



# UNESP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

## ***DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA***

1210001178



**Resposta da Cana-de-Açúcar à Aplicação  
de Escória Silicatada como Corretivo de  
Acidez do Solo**

**Aluno: Renato de Mello Prado**

**Orientador: Francisco Maximino Fernandes**

**Te.1178**

**RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR À APLICAÇÃO  
DE ESCÓRIA SILICATADA COMO CORRETIVO  
DE ACIDEZ DO SOLO**

**RENATO DE MELLO PRADO**

**ILHA SOLTEIRA  
Estado de São Paulo – Brasil  
Março – 2000**







UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR À APLICAÇÃO  
DE ESCÓRIA SILICATADA COMO CORRETIVO  
DE ACIDEZ DO SOLO**

1210001178



**RENATO DE MELLO PRADO**  
Engenheiro Agrônomo

**Orientador: Prof.Dr. FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES**

*Proc. 040/01 - NPD 11/2001*

|                                              |               |
|----------------------------------------------|---------------|
| UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"            |               |
| SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO |               |
| DATA DE CHEGADA                              | DATA DE TOMBO |
|                                              | 31/03/01      |
| REGISTRO POR                                 | TOMBO         |
| <i>Lélia</i>                                 | 1178          |
| AQUISIÇÃO                                    | CLASSIFICAÇÃO |
| <i>Deacaf</i><br>R\$ 10,00<br>Autor          | P896R         |

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Sistemas de Produção.

*50/10105 - Fertilizantes  
e adubos*

**ILHA SOLTEIRA**  
**Estado de São Paulo – Brasil**  
**Março – 2000**

633.61 Prado, Renato de Mello

P896r      Resposta da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo/ Renato de Mello Prado. -- Ilha Solteira, 2000  
97p. : il. ; 31cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de concentração : Sistemas de Produção, 2000

Orientador : Francisco Maximino Fernandes

Bibliografia : p. 80-92

1. Cana-de-açúcar-Corretivo de acidez de solo 2. Cana-de-açúcar-Solo-Calcário e Escória de siderurgia 3. Cana-de-açúcar-Solo-Análise química



# ***“Resposta da Cultura da Cana-de-Açúcar à Aplicação de Escória Silicatada como Corretivo de Acidez do Solo”***

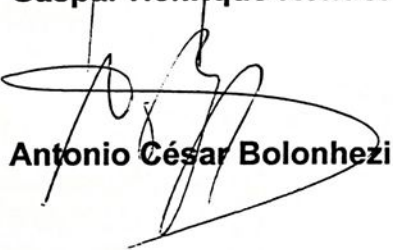
**RENATO DE MELLO PRADO**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA  
SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
**Prof. Dr. Francisco Maximino Fernandes**  
Orientador

  
**Prof. Dr. Gaspar Henrique Kondörfer**

  
**Prof. Dr. Antonio César Bolonhezi**

**Ilha Solteira – SP  
março de 2000**

Aos meus estimados pais, **Jair de Mello Prado**  
**e Vidal Prado.**

**Ofereço**

Aos meus filhos Renato Júnior e Emilaine  
A minha esposa Lidianne  
Aos meus Avós maternos Caetano e Beatriz  
e paternos Afonso e Irene (*in memoria*)

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

À Deus por abrilhantar com a vida, a saúde e a família.

Aos meus pais pelo incentivo a luta, aos ensinamentos fundamentais durante minha formação e por acreditar que querer é poder.

A Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Unesp pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - *FAPESP* por conceder a bolsa de estudos durante vinte e oito meses.

Ao orientador Prof. Dr. Francisco Maximino Fernandes pelos ensinamentos, a confiança depositada e ao espírito companheiro durante o transcorrer dos trabalhos desenvolvidos.

Aos Professores do curso especialmente aos Dr(as) Arf, Marlene, Marcos, Lazarini e Vinícius pelo incentivo e companherismo.

Aos Professores da Banca Dr. Antônio Bolonhesi da FEIS/Unesp e Dr. Gaspar Henrique Korndörfer da UFU pelas críticas, legitimidade nos seus pareceres e a real contribuição científica. Ao Dr. William Natale da FCAV/Unesp pelas sugestões.

A Fazenda Nossa Senhora Aparecida de Ituverava-SP pela concessão da área física, a Usina Junqueira pelas análises tecnológicas na cana-de-açúcar e a Minersolo pelo fornecimento da escória silicatada de siderurgia.

Aos trabalhadores rurais, aos técnicos de laboratório, ao bibliotecário, enfim a todos que contribuíram para realização desta pesquisa.





## ÍNDICE

|                                                                                     | Página |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| LISTA DE TABELAS .....                                                              | iv     |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                              | viii   |
| RESUMO .....                                                                        | xi     |
| SUMMARY .....                                                                       | xiii   |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                                 | 1      |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                                      | 3      |
| 2.1 Caracterização da escória silicatada de siderurgia .....                        | 3      |
| 2.2 Comportamento da escória silicatada de siderurgia como corretivo agrícola ..... | 9      |
| 2.3 Resposta da cana-de-açúcar a correção da acidez do solo .....                   | 12     |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....                                                         | 19     |
| 3.1 Local do experimento .....                                                      | 19     |
| 3.2 Caracterização da escória de siderurgia e o calcário .....                      | 19     |
| 3.3 Delineamento estatístico e tratamentos .....                                    | 22     |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.1 Preparo do solo .....                                                                               | 24 |
| 3.4.2 Plantio .....                                                                                       | 24 |
| 3.4.3 Tratos culturais .....                                                                              | 25 |
| 3.5 Avaliações do desenvolvimento da cana-planta e cana-soca .....                                        | 26 |
| 3.5.1 Perfilhamento .....                                                                                 | 26 |
| 3.5.2 Altura .....                                                                                        | 26 |
| 3.5.3 Análise foliar .....                                                                                | 26 |
| 3.5.4 Produção de colmos .....                                                                            | 27 |
| 3.5.5 Análise tecnológica .....                                                                           | 27 |
| 3.6 Avaliações nas propriedades químicas do solo na época da colheita da cana-planta e da cana-soca ..... | 28 |
| 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....                                                                              | 29 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                           | 31 |
| 5.1 Efeitos dos tratamentos na planta .....                                                               | 31 |
| 5.1.1 Perfilhamento e altura .....                                                                        | 31 |
| 5.1.1.1 Cana-planta .....                                                                                 | 31 |
| 5.1.1.2 Cana-soca .....                                                                                   | 34 |
| 5.1.2 Teores de macronutrientes foliar .....                                                              | 37 |
| 5.1.2.1 Cana-planta .....                                                                                 | 37 |
| 5.1.2.2 Cana-soca .....                                                                                   | 38 |
| 5.1.3 Produção de colmos .....                                                                            | 40 |
| 5.1.3.1 Cana-planta .....                                                                                 | 40 |
| 5.1.3.2 Cana-soca .....                                                                                   | 43 |
| 5.1.4 Análise tecnológica .....                                                                           | 45 |
| 5.1.4.1 Cana-planta .....                                                                                 | 45 |
| 5.1.4.2 Cana-soca .....                                                                                   | 49 |
| 5.2 Efeitos dos tratamentos nos atributos químicos do solo .....                                          | 52 |

|                                                                                                | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 5.2.1 Cana-planta .....                                                                        | 52     |
| 5.2.1.1 Amostragem do solo na entrelinha e na linha da cultura ..                              | 52     |
| 5.2.1.2 Amostragem do solo somente na entrelinha da cultura ....                               | 58     |
| 5.2.1.3 Comparações de métodos de amostragem de terra para a<br>cultura da cana-de-açúcar..... | 67     |
| 5.2.2 Cana-soca .....                                                                          | 70     |
| 6. CONCLUSÕES .....                                                                            | 79     |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                            | 80     |
| Anexos.....                                                                                    | 93     |





## LISTA DE TABELAS

Página

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Produção total e dos diferentes tipos de fornos, do ferro gusa e do aço bruto a nível de Brasil e dos estados produtores São Paulo e Minas Gerais em 1997 ..... | 6  |
| 2. Resultado da análise química do solo, da área experimental da Fazenda Nossa Senhora Aparecida, município de Ituverava-SP .....                                  | 20 |
| 3. Caracterização química, reatividade e poder neutralização da escória silicatada .....                                                                           | 21 |
| 4. Caracterização química, poder de neutralização e a reatividade do calcário calcítico .....                                                                      | 21 |
| 5. Quantidade de calcário e escória silicatada utilizado no experimento em função dos níveis de saturação de bases desejados .....                                 | 23 |
| 6. Fontes e quantidades de micronutrientes nos tratamentos com calcário em função dos níveis de saturação de bases desejados .....                                 | 23 |
| 7. Esquema da análise de variância com desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos .....                                                                   | 30 |
| 8. Esquema da análise de variância para verificação dos efeitos dos tratamentos .....                                                                              | 30 |
| 9. Esquema da análise de variância considerando-se as regressões linear e quadrática, aplicada no experimento .....                                                | 30 |



10. Resultados do desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos de acordo com esquema fatorial 2x4, em relação aos dados médio do número de perfilhos e da altura da cana-planta, no ano agrícola 98/99 ..... 32
11. Valores médios do número de perfilhos da cana-planta em função do desdobramento do fator dose dentro do fator corretivo, no ano agrícola 98/99 ..... 33
12. Resultados médios da altura da cana-planta, em função dos tratamentos, no ano agrícola 98/99 ..... 34
13. Resultados do desdobramento dos graus de liberdade de tratamento de acordo com esquema fatorial 2x4, em relação aos valores médios do número de perfilhos e da altura da cana-soca, no ano agrícola 99/00 ..... 35
14. Valores médios do número de perfilhos da cana-soca em função do desdobramento do fator dose dentro do fator corretivo, no ano agrícola 99/00 ..... 36
15. Valores médios de macronutrientes nas folhas da cana-planta, aos 120 dias após a emergência dos brotos e o desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos de acordo com esquema fatorial 2x4, no ano agrícola 98/99 ..... 38
16. Valores médios de macronutrientes nas folhas da cana-soca aos 120 dias após a emergência dos brotos e o desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos de acordo com esquema fatorial 2x4, no ano agrícola 99/00 39
17. Teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios da produção de colmos da cana-planta aos 345 dias após a emergência do broto, no ano agrícola 98/99 ..... 41
18. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios da produção de colmos da cana-soca aos 345 dias após a emergência do broto, no ano agrícola 99/00 ..... 44
19. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios das características tecnológica, Brix %, Pol %, do caldo e da cana e a Pureza % e Fibra % da cana-planta, no ano agrícola 98/99 ..... 46





|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 20. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios da característica tecnológica açúcar teórico recuperável (ATR) da cana-planta, no ano agrícola 98/99 .....                                                                          | 47 |
| 21. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios das características tecnológicas, Brix %, Pol %, a Pureza % e a Fibra % da cana-soca, no ano agrícola 99/00 .....                                                                   | 50 |
| 22. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios da característica tecnológica açúcar teórico recuperável (ATR) da cana-soca, no ano agrícola 99/00 .....                                                                            | 51 |
| 23. Valores médios de algumas características químicas do solo em amostras da linha e da entrelinha da cana-planta em função dos tratamentos, no ano agrícola 98/99 .....                                                                                                                         | 53 |
| 24. Valores médios de algumas características químicas do solo em amostras da entrelinha da cana-planta na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no ano agrícola 98/99 .....                                                                                                        | 59 |
| 25. Valores médios de cálcio, magnésio e fósforo do solo em amostras da entrelinha da cana-planta na profundidade de 0-20 cm, em função do desdobramento do fator dose dentro do fator corretivo, no ano agrícola 98/99 .....                                                                     | 60 |
| 26. Valores médios de algumas características químicas do solo em amostras coletadas na entrelinha da cana-planta na profundidade de 20-40 cm, em função dos tratamentos, no ano agrícola 98/99 .....                                                                                             | 61 |
| 27. Resultados médios do pH, H+Al, Ca, Mg e V% obtidos em função do fator métodos de amostragem de solo na linha + entrelinha (L+E) e na entrelinha (EL) da cana-planta e do fator corretivos calcário (C) e a escória silicatada (E), após 345 dias da incorporação, no ano agrícola 98/99 ..... | 68 |
| 28. Valores médios de algumas características químicas do solo em amostras da entrelinha da cana-soca, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no ano agrícola 99/00 .....                                                                                                         | 71 |



29. Valores médios de algumas características químicas do solo, em amostras da entrelinha da cana-soca na profundidade de 20-40 cm, em função dos tratamentos, no ano agrícola 99/00 ..... 72





## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Página |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Fluxograma básico de processos siderúrgicos de produção do ferro gusa, aço e de escórias silicatadas .....                                                                                                                                                                   | 5      |
| 2. Efeito dos níveis de correção do solo no perfilhamento (nº. de perfilhos pôr metro) da cana-soca em função da aplicação do calcário (C) e da escória silicatada (E) no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições) .....                                         | 37     |
| 3. Efeito dos níveis de correção utilizando o calcário (C) e escória silicatada (E), sobre a produção de colmos da cana-planta no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições) .....                                                                                 | 42     |
| 4. Efeito do perfilhamento (nº. de perfilhos por metro) (a) e da altura da planta (b) na produção de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) da cana-planta em função da aplicação do calcário (C) e da escória silicatada (E) no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições) ..... | 43     |
| 5. Efeito dos níveis de correção utilizando como fonte o calcário (C) e escória silicatada (E), sobre a produção de colmos da cana-soca, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições) .....                                                                       | 45     |
| 6. Efeito da produção de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) da cana-planta na característica tecnológica ATR da área ( $t\ ha^{-1}$ ), com aplicação do calcário (C) e da escória silicatada (E), no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições) .....                         | 48     |

