42, n. 239, p. 80-88, 1995.
- YURI, J. E. et al. **Alface-americana**: cultivo comercial. Lavras: UFLA, 2002. 51 p.
- YURI, J. E. et al. Desempenho de cultivares de alface tipo Americana em cultivo de outono no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 282-286, 2004a.
- YURI, J. E. et al. Doses e épocas de aplicação de molibdênio na produção e qualidade de alface Americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 589-592, 2004b.
- ZINK, F. W.; YAMAGUCHI, M. Head lettuce growth and nutrient absorption studies indicate need for re-evaluation of fertilizer practices. **California agriculture**, Berkeley, v. 17, n. 3, p. 13-14, 1963.
- WALKER, G. **X-Ray identification and crystal of vermiculite crystals in water**. London: Mineralogical Society, 1961. 297 p.