7. Efeito da produção de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) da cana-soca na característica tecnológica ATR da área ( $t\ ha^{-1}$ ), com aplicação do calcário (C) e da escória silicatada (E), no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições) ..... 52
8. Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) no pH; H+Al; Ca; Mg e V% do solo após 345 dias da aplicação, na cana-planta em amostra de terra da linha e da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições) ..... 54
9. Efeito do Ca, Mg, V%, pH, H+Al do solo na produção de colmos da cana-planta, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra da linha e da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições) ..... 56
10. Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) nas propriedades químicas do solo pH; H+Al; Ca; Mg; V% e P após 345 dias da aplicação, na cana-planta em amostra de terra da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições) ..... 63
11. Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) nas propriedades químicas do solo pH; H+Al e V% após 345 dias da aplicação, na cana-planta em amostra de terra da entrelinha da cultura, 20-40 cm de profundidade, no ano agrícola 99/99. (Dados médios de quatro repetições) ..... 63
12. Efeito das propriedades químicas do solo Ca, Mg, V%, pH, H+Al e P na produção de colmos da cana-planta, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições) 65
13. Efeito do Ca, Mg, V%, pH, H+Al e P na produção de colmos da cana-planta, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra da entrelinha da cultura, 20-40 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições) ..... 66





14. Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) no pH; H+Al; Ca; Mg; V% e P após 345 dias da aplicação, na cana-soca, em amostra de terra da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições) 74
15. Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) no pH; H+Al; Ca e V% após 345 dias da aplicação, na cana-soca, em amostra de terra da entrelinha da cultura, 20-40 cm de profundidade, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições) ..... 75
16. Efeito do pH, H+Al, Ca, Mg, P e V% na produção de colmos da cana-soca, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra coletado na entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições) ..... 77
17. Efeito do pH, H+Al, Ca, Mg, P e V% na produção de colmos da cana-soca, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra da entrelinha da cultura, 20-40 cm de profundidade, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições) ..... 78





## RESUMO

PRADO, Renato de Mello. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. Ilha Solteira, 2000. 97p. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

Nos solos da região sudeste como das demais regiões do Brasil predomina acidez elevada, pela ação forte do intemperismo, bem caracterizado nesta região, onde os minerais primários e secundários sofreram a dessilificação, ao passo que na mesma região encontra-se as maiores reservas nacionais de escória silicatada de siderurgia, um resíduo da fabricação do aço e do ferro-gusa, rica em cálcio, silício e com ação corretiva de acidez. Diante disto foi conduzido um experimento a nível de campo, com a cultura da cana-de-açúcar, variedade SP 80-1842, durante os dois primeiros cortes. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 4 repetições. Usou-se esquema fatorial com 4 níveis de correção e 2 fontes de corretivos. Os quatro níveis de corretivo foram estimados pelo método da elevação da saturação por bases (V%) calculados com base no PRNT de cada corretivo, escória e o calcário: testemunha sem correção; correção para V% a 50; correção para V% a 75; correção para V% a 100. Foram avaliadas: as alterações químicas do solo (pH, Ca, Mg e H+Al); teor foliar dos

macronutrientes na folha +3, a altura e perfilhamento; produção de colmo e qualidade tecnológica (sólido solúveis e teor de sacarose da cana e do caldo, pureza e fibra) e o rendimento em açúcar da cana e da área. Pelos resultados obtidos pode-se concluir que: a) a escória silicatada de siderurgia corrigiu a acidez do solo; b) a escória silicatada de siderurgia e o calcário calcítico foram semelhantes na correção da acidez do solo e na elevação da saturação por bases; c) os teores de macronutrientes na folha +3 da cana-de-açúcar, não foram afetados pelo uso da escória silicatada de siderurgia ou do calcário calcítico; d) o perfilhamento da cana-de-açúcar foi influenciado positivamente apenas pela aplicação da escória silicatada de siderurgia na cana-planta e por ambos corretivos na cana-soca; e) a cana-de-açúcar respondeu a aplicação da escória silicatada de siderurgia e do calcário calcítico; f) as análises tecnológicas (sacarose e sólidos solúveis da cana e do caldo; pureza, fibra, ATR da cana e da área), da cana-planta e cana-soca, não foram afetados pelo uso da escória silicatada de siderurgia e do calcário calcítico.



## SUMMARY

PRADO, Renato de Mello. **The effect slag application on sugarcane yield and soil acidity.** Ilha Solteira, 2000. 97p. Dissertation (Master's degree Production Systems) - Faculty of Engineering of Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

In the soils of the South-East region as well as other regions of Brazil high acidity predominates, due to the impact of weathering which is strongly characterized in this region where the primary and secondary minerals suffer desilification, whereas in the same region the largest national reserves of silicated slag, a refuse from the steel and pig-iron production, rich in calcium, silicon and acting as corrective agent for acidity, are found. In view of these facts a field experiment was conducted with sugar cane type SP 80-1842, during the first two cuttings. The experimental design was of randomized blocks with four replications. A factorial scheme with 4 correction levels and two sources of corrective agents was used. The four levels and corrective agent were evaluated by the method of elevation of the base saturation (V%) calculated on the basis of the PRNT of each corrective agent, slag and limestone; control without correction; correction for V% to 50; correction for V% to 75; correction for V% to 100. Evaluation was made of: the chemical soil alterations (pH, Ca, Mg and H+Al);





leaf content of the macronutrients in the leaf +3, the height and number of millable stalk; production of culm and technological qualities (soluble solids and sucrose content of the sugar cane and its juice, purity and fibre) and the yield of cane sugar and the area yield. Judging from the results obtained it can be concluded that: a) slag decreases the soil acidity; b) the slag and the calcitic limestone were similar decreasing the soil's acidity and in the elevation of the base saturation; c) the content of macronutrients in the leaf +3 of sugar cane was not affected by the use of silicified slag or by the calcitic limestone; d) the sprout emission of the sugar cane of the first as well as of the second cutting was influenced positively by the application of the silicified slag and by the calcitic limestone; e) the sugarcane quality (sucrose and soluble solids, purity, fibre, sugar contents of the sugar cane and area yield) showed that neither the sugarcane of the first nor of the second cutting were affected by the use of silicified slag and calcitic limestone.



## 1- INTRODUÇÃO

O aproveitamento na agricultura de recursos disponíveis como a escória silicatada de siderurgia, a qual o Brasil produz cerca de 3 milhões de toneladas anualmente, é pouco difundida pela pesquisa nacional, porém amplamente estudada a nível mundial. Diante da necessidade da reciclagem destes resíduos industriais na agricultura, fixamos três bases a ser seguido neste trabalho. A primeira seria a utilização de um resíduo industrial promissor, a escória silicatada de siderurgia; a segunda num ambiente propício, solo ácido; e a terceira em uma cultura responsiva e sócio-economicamente importante, a cana-de-açúcar.

De modo que para ajudar a suprir as necessidades químicas dos solos do Brasil, a partir da correção da reação do solo e fornecimento de cálcio e magnésio, pode-se utilizar a escória de siderurgia, um resíduo da indústria do aço e ferro-gusa, constituída quimicamente de um silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) com propriedades corretivas de solo semelhante ao calcário e que atualmente é pouco utilizado na agricultura brasileira, diferentemente de alguns países como Estados Unidos, Japão e China, a qual é amplamente utilizada na agricultura.



Na literatura nacional os poucos trabalhos que tratam do uso da escória silicatada de siderurgia como corretivo de acidez e a resposta das culturas, estão polarizadas principalmente em culturas anuais como arroz, sorgo e milho. Enquanto nas semi-perenes como a cana-de-açúcar inexistem trabalhos de pesquisa, a nível de campo, desta natureza, haja visto que é uma cultura que pode apresentar considerável potencial de resposta e ainda podendo consumir grandes volumes destes resíduos siderúrgicos, em razão da vasta área cultivada e da infraestrutura que o setor sucroalcooleiro apresenta.

Assim, o presente trabalho teve a finalidade de contribuir com assunto, avaliando a resposta da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez, comparando-a com calcário, no cultivo da cana-planta e da cana-soca.





## **2- REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Caracterização da escória silicatada de siderurgia**

De maneira simplificada a escória de siderurgia pode ser definida como sendo obtida através da sílica do minério de ferro que reage com cálcio do calcário em alto forno dando o silicato de cálcio com impurezas (MALAVOLTA, 1981).

No Brasil, o marco histórico da atividade siderúrgica deu-se no ano de 1812 em Minas Gerais, porém seu desenvolvimento culminou, sem dúvida, no ano de 1946, com a corrida do ferro gusa no então único alto-forno da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) instalada em Volta Redonda (RJ). De modo que os 10 parques siderúrgicos nacionais estão em crescente desenvolvimento pelas inovações tecnológicas, simplificando e tornando mais eficiente os métodos de fabricação do aço (CAMPUS FILHO, 1981). Segundo o mesmo autor a atividade de siderurgia ou seja, o conjunto integrado dos processos siderúrgicos, tem como primeira etapa a obtenção do ferro bruto e impuro “ferro gusa” por meio da redução dos minérios de ferro e como resíduo a escória de siderurgia de alto forno



compreendendo cerca de 65% do volume total das escórias do Brasil. É esse ferro bruto, com cerca de 90% de pureza, o produto siderúrgico básico, já que atua como matéria prima na fabricação de diversos tipos de aço e dos ferros fundidos, materiais que formam os principais pilares de sustentação da moderna tecnologia industrial. A complexidade da fabricação siderúrgica é mostrado simplificada, na Figura 1.

Portanto a matéria prima na produção da indústria siderúrgica é o minério de ferro, coque mineral ou carvão vegetal e calcário. O minério de ferro, calcário e o carvão vegetal introduzidos no alto forno reagem a temperatura de  $1900^{\circ}\text{C}$  e por diferença de densidade ocorre separação do ferro que é considerado mais denso em relação a escória, sendo esta retirada por um canal onde é feito o escoamento, e imediatamente resfriada com jatos d'água "quenching", pois caso não receba água em um pequeno espaço de tempo (30 segundos), a escória solidifica e causa problemas significativos no armazenamento e posterior utilização. Ressalta-se ainda, para cada tonelada de ferro-gusa produzido obtém-se 0,75 t da escória de alto forno (Figura 1) e segundo CANTINI & SOUZA (1989) para cada tonelada de aço líquido produzido obtém-se 0,64 t da escória de aciária básica ou ácida.

✧ Conforme salientado anteriormente os dois principais produtos da indústria siderúrgica brasileira refere-se ao ferro gusa e o aço bruto que originam em diversos produtos siderúrgicos (Laminas tiras a quente e a frio, bobinas e chapas a frio e a quente e os seus derivados), a qual sua produção está estritamente ligado a produção dos diferentes tipos de escórias silicatadas.







O Brasil encontra-se como um dos maiores produtores mundiais destes produtos siderúrgicos e conseqüentemente da escória de siderurgia. Segundo ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL (1997) a produção nacional e de alguns dos principais estados produtores de ferro gusa e aço encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1. Produção total e dos diferentes tipos de fornos, do ferro gusa e do aço bruto a nível de Brasil e dos estados produtores São Paulo e Minas Gerais em 1997.**

| Produção de Ferro gusa (1000 t) |        |                     |                              |                              |
|---------------------------------|--------|---------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                 | Total  | Tipos de fornos     |                              |                              |
|                                 |        | Alto forno<br>coque | Alto forno<br>carvão vegetal | Forno elétrico<br>de redução |
| Brasil                          | 23.978 | 17.951              | 6.027                        | -                            |
| São Paulo                       | 3.427  | 3.427               | -                            | -                            |
| Minas Gerais                    | 12.252 | 6.647               | 5.605                        | 57                           |

| Aço bruto (1000 t) |        |                 |                |     |
|--------------------|--------|-----------------|----------------|-----|
|                    | Total  | Oxigênio básico | Forno elétrico | EOF |
| Brasil             | 25.237 | 20.080          | 4.772          | 385 |
| São Paulo          | 4.680  | 3.604           | 1.076          | -   |
| Minas Gerais       | 9.775  | 8.253           | 1.137          | 385 |

A escória pode ser usada em pavimentação e nas indústria de cimento em quantidades limitadas. FIRME (1986) relata que a escória pode ser utilizada como um agente fundente e juntamente com fosfato natural para produção de adubos fosfatados similar ao termofosfato. Em função do grande volume das

escórias produzidas pelas siderúrgicas, não aproveitadas e assim acondicionadas em aterros sanitários ou depositados em locais impróprios. Normalmente a maior parte das escórias são acondicionadas em locais inadequados por não incidir qualquer custo. Enquanto que o restante das escórias, em menor proporção, são destinadas aos aterros sanitários. Mesmo em aterro sanitário, por concentrar grande quantidade de escória por um pequeno volume de terra pode haver contaminação do perfil do solo pela mobilidade dos metais pesados das escórias, nesta linha AMARAL SOBRINHO et al. (1998) simularam uma condição encontrado em um aterro sanitário e observaram que os metais pesados da escória podem apresentar certa mobilidade no perfil do solo, especialmente Ni e Cd.

Portanto o destino mais sustentável para consumir grande parte das escórias seria seu uso agrônômico seja como corretivo de solo ou fonte de alguns elementos químicos seja nutriente ou elemento benéfico.

Quando trata-se do uso agrícola de resíduos industriais de maneira geral surge os questionamentos da presença de metais pesados potencialmente fitotóxico. No entanto sabe-se que a concentração destes metais pesados na escória de siderurgia pode variar em função do seu tipo e do processo siderúrgico adotado. Dos metais pesados existente, os mais perigosos pela toxicidade e potencial de bioacumulação estão restritos basicamente ao Cd, Cu, Zn e Pb (MAEDA et al., 1990).

Mesmo para as escórias mais comuns como a de alto forno e a de aciária, a literatura apresenta poucos resultados experimentais que permita a avaliar com segurança a transferência dos metais pesados ao sistema solo-planta. No entanto existem autores que não observaram restrições ao uso agrícola da escória conforme PIAU (1991) que incubou por 90 dias três tipos de escória de siderurgia (alto forno, aciária e a pré-cal) em diversas granulometrias e não houve acréscimo de metais pesados no solo. Mais tarde, PIAU (1995) constatou através





de um ensaio com plantas de milho que a presença do Al, Ti, Pb, Cr, Ni, V, Sr, Ba e Cd, na escória não causaram toxidez nas plantas. Nesta mesma linha RIBEIRO et al. (1986) aplicou-se ao solo até 14,9 t ha<sup>-1</sup> de escória de siderurgia (alto forno) e as plantas de sorgo não apresentou quaisquer sintoma de fitotoxicidade.

Existem alguns fatores que poderiam explicar o menor potencial de contaminação dos metais pesados da escória para com ambiente. Tem-se notado que a solubilidade dos metais pesados presentes na escória de siderurgia reduzem com o decorrer do tempo da aplicação (AMARAL SOBRINHO et al., 1997). Isto pode ser explicado pelo fenômeno da adsorção a qual os teores de metais pesados disponíveis tende a reduzir, haja vista que a escória de siderurgia apresenta constituintes neutralizante e que o aumento do pH resulta em maior adsorção. Segundo JENNE (1998) o efeito do pH na maior adsorção de metais pesados no solo, ocorre devido à conversão de sítios diprotonados carregados positivamente, para sítios monoprotonados, que por sua vez, converte para sítios carregados negativamente. Isto aumenta o número de sítios disponíveis para adsorção, ao mesmo tempo que reduz a competição de H<sup>+</sup> com o adsorvato. Este fato é mostrado por AZIZIAN & NELSON (1998) a qual a adsorção do Pb por exemplo aumenta drasticamente com elevação do pH, sendo praticamente indetectável abaixo de pH 4, atingindo cerca de 100% a pH 6,0.

Acrescente-se, ainda, o fato das espécies vegetais e mesmo cultivares diferem quanto a capacidade de absorção e de acúmulo de metais pesados (NICKIOW et al., 1983). Neste sentido SILVA et al. (1998) avaliaram a capacidade da cana-de-açúcar em absorver metais pesados provindo de resíduo de lodo de esgoto e observaram a falta de correlação entre os teores de metais pesados no solo acumulado pela aplicação do lodo e os teores nas folhas +3, nas amostras colhidas 114 dias após a aplicação deste resíduo.





Portanto, em função do pH básico da escória e pela aparente baixa habilidade da cana-de-açúcar em absorver metais pesados coloca o uso agrônômico deste resíduo com reduzido potencial de malefício.

Mesmo pequenas quantidades de metais pesados que pôr ventura apareça na planta não deve ser transmitido para os produtos finais do processo industrial da cana-de-açúcar. Isto ocorre em razão da etapa de purificação na fabricação do açúcar e álcool que é feita com "leite cal", traduzido pelo elevado valor de pH da mistura. Nestas circunstâncias de pH acima de 7, sabe-se que os metais pesados transforma-se em sais, podendo ser eliminados do sistema pela torta de filtro e assim complexados com a matéria orgânica, presente em quantidades razoáveis, na própria torta de filtro.

No entanto alguns autores alertam da presença de metais pesados na escória de siderurgia e o potencial de contaminação do ambiente (DEFELIPO et al., 1992).

Cabe salientar, entretanto, que uma das grandes limitações para que a pesquisa avance nos conhecimentos dos riscos de transferência destes metais pesados no sistema solo-planta seria a avaliação da sua fitodisponibilidade. De modo que os extratores até então usados (DTPA;  $0,1 \text{ mol L}^{-1} \text{ HCl}$ ; Mehlich 3 e soluções salinas de Ca e Mg) não tem revelado adequadamente para estimar a real quantidade disponível de metais pesados potencialmente tóxicos para as plantas.

## **2.2 Comportamento da escória silicatada de siderurgia como corretivo agrícola**

É conhecido que os solos tropicais apresentam alto grau de intemperismo, demonstrado pela degradação dos minerais primários e secundários contendo silício. A riqueza dos solos em Fe e Al, deve-se justamente a hidrólise



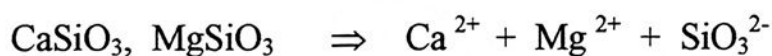
dos silicatos de Fe e Al, ocorrendo depois uma relação óxido de Fe + Al / óxidos de Si, maior que 2,5 (JACKSON & SHERMAN, 1963).

Nestas circunstâncias a calagem assume significativa importância, pois exerce efeito direto na disponibilidade de nutrientes do solo, fornecimento de Ca e Mg, elevação da saturação de bases e a diminuição dos níveis tóxicos de Al e Mn no solo.

No Brasil, o material mais utilizado como corretivo é o calcário. Todavia, a utilização de alguns resíduos siderúrgicos para a mesma finalidade tem-se mostrado como alternativa viável para o aproveitamento de parte desses resíduos da siderurgia (AMARAL et al., 1994).

De acordo com ALCARDE (1992) a escória de siderurgia apresenta ação neutralizante semelhante ao calcário através da base  $\text{SiO}_3^{2-}$ , conforme as seguintes equações simplificadas:

Dissolução



Hidrólise

$$K_{b1} = 1,6 \cdot 10^{-3}$$



$$K_{b2} = 3,1 \cdot 10^{-5}$$



PEREIRA (1978) estudou o efeito corretivo de uma escória, da USIMINAS em comparação com sete calcários de diferentes origens e concluiu não haver diferenças estatísticas nestes corretivos quanto à correção do pH de amostras de dois latossolos.



Diversos autores utilizaram como corretivo a escória de siderurgia com bons resultados: CARTER et al., 1951; WUTKE et al., 1962; SUEHISA et al., 1963; SHERMAN et al., 1964; GOMES et al., 1965; FASSBENDER et al., 1967; VALADARES 1974; RIBEIRO et al., 1986; FÁZIO & GUTIERREZ, 1989; PIAU 1991 e CARVALHO, 2000. De acordo com os autores citados, o emprego com sucesso da escória como corretivo basicamente está relacionado com o acréscimo do pH, Ca, Mg e a própria neutralização do Al.

Por outro lado, FORTES (1993) estudou duas escórias de siderurgia de alto-forno da fabricação do ferro gusa e o calcário, em dois Latossolos Vermelho-Amarelo de diferentes texturas e observou que apesar da escória ter corrigido a acidez do solo, a reação foi mais lenta que do calcário, indicando que a aplicação da escória baseado na determinação do PN não foi eficaz.

A escória silicatada apresenta além da ação corretiva, uma vantagem adicional em relação ao calcário, segundo SHERMAN et al. (1964) e TAMINI & MATSUYAMA (1972), isto é, evita o perigo de excesso de calagem, que normalmente pode provocar danos ou redução na produção da planta, e quando se usa escória de siderurgia tal efeito é reduzido.

Esta reação mais lenta da escória de siderurgia imediatamente após sua incorporação no solo, pode ser influenciada por diversos fatores como a presença de impurezas como alumínio, o que reduz sua solubilidade (ANDO et al., 1988). Isto pode ser explicado pela constituição química da escória, a qual apresenta parte de compostos de Ca e Mg ligado a alumino-silicatos (CRANE, 1930) ou pela formação de uma película de oxi-hidróxido de Fe e Al em torno das partículas de corretivo, isto ocorre provavelmente, no momento da hidrólise, em função da alcalinidade em torno desta partícula (GOMES et al., 1996). Este fato fica mais evidente nos materiais de escória de siderurgia em função da presença do Fe e Al em maior quantidade, quando comparado aos calcários.





Além disso, KATO & OWA (1996) observaram em um estudo de equilíbrio químico que a escória de siderurgia pode sofrer um decréscimo acentuado na sua dissolução, em solução aquosa, a medida do aumento do pH e da concentração de Ca na solução. No entanto, provavelmente este efeito na solubilização da escória de siderurgia seja mais pronunciado nas fases iniciais da sua incorporação ao solo, e que posteriormente estes efeito sejam minimizados pelos fenômenos de lixiviação de bases, absorção destas bases pela planta e pelos processos de reacidificação do solo, que irão promover com tempo influência nas reações de equilíbrio químico e retornar a solubilização da escória de siderurgia.

PRADO & FERNANDES (2000b) compararam a escória de siderurgia de alto forno e um calcário calcítico quanto a eficiência da correção da acidez do solo, em condições de vaso, e observaram que a escória apresentou reação mais lenta no solo. Concluiu que a eficiência da escória de siderurgia baseado no poder de neutralização adotado para o calcário não apresentou comportamento satisfatório para estimar a necessidade de produto para a correção da acidez do solo.

### **2.3 Resposta da cana-de-açúcar a correção da acidez do solo**

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e pioneiro na produção do álcool. Este fato deve-se a vasta área brasileira com a cultura da cana-de-açúcar que atingiu em 1996, 4,99 milhões de ha com uma produção de 325,93 mil toneladas de colmos e com um rendimento de colmos de  $67,52 \text{ t ha}^{-1}$ . Dentre os Estados da federação, São Paulo destaca-se com uma área de 2,493 milhões de ha, com uma produção de colmos de 192,32 mil toneladas, atingindo um rendimento médio de  $77,14 \text{ t ha}^{-1}$  (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1997). Para a FAO (1999), a área brasileira cultivada atinge 4,936 milhões de ha, com uma produção de colmos de 338,486 mil toneladas perfazendo um rendimento médio de  $69,07 \text{ t ha}^{-1}$ .



A maioria das áreas cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar no Brasil encontra-se em solos com vários níveis de acidez. Nesse contexto, a acidez do solo é reconhecidamente um dos principais fatores da baixa produtividade das culturas (RAIJ, 1991). Poucos investimentos na agricultura dão retorno econômico tão elevados como o uso do calcário, conforme resultados de experimentos conduzidos no estado de São Paulo, que evidenciam alta relação retorno/investimento, a exemplo de culturas anuais (RAIJ & QUAGGIO, 1984).

Em solos ácidos com elevada saturação por alumínio, a calagem promove a neutralização do Al tóxico nas camadas superficiais, possibilitando a proliferação intensa das raízes, com reflexos positivos no crescimento das plantas. Contudo, é importante lembrar que é preciso incorporar muito bem o calcário na formação de culturas perenes ou semi-perenes, já que aplicações superficiais atuam lentamente nas camadas mais profundas, e um solo mal corrigido no início, comprometerá a produtividade por muito tempo (RAIJ et al., 1996).

O maior ou menor êxito com o uso de calcário e fertilizantes depende, por sua vez, da natureza do sistema radicular e do volume de solo efetivamente explorado pela cultura. Assim, corrigir a acidez do solo é o modo mais eficiente de eliminar as barreiras químicas ao pleno desenvolvimento das raízes e, em consequência, da planta. Neste sentido, MORELLI et al. (1987) observaram que a baixa saturação de bases em profundidade, bloqueia o desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar.

RIBEIRO et al. (1984) e PRADO et al. (1998) observaram também que a melhoria da reação do solo na subsuperfície tem influência direta na produção de colmos da cana-de-açúcar.

Além da correção da acidez do solo, a calagem objetiva fornecer dois macronutrientes Ca e Mg. Com relação a importância funcional do Ca,





MALAVOLTA et al. (1989) as dividiram em: a) estrutural: pectatos de cálcio, carbonato de cálcio, oxalato de cálcio, fitato de cálcio e calmodulinas; b) constituinte ou ativador enzimático: ATPase (aspirase), alfa amilase, fosfolipase D, nucleases; c) processos: estrutura e funcionamento de membranas, absorção iônica, reações com hormônios vegetais e ativação enzimática; d) papéis na formação: estimula o desenvolvimento das raízes.

O magnésio é o elemento central da molécula de clorofila, cerca de 10% do Mg total da folha está na clorofila. Segundo MALAVOLTA (1997) o magnésio é ativador de muitas enzimas. Quase todas as enzimas fosforilativas é ativada pelo magnésio, além das reações de síntese de compostos orgânicos, absorção iônica e trabalho mecânico, como o aprofundamento e a expansão da raiz.

Normalmente na maioria dos experimentos com a cultura da cana-de-açúcar a aplicação de calcário proporciona efeitos benéficos (SILVA & CASAGRANDE, 1983; ORLANDO FILHO et al, 1990) ou não favoráveis a produção da cana-de-açúcar (GUIMARÃES et al., 1975).

No entanto, existe alguns autores que afirmam que a resposta da cana-de-açúcar a calagem está em função do fornecimento de nutrientes como Ca e Mg e não na correção da acidez do solo propriamente dito (BENEDINI, 1988; ORLANDO FILHO & RODELLA, 1997). Deste modo até certo ponto, a cana-de-açúcar tem-se mostrado resistente a elevação dos níveis de alumínio no solo (AZEVEDO & SARRUGE, 1984), segundo MARINHO et al.(1980) a planta, cultivada em vaso, se desenvolvia em níveis de até  $67 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  de Al, desde que a disponibilidade de cálcio e magnésio fossem adequadas.

Na literatura internacional trabalhos de WANG & YANG (1960) mostram em Formosa, excelentes ganhos de produção quando o valor de pH





atingiu 7. Nas Filipinas a calagem só atuava favoravelmente com os valores de pH inferiores a 6,0 a 6,5 (HUMBERT, 1963). Em Mauritius a calagem visa atingir valores de pH entre 5,5 a 6,5 (KWONG et al., 1980).

Para QUAGGIO (1986) a resposta da cultura à calagem depende de fatores ligados à planta, ao solo e ao corretivo empregado, de tal modo que, quando esses fatores são corretamente considerados, obtém-se a máxima eficiência com essa prática agrícola. Talvez por não levar em consideração esses fatores, é que as respostas da cultura da cana-de-açúcar à calagem são contraditórias (CORDEIRO, 1978).

Pela literatura, observa-se que a maioria dos ensaios realizados a calagem teve como objetivo, avaliar apenas a resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de calcário, sem se preocupar com os critérios adotados para tal aplicação que pudesse sustentar uma recomendação de calagem. Apenas na década de 80 surgiram as primeiras tentativas como a de AZEVEDO et al. (1981) que recomendavam a calagem independentemente do nível do Al presente no solo e a partir de teores menores que 8 e 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca e Mg respectivamente.

✂ Embora a cana-de-açúcar seja uma cultura tolerante à acidez, a aplicação de calcário tem-se revelado econômica, principalmente se forem consideradas as colheitas de vários anos. Assim, a calagem preconizada, para o Estado de São Paulo, é de atingir a saturação por bases de 60%, garantindo a correção adequada da acidez e o fornecimento de cálcio e magnésio por vários anos de soqueiras, além de evitar doses excessivas em solos de CTC alta (RAIJ et al., 1996).

Cabe salientar, a importância da dose adequada de corretivo a ser aplicado no solo, especialmente nos Latossolos e os efeitos na estrutura do solo. Neste sentido MORELLI & FERREIRA (1987) alertam que doses excessivas de



carbonato de cálcio, sem critérios, influência as propriedades eletroquímicas e física do solo, especialmente em solos com baixo teor de matéria orgânica, oxídicos ou cauliniticos que apresentam cargas dependente de pH. Nestes solos há presença marcante do elemento flocculante alumínio e com a calagem, aumenta-se o valor de pH, neutralizando o alumínio e conseqüentemente aumenta-se as cargas negativas das partículas dos argilo-minerais e a repulsão entre elas. Estes efeitos associados causam prejuízos na estrutura dos solos tropicais em razão da redução da floculação, da agregação e no índice de percolação da água.

Quanto a escória de siderurgia, os trabalhos conduzidos no Brasil, que avaliaram sua eficiência como corretivo de acidez, utilizaram especialmente culturas anuais como sorgo (RIBEIRO et al., 1986), soja (LOUZADA, 1987), arroz (CARVALHO, 2000), milho (PIAU, 1995) e algumas hortícolas como alface (AMARAL et al., 1994) e tomate (PEREIRA, 1999).

Com relação a escória de siderurgia praticamente inexistem trabalhos experimentais no Brasil que estudaram a resposta da cana-de-açúcar à aplicação deste resíduo siderúrgico, especialmente na fase de implantação da cultura a nível de campo. Os resultados experimentais a respeito do assunto provêm da literatura estrangeira, basicamente dos Estados Unidos.

Um dos primeiros trabalhos que avaliou a resposta positiva da cana-de-açúcar a aplicação de silicatos (escória silicatada de siderurgia) foi realizado por AYRES (1966) no Havai. Apenas na década de 80 e 90 que surgiram mais trabalhos que avaliaram a resposta cana-de-açúcar a aplicação da escória de siderurgia, basicamente na região da Flórida nos Estados Unidos.

ELAWAD et al. (1982a) relataram que a aplicação da escória silicatada de siderurgia incrementou o diâmetro de colmo, o número de colmos e a produção de colmos na cana-planta e cana-soca. Observaram ainda um aumento





no teor de clorofila na folha e um decréscimo na incidência de lesões foliares denominadas de sardas "leaf freckling"(ELAWAD et al., 1982b).

ANDERSON et al. (1987) mostraram que a aplicação da escória de siderurgia (2,5; 5,0; 10 e 20 t ha<sup>-1</sup>) em solos orgânicos de Everglades, na Flórida-USA, no sistema de rotação arroz e cana-de-açúcar, tem levado a incrementos na ordem de 10 a 23% e de 10 a 25% na produção da cana-de-açúcar e de açúcar, respectivamente. Mais tarde, ANDERSON et al. (1991) observaram um efeito residual favorável da escória de siderurgia na cana-de-açúcar atingindo em média para os três primeiros cortes um incremento de 39% e 50% na produção de cana-de-açúcar e de açúcar, respectivamente.

ANDERSON (1991) observou que em solos com baixos teores de magnésio, a resposta da cana-de-açúcar a aplicação da escória silicatada pode ficar comprometida haja visto o baixo teor de magnésio na escória e ao efeito antagônico entre o Si e o magnésio. Haja vista que a concentração de Mg no solo está altamente correlacionado com o peso de colmos da cana-de-açúcar (SANCHEZ & CLEMENTS, 1974).

Na Indonésia ALLORERUNG (1989) estudaram a partir de dois tipos de escórias silicatadas, Java e Japão, duas doses (1 e 3 t ha<sup>-1</sup>) e, observaram uma resposta positiva na produção de colmos da cana-de-açúcar, embora a percentagem de açúcar no colmo não tenha sofrido alteração.

Em um levantamento de literatura recente, LIMA FILHO et al. (1999) citaram que as escórias de siderurgia podem ser utilizadas como corretivos e fonte de silício e que a produtividade da cana-de-açúcar e a síntese de açúcar pode aumentar significativamente com a aplicação deste resíduo siderúrgico.

A aplicação de silicatos finamente moídos (escórias de siderurgia) aos solos cultivados com gramíneas como a cana-de-açúcar é prática comercial no





Havaí-USA e o incremento da produtividade das culturas estão normalmente associado ao aumento da disponibilidade de silício para as plantas (KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995).

No Brasil foram desenvolvidos trabalhos preliminares, em condições de casa de vegetação, com a escória de siderurgia (alto forno) na cultura da cana-de-açúcar. Neste sentido PRADO & FERNANDES (1999) estudaram o efeito da escória de siderurgia comparado ao calcário no aumento do fósforo disponível em duas classes de solos ácidos, sob vegetação natural de Cerrado (Areia Quartzosa e Latossolo Vermelho-Escuro) cultivado com cana-de-açúcar. Concluíram para a Areia Quartzosa que a escória foi superior em relação ao calcário na ordem de 27% no aumento do fósforo disponível (resina) do solo. Para o Latossolo Vermelho-Escuro a escória de siderurgia foi semelhante ao calcário no incremento do fósforo disponível, apenas com a metade da dose equivalente a  $\text{CaCO}_3$ .

O calcário e a escória de siderurgia foram semelhantes, para a produção de matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar, variedade RB 72-454 (média de dois cortes), cultivada em vaso, em uma Areia Quartzosa. Entretanto, pelos estudos de regressão, observou-se que a escória incrementou linearmente o perfilhamento da cana-de-açúcar em relação ao calcário, a qual não atingiu significância (PRADO & FERNANDES, 2000a).



### **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento**

O trabalho foi realizado na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, município de Ituverava (SP), cujas coordenadas geográficas aproximadas são 20° 20' latitude Sul e 47° 47' de longitude Sul, com altitude aproximada de 631 m, o clima é mesotérmico com verões quentes e úmidos (Cwa), pelo sistema Köppen.

O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, argiloso, muito profundo, com boa drenagem e relevo suave ondulado. Os resultados da análise química encontra-se na Tabela 2, a qual seguiu a metodologia de RAIJ & QUAGGIO (1983).

#### **3.2. Caracterização da escória de siderurgia e o calcário**

A escória silicatada de siderurgia utilizada foi proveniente da siderúrgica Dedini do Município de Piracicaba-SP. A caracterização química, reatividade e poder de neutralização estão apresentados na Tabela 3.



Os micronutrientes foram analisados em extrato de DTPA exceto o B que foi por água quente, realizados no laboratório da Ribersolo, em Ribeirão Preto-SP. As demais determinações foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP Campus de Ilha Solteira. O silício total e os elementos tóxicos foram analisados no laboratório do CENA/USP em extrato de HCl 6M, conforme VALADARES et al. (1974) e determinado por espectrometria de emissão atômica.

**Tabela 2. Análise química do solo da área do experimento, Fazenda Nossa Senhora Aparecida, município de Ituverava-SP.**

| Profundidade | pH                | MO                 | P                   | K                                  | Ca | Mg | H+Al | CTC  | V  |
|--------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------------------|----|----|------|------|----|
|              | CaCl <sub>2</sub> |                    | resina              |                                    |    |    |      |      |    |
| cm           | -                 | g dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |    |    |      |      | %  |
| 0-25         | 4,6               | 24                 | 5                   | 0,4                                | 8  | 5  | 38   | 51,4 | 26 |

A análise química e a reatividade do calcário foram realizadas, no Laboratório de Fertilidade do Solo, da UNESP Campus de Ilha Solteira, Tabela 4.

O calcário utilizado foi o calcítico proveniente da mineradora Partezan do município de Uberaba (MG), o qual apresenta teor de MgO semelhante ao da escória silicatada de siderurgia utilizada no experimento.





**Tabela 3. Caracterização química, reatividade e poder de neutralização da escória silicatada.**

| Elementos químicos |     |                                      |             |       |                     |                        |     |      |    |      |
|--------------------|-----|--------------------------------------|-------------|-------|---------------------|------------------------|-----|------|----|------|
| micronutrientes    |     |                                      |             |       | Benéfico            | tóxicos                |     |      |    |      |
| Cu                 | Zn  | B                                    | Mn          | Fe    | Si                  | Al                     | Pb  | Cr   | Cd | Sr   |
| g kg <sup>-1</sup> |     |                                      |             |       | mg kg <sup>-1</sup> |                        |     |      |    |      |
| 0,4                | 0,9 | 0,3                                  | 24,7        | 261,8 | 120                 | 23                     | 211 | 348  | 14 | 2244 |
| Análise química    |     |                                      | Reatividade |       |                     | Poder de neutralização |     |      |    |      |
| CaO                | MgO | Eq.CaO/SiO <sub>2</sub> <sup>1</sup> | RE          |       |                     | PN                     |     | PRNT |    |      |
| g kg <sup>-1</sup> |     |                                      |             |       |                     | %                      |     |      |    |      |
| 252                | 25  | 1,02                                 | 79,4        |       |                     | 51,4                   |     | 41,0 |    |      |

<sup>1</sup> Equivalente de alcalinidade da escória silicatada de siderurgia.

**Tabela 4. Caracterização química, poder de neutralização e a reatividade do calcário calcítico.**

| Análise Química    |     | Reatividade | Poder de Neutralização |      |
|--------------------|-----|-------------|------------------------|------|
| CaO                | MgO | RE          | PN                     | PRNT |
| g kg <sup>-1</sup> |     | %           |                        |      |
| 372                | 27  | 87,8        | 73,3                   | 64,0 |

### 3.3 Delineamento estatístico e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial  $2 \times 4$  com 4 repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

**\* Fontes de corretivos:**

1-Escória silicatada de siderurgia

2-Calcário calcítico

**\* Níveis de correção:**

1-Testemunha, sem correção (equivalente a  $0 \text{ t ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ );

2-Correção do V% para 50 (equivalente a  $1,23 \text{ t ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ );

3-Correção do V% para 75 (equivalente a  $2,52 \text{ t ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ );

4-Correção do V% para 100 (equivalente a  $3,80 \text{ t ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ );

A necessidade de calagem (NC) foi calculada pelo método da elevação de saturação de bases, de acordo com a análise de solo (Tabela 2) com o objetivo de atingir os valores de V% requeridos para cada tratamento, como mostra a Tabela 5.

Nos tratamentos com calcário aplicou-se micronutrientes, conforme Tabela 6, com o objetivo de equilibrar o teor destes, com os da escória silicatada.



**Tabela 5. Quantidade de calcário e escória silicatada, utilizada no experimento, em função dos níveis de saturação de bases desejados.**

| Corretivo                         | Necessidade de calagem |       |       |        |
|-----------------------------------|------------------------|-------|-------|--------|
|                                   | Testemunha             | V% 50 | V% 75 | V% 100 |
|                                   | t ha <sup>-1</sup>     |       |       |        |
| Calcário                          | 0                      | 1,92  | 3,92  | 5,93   |
| Escória                           | 0                      | 3,00  | 6,12  | 9,27   |
| Equivalência em CaCO <sub>3</sub> | 0                      | 1,23  | 2,52  | 3,80   |

**Tabela 6. Fontes e quantidades de micronutrientes nos tratamentos com o calcário em função dos níveis de saturação de bases desejados.**

| Micronutriente | Fonte            | Tratamento          |       |       |        |
|----------------|------------------|---------------------|-------|-------|--------|
|                |                  | Testemunha          | V% 50 | V% 75 | V% 100 |
|                |                  | kg ha <sup>-1</sup> |       |       |        |
| Cobre          | Sulfato de cobre | 0                   | 5,91  | 12,07 | 18,26  |
| Zinco          | Sulfato de zinco | 0                   | 8,63  | 17,64 | 26,68  |
| Boro           | Ácido bórico     | 0                   | 3,28  | 6,70  | 20,12  |





Cada parcela foi constituída por 6 linhas espaçadas de 1,30 metros com 7,5 metros de comprimento, totalizando 58,5 m<sup>2</sup> de área total. A bordadura entre parcelas foi de 2 metros. A área útil da parcela, ficou constituída pelas quatros linhas centrais de 7,5 m de comprimento, perfazendo uma área de 39,0 m<sup>2</sup>.

### 3.4 Instalação do experimento

#### 3.4.1 Preparo do solo

A área onde foi implantado o experimento, apresentava-se como pastagem de *Brachiaria decumbens*, que foi dessecada com herbicida a base de glifosato, na dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup>. Após a dessecação, realizou-se o preparo do solo, constituído de: gradagem com grade aradora pesada (14x32") para incorporação dos restos de brachiaria; aração com arado de aiveca (3 corpos ativos); outra gradagem pesada; e uma gradagem leve (36x22"), para nivelamento do terreno. Durante o preparo do solo, realizou-se a aplicação da escória silicatada de siderurgia e do calcário, manualmente obedecendo a seguinte seqüência: metade foi aplicado a lanço em área total antes da aração com o arado de aiveca e a outra metade foi aplicado a lanço em área total, depois da aração e antes da gradagem pesada, objetivando uma melhor incorporação na profundidade de 0-20 cm de profundidade.

#### 3.4.2 Plantio

Utilizou-se como planta teste a cana-de-açúcar, variedade SP 80-1842 (cana de ano).



No dia 2 de janeiro de 1998 foi realizado a sulcação mecanicamente na dimensão de 40 cm de profundidade, com largura na base superior de 40 cm e 10 cm na base inferior e com 1,3 metros entre as linhas de sulcação.

Em seguida realizou a adubação básica no sulco de plantio, aplicando-se 1300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-14-08 e 196,3 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio, os quais foram aplicados manualmente em todos os tratamentos, individualizado para cada linha da parcela. Na mesma ocasião foi aplicado 30 kg ha<sup>-1</sup> de heptacloro, para o controle de pragas, distribuído em todas as parcelas, no sulco de plantio. No dia 3 de janeiro foi realizado a distribuição das mudas, sendo logo em seguida feita a picação dos colmos a cada 3 gemas, deixando 15 gemas por metro de sulco e a cobertura dos toletes com 10 a 15 cm de terra.

### 3.4.3 Tratos culturais

O controle de plantas daninhas na cana-planta foi realizado quimicamente três dias após plantio, a base de tebuthiuron na dose de 1,0 kg ha<sup>-1</sup> aplicado em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas. Na reinfestação localizada, foi realizado o controle através da capina. Na cana-soca, o controle das plantas daninhas foi realizado mecanicamente, através de capina.

Durante a fase inicial da cultura, da cana-planta e da cana-soca (40 dias após o plantio), foram realizados o controle de formigas usando iscas granuladas.

Quanto a ocorrência de pragas e doenças não houve nível de incidência que justificasse qualquer medida de controle.

A adubação de cobertura, foi realizada manualmente, aos 42 dias após o plantio constituída de: 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia) + 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de



potássio) e  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , de N +  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  para cana-planta e cana-soca, respectivamente, incorporados em sulco raso a 40 cm da linha plantada e a 5 cm de profundidade.

Após a colheita da cana-planta o palhiço acumulado foi enleirado mecanicamente com ancinho eleiradores rotativos e acondicionados fora da parcela, objetivando garantir boa brotação da cana-de-açúcar.

### **3.5 Avaliações do desenvolvimento da cana-planta e cana-soca**

#### **3.5.1 Perfilhamento**

A leitura do perfilhamento foi realizado aos 90 dias após a emergência do broto, contando-se o número de perfilhos em 1,0 metros, para cada linha da parcela útil. Na contagem dos número de perfilhos desconsiderou-se os colmos principais da touceira.

#### **3.5.2 Altura**

Esta avaliação foi realizada aos 240 dias após a emergência do broto da cana-de-açúcar, em 5 plantas, ao acaso para cada linha da parcela útil, totalizando 20 plantas por parcela. Na leitura considerou-se desde o nível do solo até o último nó visível, ou seja, medida pelo top visible dewlep (TVD).

#### **3.5.3 Análise foliar**

O estado nutricional das plantas foi determinado através de amostragens de folhas, conforme GALLO et al. (1968) e MALAVOLTA (1992), que indicam coletar a porção mediana, sem nervura principal, da folha +3, aos 120





dias após a emergência dos brotos, em número de quinze folhas por parcela útil. As determinações das concentrações de macronutrientes foram feitas de acordo com a metodologia descrita por SARRUGE & HAAG (1974).

### 3.5.4 Produção de colmos

A colheita de colmos industrializáveis da cana-de-açúcar foi realizada considerando a parcela útil, aos 340 dias após a emergência dos brotos (cana planta e cana soca), pelo método de colheita via cana crua.

### 3.5.5 Análise Tecnológica

A análise tecnológica da cana-de-açúcar (pol %, brix %, pureza % e fibra %) foi realizada com o apoio da Usina Junqueira, município de Igarapava-SP. Utilizou-se a metodologia preconizada pela PLANALSUCAR (1980). Foi amostrada 10 colmos por parcela, aleatoriamente, nas 4 linhas centrais da área útil.

Com os resultados obtidos pela análise tecnológica, calculou-se o ATR ou açúcar teórico recuperável ( $\text{kg t}^{-1}$ ), conforme COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ALCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO (1980) pela seguinte equação:

$$\text{ATR (kg t}^{-1}\text{)} = (10 \times S - 0,76 \times F - 6,9) \times (5/3 - 200/3 \times P) \text{ Onde,}$$

ATR = açúcar teórico recuperável em  $\text{kg t}^{-1}$  de colmos de cana-de-açúcar; S = Pol (%) da cana; F = Fibra (%) da cana; P = Pureza (%) da cana.

Os valores de ATR ( $\text{kg t}^{-1}$ ) foram multiplicados pelos rendimentos de colmos ( $\text{t ha}^{-1}$ ) para obtenção do rendimento de açúcar teórico recuperável ( $\text{t ha}^{-1}$ ).



### 3.6 Avaliações nas propriedades químicas do solo na época da colheita da cana-planta e da cana-soca

Imediatamente após a colheita da cana-planta a amostragem de terra foi realizada, na camada superficial do solo 0-20 cm de profundidade, seguindo duas metodologias. A primeira seguiu a recomendação de MALAVOLTA (1992) que preconiza 30% das sub-amostras sejam coletadas na linha da cultura e 70% restante na entrelinha. A segunda amostragem de terra considerou somente a entrelinha da cultura (RAIJ et al., 1996). Foram consideradas para as amostragens 15 e 8 sub-amostras para profundidade de 0-20 e 20-40 cm respectivamente para compor a amostra composta, retiradas nas 4 linhas centrais da parcela útil.

As duas metodologias de amostragens de terra foram comparadas com objetivo de verificar a que melhor representa os atributos químicos do solo. Haja visto que a representatividade das amostras de terra é uma das etapas mais críticas para a recomendação de corretivos (BARTZ, 1998).

Para comparação dos dois métodos de amostragem considerou-se somente as amostras da camada superficial do solo (0-20 cm de profundidade). Usou-se um esquema fatorial 2x7 sendo os 2 métodos de amostragens e os 7 tratamentos consistindo da combinação do calcário e da escória nos três níveis de correção (V%50; 75% e 100%) e a testemunha sem correção. Além disso na cana-planta foi amostrado a camada subsuperficial do solo, 20-40 cm de profundidade, somente na entrelinha da cultura.

Na cana-soca optou-se pela amostragem do solo somente na entrelinha da cultura, nas duas camadas do solo (0-20 e 20-40 cm de profundidade). As amostragens de terra na cana-planta e cana-soca, foram realizadas aos 345 dias após a emergência dos brotos, logo após a colheita.



A análise química foi realizada de acordo com a metodologia descrita por RAIJ & QUAGGIO (1983). Determinou-se pH, Ca, Mg, P e (H+Al).

#### 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas do experimento foram realizadas utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso em 4 repetições em esquema fatorial 2x4 sendo o fator corretivos (calcário e a escória silicatada) e níveis de correção (1- testemunha, sem correção; 2- correção do V% para 50; 3- correção do V% para 75 e 4- correção do V% para 100), de acordo com o esquema da análise de variância apresentado na Tabela 7.

A comparação dos tratamentos foram feitas pelo próprio teste F ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ ) e as médias dentro dos fatores foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Para detectar possível tendência de efeito dos níveis das fontes dos corretivos utilizados, decidiu-se fazer análise de variância considerando a regressão até o segundo grau. Neste caso os dados de cada fonte de corretivo foram analisado em separado, juntamente com a testemunha considerada como dose zero, constituindo-se, então as quatro doses, adotando-se um delineamento em blocos casualizado com quatro repetições (Tabela 8).

Quando houve efeito de tratamentos o esquema da análise de variância considerando-se a regressão foi apresentado na Tabela 9.





**Tabela 7. Esquema da análise de variância com desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos.**

| Causas de variação      | GL |
|-------------------------|----|
| Corretivos (C)          | 1  |
| Níveis de correção (NC) | 3  |
| C x NC                  | 3  |
| (Tratamentos)           | 7  |
| Blocos                  | 3  |
| Resíduo                 | 21 |
| Total                   | 31 |

**Tabela 8. Esquema da análise de variância para verificação dos efeitos dos tratamentos.**

| Causas de variação   | GL |
|----------------------|----|
| Tratamentos (níveis) | 3  |
| Blocos               | 3  |
| Resíduo              | 9  |
| Total                | 15 |

**Tabela 9. Esquema da análise de variância considerando-se as regressões linear e quadrática aplicada no experimento.**

| Causas de variação   | GL  |
|----------------------|-----|
| Regressão linear     | 1   |
| Regressão quadrática | 1   |
| Desvio da regressão  | 1   |
| (Tratamentos)        | (3) |
| Blocos               | 3   |
| Resíduo              | 9   |
| Total                | 15  |

## **5- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Efeito dos tratamentos na planta**

#### **5.1.1 Perfilhamento e Altura**

##### **5.1.1.1 Cana-planta**

Nas Tabelas 10, 11 e 12 são apresentados os dados referentes ao desenvolvimento da cana-planta sendo o perfilhamento e a altura obtidos aos 90 e 240 dias após a emergência do broto, respectivamente.

Na Tabela 10 está apresentada a análise de variância dos dados do perfilhamento e da altura. Nota-se que houve efeito significativo para os níveis de correção ( $P < 0,05$ ) e que os efeitos dos corretivos empregados foram iguais, tanto para a variável perfilhamento como para altura da planta. No entanto houve interação entre os fatores apenas para a variável perfilhamento.

O número médio de perfilhos por metro foi de 21 tanto para o calcário como para a escória silicatada de siderurgia (Tabela 11).

Com relação ao número de perfilhos, em função da elevação da saturação de bases (Tabela 11), verifica-se que para o calcário não houve diferença



significativa entre a testemunha e os demais tratamentos, cujos valores variaram de 20 a 22 perfilhos por metro. No entanto para a escória silicatada verifica-se efeito significativo dos tratamentos em relação a testemunha.

Ainda na Tabela 11, observa-se a interação, onde a escória foi mais eficiente para número de perfilhos do que o calcário, apenas para a dose correspondente para elevar o V% a 50. Nas demais combinações, corretivos x níveis de correção, não foi encontrado diferença significativa.

**Tabela 10. Resultados do desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos de acordo com esquema fatorial 2x4, em relação aos dados médio do número de perfilhos e da altura da cana-planta no ano agrícola 98/99.**

| Causa da variação       | GL | F                    |                    |
|-------------------------|----|----------------------|--------------------|
|                         |    | Perfilhamento        | Altura             |
| Corretivo (C)           | 1  | 1,36 <sup>NS 1</sup> | 0,40 <sup>NS</sup> |
| Níveis de correção (NC) | 3  | 6,61 *               | 9,03 **            |
| C x NC                  | 3  | 3,25 *               | 1,70 <sup>NS</sup> |
| (Tratamentos)           | 7  | 4,42 **              | 4,65 **            |
| Blocos                  | 3  | 5,02 *               | 8,17 **            |
| Resíduo                 | 21 |                      |                    |
| Média geral             |    | 21                   | 140,85             |
| C.V. (%)                |    | 6,43                 | 4,05               |

<sup>1</sup> \*\*, \*, ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05) respectivamente pelo teste F.





**Tabela 11. Valores médios do número de perfilhos da cana-planta em função do desdobramento do fator dose dentro do fator corretivo, no ano agrícola 98/99.**

| Níveis de correção                  | Equivalência em $\text{CaCO}_3$ (t ha <sup>-1</sup> ) | Corretivos          |         | Média |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|---------|-------|
|                                     |                                                       | Calcário            | Escória |       |
| Número médio de perfilhos por metro |                                                       |                     |         |       |
| V% 100                              | 3,80                                                  | 22 a A <sup>1</sup> | 22 a A  | 22    |
| V% 75                               | 2,52                                                  | 21 a A              | 21 ab A | 21    |
| V% 50                               | 1,23                                                  | 20 a B              | 23 a A  | 22    |
| Testemunha                          | 0                                                     | 19 a A              | 19 b A  | 19    |
| Média                               | -                                                     | 21                  | 21      |       |
| DMS                                 | -                                                     | 5,8                 | 4,3     |       |

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), sendo as letras minúsculas referem-se as comparações dentro das colunas e as maiúsculas dentro das linhas.

Na Tabela 12 são apresentados as médias dos tratamentos comparados entre si, com relação a altura da planta (cana-planta), pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Verifica-se que não houve diferença significativa para a altura da planta em relação aos produtos utilizados como corretivos de acidez do solo. Por outro lado, as doses estudadas (V% 50; 75 e 100) não diferiram entre si, mas diferiram positivamente da testemunha (Tabela 12).



**Tabela 12. Resultados médios da altura da cana-planta, em função dos tratamentos, no ano agrícola 98/99.**

| Fator              |                                                            | Altura              |
|--------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|
| Corretivo          |                                                            | cm                  |
| Calcário           |                                                            | 141,5a <sup>1</sup> |
| Escória            |                                                            | 140,2a              |
| DMS                |                                                            | 4,2                 |
| Níveis de correção | Equivalência em<br>CaCO <sub>3</sub> (t ha <sup>-1</sup> ) |                     |
| V% 100             | 3,80                                                       | 145,7A              |
| V% 75              | 2,52                                                       | 143,4A              |
| V% 50              | 1,23                                                       | 142,3A              |
| Testemunha         | 0                                                          | 132,0B              |
| DMS                |                                                            | 8,0                 |

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), sendo as letras minúsculas refere-se as comparações entre o fator corretivo e as maiúsculas ao fator doses.

### 5.1.1.2 Cana-soca

O perfilhamento da cana-soca foi significativamente afetado pelos fatores corretivos, doses e a sua interação, enquanto que para a altura não houve significância (Tabela 13).

O número médio de perfilhos por metro (Tabela 14) foi de 30 a 32 para calcário e a escória de siderurgia, respectivamente. Observa-se que a aplicação do calcário nas doses estudadas não diferenciaram entre si, apenas da testemunha, que apresentou a menor média.



**Tabela 13. Resultados do desdobramento dos graus de liberdade de tratamento de acordo com esquema fatorial 2x4, em relação aos valores médios do número de perfilhos e da altura da cana-soca, no ano agrícola 99/00.**

| Causa da variação       | GL | F             |                      |
|-------------------------|----|---------------|----------------------|
|                         |    | Perfilhamento | Altura               |
| Corretivo (C)           | 1  | 8,84 **       | 0,06 <sup>NS I</sup> |
| Níveis de correção (NC) | 3  | 23,64 **      | 2,10 <sup>NS</sup>   |
| C x NC                  | 3  | 8,50 **       | 1,61 <sup>NS</sup>   |
| Tratamentos             | 7  | 15,04 **      | 1,25 <sup>NS</sup>   |
| Blocos                  | 3  | 8,15 **       | 26,91 **             |
| Resíduo                 | 21 |               |                      |
| Média                   |    | 47            | 168                  |
| C.V. (%)                |    | 5,35          | 6,09                 |

<sup>I</sup> \*\*, \*, ns: significativo ( $P < 0,01$ ); ( $P < 0,05$ ) e não significativo ( $P > 0,05$ ) respectivamente pelo teste F.

O uso da escória silicatada afetou o perfilhamento dentro das doses aplicadas, sendo os dois níveis de correção mais elevados (V% 75 e V% 100) foram superiores ao V% 50 que por sua vez foi superior a testemunha. Isto indica que o aumento dos níveis de correção com escória silicatada resultou em aumento do perfilhamento da planta. O calcário não apresentou este efeito (Tabela 14).

Pela Figura 2 observa-se que aplicação de calcário promoveu efeito quadrático no perfilhamento da cana-soca. Entretanto, a escória de siderurgia provocou efeito linear no perfilhamento da planta. Este efeito linear da escória no perfilhamento da cana está de acordo com PRADO & FERNANDES (2000).





**Tabela 14. Valores médios do número de perfilhos da cana-soca em função do desdobramento do fator dose dentro do fator corretivo, no ano agrícola 99/00.**

| Níveis de correção (NC)             | Equivalência em $\text{CaCO}_3$ ( $\text{t ha}^{-1}$ ) | Calcário           | Corretivos Escória | Média |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Número médio de perfilhos por metro |                                                        |                    |                    |       |
| V% 100                              | 3,80                                                   | 31a A <sup>1</sup> | 35a B              | 33    |
| V% 75                               | 2,52                                                   | 31a A              | 35a B              | 33    |
| V% 50                               | 1,23                                                   | 33a A              | 31b B              | 32    |
| Testemunha                          | 0                                                      | 27b A              | 27c A              | 27    |
| Média                               |                                                        | 30                 | 32                 |       |

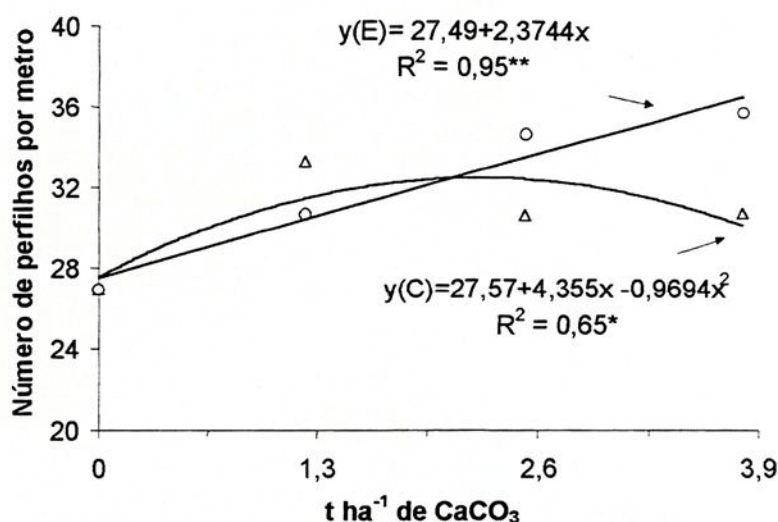
<sup>1</sup> Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), minúsculas nas colunas e as maiúsculas nas linhas.

ELAWAD et al. (1982a) encontraram resultados semelhantes, os quais observaram que a aplicação da escória de siderurgia aumentava em média, o número de colmos, em 35% e 61% na cana-planta e cana-soca, respectivamente. Os autores atribuíram o efeito do Si, embora o mecanismo de ação não esteja totalmente esclarecido.

Deve-se ressaltar que o aumento do potencial de perfilhamento da cana-de-açúcar pode ser vantajoso em variedades de baixo perfilhamento e em glebas que procedeu a colheita via cana-crua, a qual a palhada tende a retardar o perfilhamento da planta. Observa-se ainda, um aumento no número médio de perfilhos quando compara-se a cana-planta em relação ao calcário e a escória (21 e 22 perfilhos por metro) (Tabela 11) e a cana-soca, 30 e 32 perfilhos por metro (Tabela 14). Isto pode ser explicado pelo maior número de gemas presentes nas



soqueiras. LANGER (1963) complementa que a maior incidência de luz na base da planta após o procedimento do corte, estimula indiretamente o maior perfilhamento da planta.



**Figura 2.** Efeito dos níveis de correção do solo no perfilhamento (nº. de perfilhos por metro) da cana-soca em função da aplicação do calcário e da escória silicatada, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições)

## 5.1.2 Teores de macronutrientes foliar

### 5.1.2.1 Cana-planta

Observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, para os teores de macronutrientes no tecido foliar da planta, aos 120 dias após a emergência do broto (Tabela 15).

No entanto, estes resultados foram semelhantes aqueles obtidos por GURGEL (1979) quando estudou o efeito do silicato de cálcio junto com o calcário na cana-de-açúcar sobre os teores foliares dos macronutrientes. Os teores foliares dos macronutrientes encontrados neste experimento situam-se na faixa classificada como média e adequada para cultura, de acordo com MALAVOLTA (1992).

**Tabela 15. Valores médios de macronutrientes na folha da cana-planta aos 120 dias após a emergência do broto e o desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos de acordo com esquema fatorial 2x4, no ano agrícola 98/99.**

| Corretivos (C)          | N                   | P                  | K                  | Ca                 | Mg                 | S                  |
|-------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         | g kg <sup>-1</sup>  |                    |                    |                    |                    |                    |
| Calcário                | 16,54               | 2,05               | 10,84              | 6,98               | 2,49               | 1,47               |
| Escória                 | 16,19               | 2,03               | 10,76              | 7,50               | 2,27               | 1,50               |
| F                       | 0,63 <sup>NS†</sup> | 0,75 <sup>NS</sup> | 0,04 <sup>NS</sup> | 2,79 <sup>NS</sup> | 1,12 <sup>NS</sup> | 0,62 <sup>NS</sup> |
| DMS                     | 0,91                | 0,57               | 0,84               | 0,65               | 0,44               | 0,77               |
| Níveis de correção (NC) |                     |                    |                    |                    |                    |                    |
| Testemunha              | 16,06               | 2,02               | 10,58              | 7,00               | 2,58               | 1,47               |
| V% 50                   | 16,19               | 2,03               | 10,88              | 7,40               | 2,28               | 1,51               |
| V% 75                   | 16,41               | 2,04               | 10,80              | 7,30               | 2,34               | 1,50               |
| V% 100                  | 16,80               | 2,07               | 10,95              | 7,25               | 2,31               | 1,47               |
| F                       | 0,55 <sup>NS</sup>  | 0,56 <sup>NS</sup> | 0,16 <sup>NS</sup> | 0,29 <sup>NS</sup> | 0,42 <sup>NS</sup> | 0,34 <sup>NS</sup> |
| DMS                     | 1,73                | 0,11               | 1,59               | 1,24               | 0,84               | 0,15               |
| C x NC                  |                     |                    |                    |                    |                    |                    |
| F                       | 0,46 <sup>NS</sup>  | 0,94 <sup>NS</sup> | 0,33 <sup>NS</sup> | 0,26 <sup>NS</sup> | 0,75 <sup>NS</sup> | 0,24 <sup>NS</sup> |
| Média                   | 16,36               | 2,04               | 10,80              | 7,24               | 2,38               | 1,49               |
| CV (%)                  | 7,60                | 3,81               | 10,58              | 12,28              | 25,27              | 7,06               |

† \*\*, \*, ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05) respectivamente pelo teste F.

**5.1.2.2 Cana-soca**

Pela Tabela 16 verifica-se que não houve diferença significativa entre os efeitos dos corretivos e os níveis de correção, quanto aos teores foliares dos macronutrientes. Observa-se que, os valores encontrados, para a cana-soca são





próximos aos citados na literatura para folhas de plantas normais, considerado como nível médio ou adequado (MALAVOLTA, 1992).

**Tabela 16. Valores médios de macronutrientes na folha da cana-soca aos 120 dias após a emergência do broto e o desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos de acordo com esquema fatorial 2x4, no ano agrícola 99/00.**

| Corretivos (C)          | N                    | P                  | K                  | Ca                 | Mg                 | S                  |
|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         | g kg <sup>-1</sup>   |                    |                    |                    |                    |                    |
| Calcário                | 16,84                | 1,61               | 11,74              | 5,61               | 2,80               | 1,40               |
| Escória                 | 16,71                | 1,60               | 11,66              | 5,78               | 2,78               | 1,45               |
| F                       | 0,25 <sup>NS</sup>   | 0,32 <sup>NS</sup> | 0,01 <sup>NS</sup> | 0,47 <sup>NS</sup> | 0,13 <sup>NS</sup> | 0,87 <sup>NS</sup> |
| DMS                     | 0,54                 | 0,53               | 1,68               | 0,53               | 0,33               | 0,11               |
| Níveis de correção (NC) |                      |                    |                    |                    |                    |                    |
| Testemunha              | 16,41                | 1,56               | 11,85              | 5,42               | 2,76               | 1,41               |
| V% 50                   | 17,11                | 1,61               | 11,10              | 5,52               | 2,80               | 1,46               |
| V% 75                   | 17,06                | 1,63               | 11,40              | 5,68               | 3,02               | 1,42               |
| V% 100                  | 16,54                | 1,63               | 12,45              | 6,15               | 2,59               | 1,43               |
| F                       | 1,89 <sup>NS 1</sup> | 1,76 <sup>NS</sup> | 0,53 <sup>NS</sup> | 1,61 <sup>NS</sup> | 1,20 <sup>NS</sup> | 0,14 <sup>NS</sup> |
| DMS                     | 1,03                 | 0,10               | 3,18               | 1,00               | 0,63               | 0,92               |
| C x NC                  |                      |                    |                    |                    |                    |                    |
| F                       | 0,69 <sup>NS</sup>   | 2,03 <sup>NS</sup> | 0,10 <sup>NS</sup> | 1,08 <sup>NS</sup> | 6,24 <sup>NS</sup> | 0,23 <sup>NS</sup> |
| Média                   | 16,78                | 1,61               | 11,70              | 5,69               | 2,79               | 1,43               |
| CV (%)                  | 4,39                 | 4,47               | 19,51              | 12,65              | 16,18              | 10,46              |

<sup>1</sup> ns: não significativo (P>0,05) pelo teste F.

### 5.1.3 Produção de colmos

#### 5.1.3.1 Cana-planta

Na Tabela 17 são apresentadas os valores do teste F, bem como a produção de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) em função dos fatores. Verifica-se que o calcário e escória silicatada de siderurgia não diferiam entre si para produção de colmos, cujas as médias foram 98,03 e 97,51  $t\ ha^{-1}$ , respectivamente. No entanto, as doses de corretivos utilizada proporcionaram incrementos significativos na produção de colmos, comparados com a testemunha (89,04  $t\ ha^{-1}$ ). Entre as doses de corretivos aplicados não houve diferença significativa para produção de colmos, cujas produções foram de 99,95 – 101,39 – e 100,39  $t\ ha^{-1}$ , respectivamente, para V% de 50 – 75 e 100%.

Nota-se que o efeito favorável da aplicação do calcário na produção de colmos da cana-de-açúcar foi também obtida por CORDEIRO (1978); VARGAS (1989); ROLIM et al. (1998); ROCHA et al. (1998) e MARTINS (2000).

Observa-se ainda a resposta positiva na produção de cana-de-açúcar com aplicação da escória silicatada de siderurgia também foram relatados por AYRES (1966); ANDERSON et al. (1987) e ANDERSON (1991) na região da Flórida-USA. RAID et al. (1992) também observaram incrementos na produção da cana-de-açúcar, atribuindo-se em parte ao efeito dos silicatos pelo fornecimento do Si contidos na escória silicatada de siderurgia.



**Tabela 17. Teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios da produção de colmos da cana-planta aos 345 dias após a emergência do broto, no ano agrícola 98/99.**

| Fator                          |                                                             | Produção de colmos |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                |                                                             | t ha <sup>-1</sup> |
| <b>Corretivo (C)</b>           |                                                             |                    |
| Calcário                       |                                                             | 98,03 <sup>1</sup> |
| Escória                        |                                                             | 97,51              |
| <b>F</b>                       |                                                             | 0,05 <sup>ns</sup> |
| <b>DMS</b>                     |                                                             | 4,78               |
| <b>Níveis de correção (NC)</b> | <b>Equivalência em CaCO<sub>3</sub> (t ha<sup>-1</sup>)</b> |                    |
| V% 100                         | 3,80                                                        | 100,39 a           |
| V% 75                          | 2,52                                                        | 101,39 a           |
| V% 50                          | 1,23                                                        | 99,95 a            |
| Testemunha                     | 0                                                           | 89,04 b            |
| <b>F</b>                       |                                                             | 6,488 *            |
| <b>DMS</b>                     |                                                             | 9,06               |
| <b>C x NC</b>                  |                                                             |                    |
| <b>F</b>                       |                                                             | 0,54 <sup>ns</sup> |
| <b>Média</b>                   |                                                             | 97,77              |
| <b>C.V. (%)</b>                |                                                             | 6,64               |

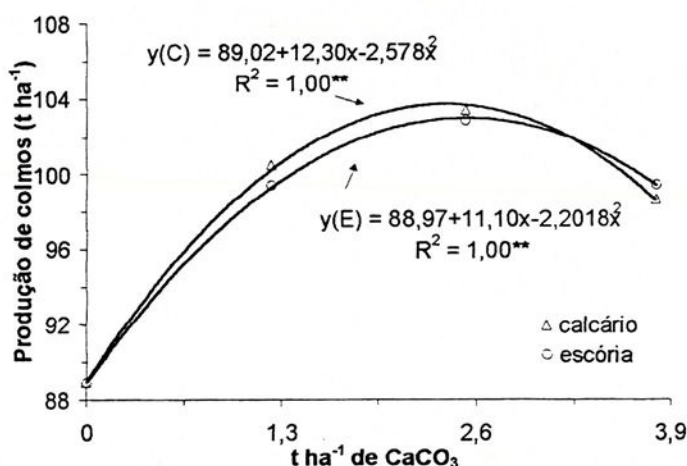
<sup>1</sup> Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

A Figura 3, mostra o efeito isolado dos níveis de aplicação do calcário e da escória no incremento da produção de colmos. Observa-se um aumento quadrático na produção da cana-planta com aplicação dos dois corretivos.



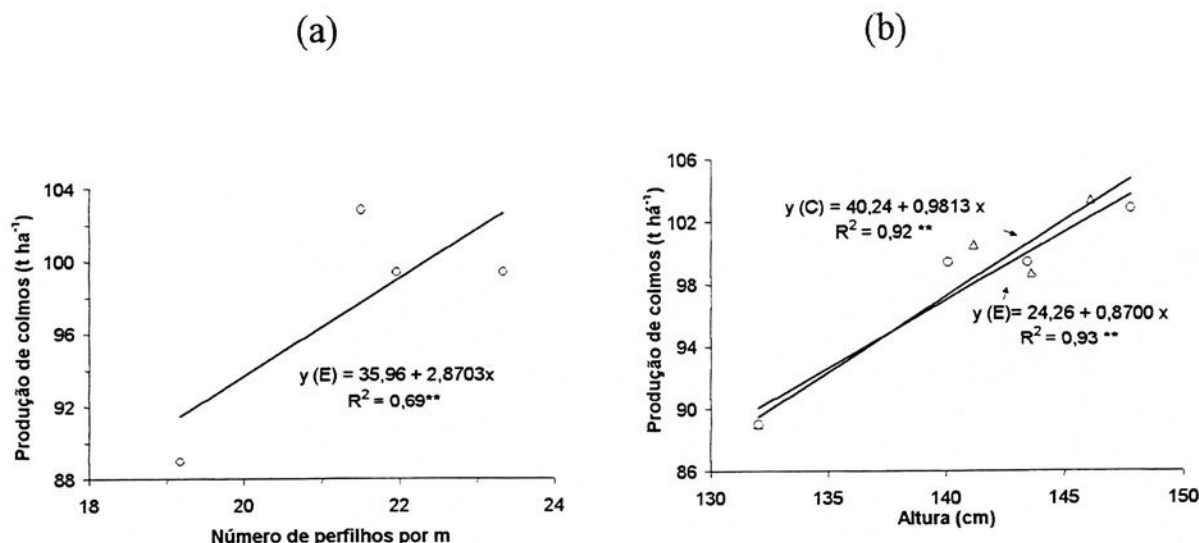
Entretanto, MARTINS (1991) estudando o efeito da aplicação do calcário na cultura da cana-de-açúcar obteve resposta linear na produção de colmos durante o período de condução do experimento compreendido do primeiro ao terceiro corte.

Com os dados das variáveis perfilhamento, altura e produção de colmos, correlacionou-se as duas primeiras com a última, para verificar a real contribuição destas variáveis na expressão da produção de colmos e se existe diferença entre os corretivos. Os estudos de regressão foram realizadas para o calcário e para a escória os quais mostraram significância para efeito das características de desenvolvimento da cultura como perfilhamento e a altura da planta na produção de colmos da cana-de-açúcar, com exceção dada ao efeito do calcário na variável perfilhamento (Figura 4a,b).



**Figura 3. Efeito dos níveis de correção utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E), sobre a produção de colmos da cana-planta no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)**

O aumento do perfilhamento proporcionou um aumento linear na produção de colmos, quando aplicou-se a escória no solo ( $R^2 = 0,95^{**}$ ) comparado ao calcário ( $R^2 = 0,43^{NS}$ ) (Figura 4a). Com o aumento da altura da planta, provocado pela aplicação no solo tanto do calcário como da escória (Figura 4b) resultaram em aumento linear na produção de colmos da cana-planta.



**Figura 4. Efeito do perfilhamento (nº. de perfilhos por metro) (a) e da altura da planta (b) na produção de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) da cana-planta em função da aplicação do calcário (C) e da escória silicatada (E) no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)**

### 5.1.3.2 Cana-soca

Na Tabela 18 são apresentadas os valores do teste F para produção de colmos da cana-soca, bem como a produção de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) em função dos fatores corretivos e níveis de correção. Verifica-se que o calcário e escória silicatada de siderurgia não diferiam entre si para a produção de colmos, cujas média foram, respectivamente, 64,81 e 68,98  $t\ ha^{-1}$  de colmos. A produção superior da escória, embora sem significância, em relação ao calcário pode ser atribuído ao efeito do Si presente na escória, a qual alguns autores mostram que para a cana-de-açúcar este elemento é considerado benéfico (KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995 e LIMA FILHO et al., 1999).

No entanto, apenas a dose de corretivo necessária para elevar o V% a 50, proporcionou incremento significativo na produção de colmos, comparado com a testemunha (57,77  $t\ ha^{-1}$ ). Entre as doses de corretivos aplicados não houve diferença significativa para produção de colmos, cujas produções foram de 75,56 – 69,75 – e 66,19  $t\ ha^{-1}$ , respectivamente, para V% de 50 – 75 e 100%.

**Tabela 18. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios da produção de colmos da cana-soca aos 345 dias após a emergência do broto, no ano agrícola 99/00.**

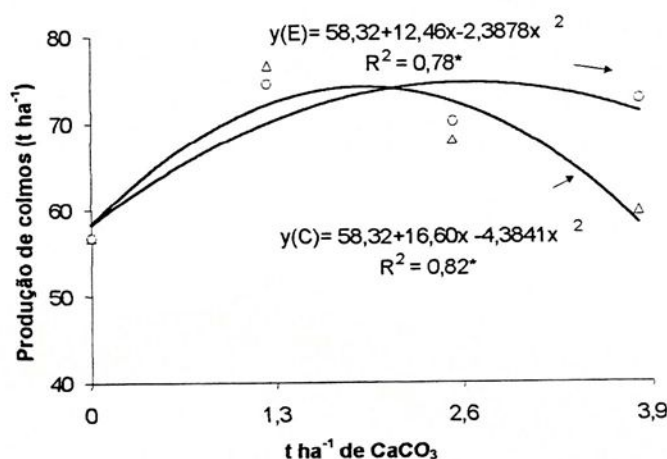
| Fator                   |                                                            | Produção de colmos |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|
|                         |                                                            | t ha <sup>-1</sup> |
| <b>Corretivo (C)</b>    |                                                            |                    |
| Calcário                |                                                            | 64,81              |
| Escória                 |                                                            | 68,98              |
| F                       |                                                            | 1,48 <sup>ns</sup> |
| DMS                     |                                                            | 7,11               |
| Níveis de correção (NC) | Equivalência em<br>CaCO <sub>3</sub><br>t ha <sup>-1</sup> |                    |
| V% 100                  | 3,80                                                       | 66,19 ab           |
| V% 75                   | 2,52                                                       | 69,75 ab           |
| V% 50                   | 1,23                                                       | 75,56 a            |
| Testemunha              | 0                                                          | 57,77 b            |
| F                       |                                                            | 5,21 **            |
| DMS                     |                                                            | 13,49              |
| <b>C x NC</b>           |                                                            |                    |
| F                       |                                                            | 0,31 <sup>ns</sup> |
| Média                   |                                                            | 66,90              |
| C.V. (%)                |                                                            | 14,46              |

<sup>1</sup> Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).





No entanto, o calcário foi o corretivo que mais contribuiu para que a dose de  $1,23 \text{ t ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  (V% 50) apresentasse melhor resultado na produção de colmos (Figura 5). Observa-se ainda, quando aumentou-se a dose de  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$  em  $\text{CaCO}_3$  (V%75) para  $3,8 \text{ t ha}^{-1}$  (V%100) o efeito do calcário foi de reduzir a produção de colmos enquanto que a escória aumentou a produção, refletindo assim na redução do valor do coeficiente de determinação da reta.



**Figura 5. Efeito dos níveis de correção utilizando como fonte o calcário (C) e escória silicatada (E), sobre a produção de colmos da cana-soca, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições)**

#### 5.1.4. Análise Tecnológica

##### 5.1.4.1 Cana-planta

A Tabela 19 mostra que não houve diferença estatística significativa pelo teste de F ( $P > 0,05$ ) para as características tecnológicas (Pol%, ° Brix % da cana e do caldo e a Pureza% e a Fibra%) da cana-de-açúcar no primeiro corte (cana-planta) em função dos tratamentos. A falta de resposta da cana-de-açúcar a aplicação de corretivos no solo para tais características tecnológicas foi observado por GUIMARÃES et al. (1975); PENATTI et al. (1987); MELLO & MOURA FILHO (1998).

Algumas características tecnológicas apresentadas na Tabela 19, como o Pol % e o ° Brix % da cana-planta, apresentaram índices maiores para o tratamento testemunha, comparado aos demais tratamentos. Este fato foi também observado por MARTINS (1991) atribuído ao efeito diluição, pelo crescimento da planta.

**Tabela 19. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios das características tecnológica, Brix %, Pol %, do caldo e da cana e a Pureza % e Fibra % da cana-planta, no ano agrícola 98/99.**

| Fator                      | °Brix %<br>cana                                         | °Brix %<br>caldo   | Pol %<br>cana      | Pol %<br>caldo     | Pureza %<br>cana   | Fibra %<br>cana    |       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Corretivo (C)              |                                                         |                    |                    |                    |                    |                    |       |
| Calcário                   | 16,14                                                   | 19,78              | 14,05              | 17,73              | 89,87              | 15,66              |       |
| Escória                    | 16,45                                                   | 19,89              | 14,33              | 17,94              | 90,18              | 15,30              |       |
| F                          | 2,34 <sup>NS</sup>                                      | 0,64 <sup>NS</sup> | 2,06 <sup>NS</sup> | 0,84 <sup>NS</sup> | 0,69 <sup>NS</sup> | 2,24 <sup>NS</sup> |       |
| DMS                        | 0,43                                                    | 0,42               | 0,78               | 0,47               | 0,76               | 0,50               |       |
| Níveis de<br>correção (NC) | Equivalência<br>CaCO <sub>3</sub> (t ha <sup>-1</sup> ) |                    |                    |                    |                    |                    |       |
| V% 100                     | 3,80                                                    | 16,26              | 19,83              | 14,20              | 17,89              | 90,24              | 15,47 |
| V% 75                      | 2,52                                                    | 16,05              | 20,61              | 14,05              | 17,68              | 90,18              | 15,63 |
| V% 50                      | 1,23                                                    | 16,43              | 19,88              | 14,22              | 17,85              | 89,74              | 15,48 |
| Testemunha                 | 0                                                       | 16,44              | 19,94              | 14,31              | 17,68              | 89,88              | 15,34 |
| F                          | 0,82 <sup>NS</sup>                                      | 0,48 <sup>NS</sup> | 0,32 <sup>NS</sup> | 0,21 <sup>NS</sup> | 0,36 <sup>NS</sup> | 0,23 <sup>NS</sup> |       |
| DMS                        | 0,81                                                    | 0,80               | 0,41               | 0,90               | 1,45               | 0,95               |       |
| C x NC                     |                                                         |                    |                    |                    |                    |                    |       |
| F                          | 0,79 <sup>NS</sup>                                      | 0,55 <sup>NS</sup> | 0,85 <sup>NS</sup> | 0,71 <sup>NS</sup> | 0,63 <sup>NS</sup> | 0,37 <sup>NS</sup> |       |
| Média                      | 16,29                                                   | 19,81              | 14,19              | 17,84              | 90,02              | 15,48              |       |
| C.V. (%)                   | 3,58                                                    | 2,90               | 3,94               | 3,61               | 1,15               | 4,42               |       |

<sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05).



Na Tabela 20, observa-se que o teste F para o açúcar teórico recuperável (ATR) não apresentou efeito significativo para os tratamentos.

**Tabela 20. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios da característica tecnológica açúcar teórico recuperável (ATR) da cana-planta, no ano agrícola 98/99.**

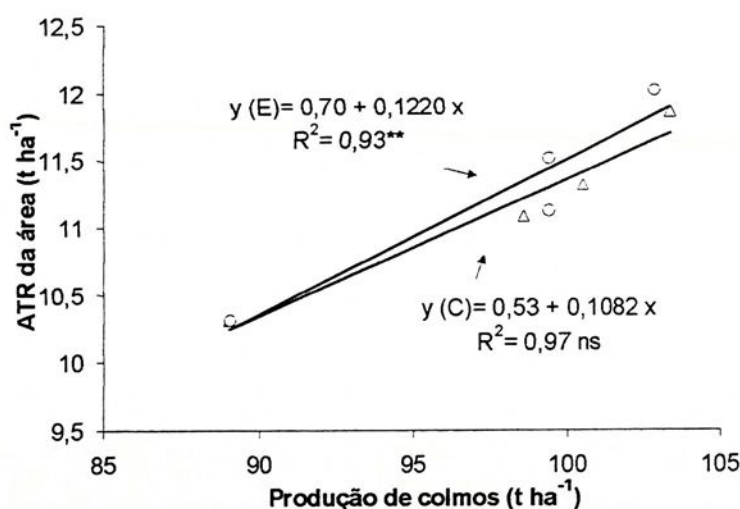
| Fator                   | ATR da cana                                             | ATR da área        |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|
| Corretivo (C)           | kg t <sup>-1</sup>                                      | t ha <sup>-1</sup> |
| Calcário                | 112,97                                                  | 11,07              |
| Escória                 | 116,20                                                  | 11,30              |
| F                       | 2,19 <sup>ns 1</sup>                                    | 0,36 <sup>ns</sup> |
| DMS                     | 4,53                                                    | 0,80               |
| Níveis de correção (NC) | Equivalência em CaCO <sub>3</sub> (t ha <sup>-1</sup> ) |                    |
| V% 100                  | 3,80                                                    | 114,83             |
| V% 75                   | 2,52                                                    | 113,28             |
| V% 50                   | 1,23                                                    | 114,56             |
| Testemunha              | 0                                                       | 115,67             |
| F                       | 0,21 <sup>ns</sup>                                      | 2,37 <sup>ns</sup> |
| DMS                     | 8,58                                                    | 1,51               |
| C x NC                  |                                                         |                    |
| F                       | 0,89 <sup>ns</sup>                                      | 0,85 <sup>ns</sup> |
| Média                   | 114,59                                                  | 11,19              |
| C.V. (%)                | 5,37                                                    | 9,68               |

<sup>1</sup> ns: não significativo (P>0,05) pelo teste F.



No entanto verifica-se que nos tratamentos com aplicação do calcário e da escória, o ATR da cana foi menor em relação a testemunha, porém houve um incremento no ATR da área, devido principalmente ao fator produção de colmos que compensou tal déficit, resultando em maior produção de açúcar por área. Esta relação foi também descrita por HURNEY (1974).

Deste modo, os resultados sugerem que a variável produção de colmos pode interferir no rendimento de açúcar em área (ATR área). Assim, correlacionou-se através da regressão, a produção de colmos e o ATR área, separadamente para o calcário e a escória. Na análise de regressão verificou-se que houve significância para as variáveis envolvidas. A relação da produção de colmos e a variável ATR da área apresentou efeito linear apenas para a escória, enquanto para o calcário não atingiu significância (Figura 6).



**Figura 6.** Efeito da produção de colmos (t ha<sup>-1</sup>) da cana-planta na característica tecnológica ATR da área (t ha<sup>-1</sup>), com aplicação do calcário (C) e da escória silicatada (E), no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)

ANDERSON et al. (1987) trabalharam com aplicação de escória de siderurgia na cana-de-açúcar em solos de Everglades na Flórida-USA e observaram estreita relação da produção de colmos com produção de açúcar, durante três anos de experimentação. ALLORERUNG (1989) obteve o mesmos resultados em solos ácidos da Indonésia, com aplicação de duas escórias (Java e Japão) nas doses de 1 e 3 t ha<sup>-1</sup>, resultando em aumento da produção de colmos e de açúcar, enquanto que a percentagem de açúcar no colmo não alterou.

#### 5.1.4.2 Cana-soca

Pela Tabela 21 verifica-se que não houve diferença estatística significativa pelo teste de F ( $P>0,05$ ) para as características tecnológicas analisadas, com exceção dada a pureza (%) da cana-de-açúcar em função dos tratamentos. Com relação a pureza da cana observou-se que houve diferença apenas para o fator níveis de correção, destacando-se as maiores doses de corretivos. Enquanto que MARTINS (2000) observou este efeito significativo da calagem na pureza da cana apenas no 3º corte da cana-de-açúcar.

Na Tabela 22, observa-se que o teste F para o açúcar teórico recuperável (ATR) não apresentou efeito significativo para os tratamentos. No entanto verifica-se que nos tratamentos com aplicação do calcário e da escória, o ATR da cana foi menor em relação a testemunha, porém houve um incremento no ATR da área, devido principalmente ao fator produção de colmos que compensou tal déficit e resultando em maior produção de açúcar por área, esta relação também ocorreu na cana-planta (Tabela 20).



**Tabela 21. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios das características tecnológica Brix %, Pol %, a Pureza % e a Fibra % da cana-soca, no ano agrícola 99/00.**

| Fator                      | °Brix %<br>cana                                            | Pol %<br>cana      | Pureza %<br>Cana    | Fibra %<br>cana    |       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------|
| Corretivo (C)              |                                                            |                    |                     |                    |       |
| Calcário                   | 16,51                                                      | 14,26              | 90,12               | 16,34              |       |
| Escória                    | 16,72                                                      | 14,30              | 90,23               | 16,45              |       |
| F                          | 1,81 <sup>NS1</sup>                                        | 0,06 <sup>NS</sup> | 0,44 <sup>NS</sup>  | 1,47 <sup>NS</sup> |       |
| DMS                        | -                                                          | -                  | -                   | -                  |       |
| Níveis de<br>correção (NC) | Equivalência em<br>CaCO <sub>3</sub> (t ha <sup>-1</sup> ) |                    |                     |                    |       |
| V% 100                     | 3,80                                                       | 16,54              | 14,14               | 90,91a             | 16,33 |
| V% 75                      | 2,52                                                       | 16,30              | 13,96               | 90,40ab            | 16,49 |
| V% 50                      | 1,23                                                       | 16,80              | 14,33               | 90,13b             | 16,51 |
| Testemunha                 | 0                                                          | 16,82              | 14,69               | 89,26c             | 16,24 |
| F                          | 2,53 <sup>NS</sup>                                         | 2,89 <sup>NS</sup> | 16,74 <sup>**</sup> | 1,88 <sup>NS</sup> |       |
| DMS                        | -                                                          | -                  | 0,67                | -                  |       |
| C x NC                     |                                                            |                    |                     |                    |       |
| F                          | 1,04 <sup>NS</sup>                                         | 0,48 <sup>NS</sup> | 0,51 <sup>NS</sup>  | 0,79 <sup>NS</sup> |       |
| Média                      | 16,62                                                      | 14,28              | 90,18               | 16,39              |       |
| C.V. (%)                   | 2,66                                                       | 3,61               | 0,53                | 1,64               |       |

<sup>1</sup> \*\*, ns: significativo (P<0,01) e não significativo (P>0,05) respectivamente pelo teste F.



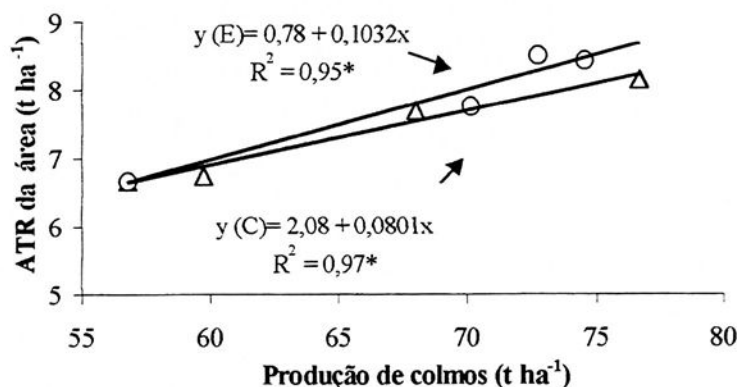
**Tabela 22. Resultados do teste de F e do coeficiente de variação obtidos da análise de variância e os valores médios da característica tecnológica açúcar teórico recuperável (ATR) da cana-soca, no ano agrícola 99/00.**

| Fator                   |                                                         | ATR da cana          | ATR da área        |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Corretivo (C)           |                                                         | kg t <sup>-1</sup>   | t ha <sup>-1</sup> |
| Calcário                |                                                         | 114,38               | 7,25               |
| Escória                 |                                                         | 114,88               | 7,92               |
| <b>F</b>                |                                                         | 0,08 <sup>ns 1</sup> | 3,11 <sup>ns</sup> |
| DMS                     |                                                         | -                    | -                  |
| Níveis de correção (NC) | Equivalência em CaCO <sub>3</sub> (t ha <sup>-1</sup> ) |                      |                    |
| V% 100                  | 3,80                                                    | 114,33               | 7,74ab             |
| V% 75                   | 2,52                                                    | 111,90               | 7,62b              |
| V% 50                   | 1,23                                                    | 114,93               | 8,30a              |
| Testemunha              | 0                                                       | 117,37               | 6,67ab             |
| <b>F</b>                |                                                         | 1,74 <sup>ns</sup>   | 0,99 <sup>ns</sup> |
| DMS                     |                                                         | -                    | 1,49               |
| <b>C x NC</b>           |                                                         |                      |                    |
| <b>F</b>                |                                                         | 0,56 <sup>ns</sup>   | 0,99 <sup>ns</sup> |
| Média                   |                                                         | 114,63               | 7,58               |
| C.V. (%)                |                                                         | 4,21                 | 14,12              |

<sup>1</sup> ns: não significativo (P>0,05) pelo teste F.

Deste modo, existe uma tendência da produção de colmos interferir no rendimento de açúcar em área (ATR área). Assim, correlacionou-se através da regressão, a produção de colmos e o ATR área, separadamente para o calcário e a escória. Na análise de regressão verificou-se que houve significância para as variáveis envolvidas.

A relação da produção de colmos e a variável ATR da área apresentou efeito linear tanto para a escória, como para o calcário (Figura 7). Portanto a aplicação dos presentes corretivos resultaram em aumento da produção de colmos que por sua vez refletiu em acréscimo linear do ATR da área.



**Figura 7. Efeito da produção de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) da cana-soca na característica tecnológica ATR da área ( $t\ ha^{-1}$ ), com aplicação do calcário (C) e da escória silicatada (E), no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições)**

## 5.2 Efeito dos tratamentos nos atributos químicos do solo

### 5.2.1 Cana-planta

#### 5.2.1.1 Amostragem do solo na entrelinha e na linha da cultura

Pela Tabela 23 observa-se que tanto o calcário como a escória silicatada influenciaram significativamente as propriedades químicas do solo, reduzindo a acidez potencial e aumentando o índice pH, os teores de Ca e Mg e o V%. Resultados semelhantes foram observados por PEREIRA (1978) e PIAU (1995) que avaliaram a escória e calcário em dois solos. Ambos os corretivos apresentaram comportamento semelhante quanto a correção da acidez do solo, com incrementos nos teores de Ca e Mg e no V%.

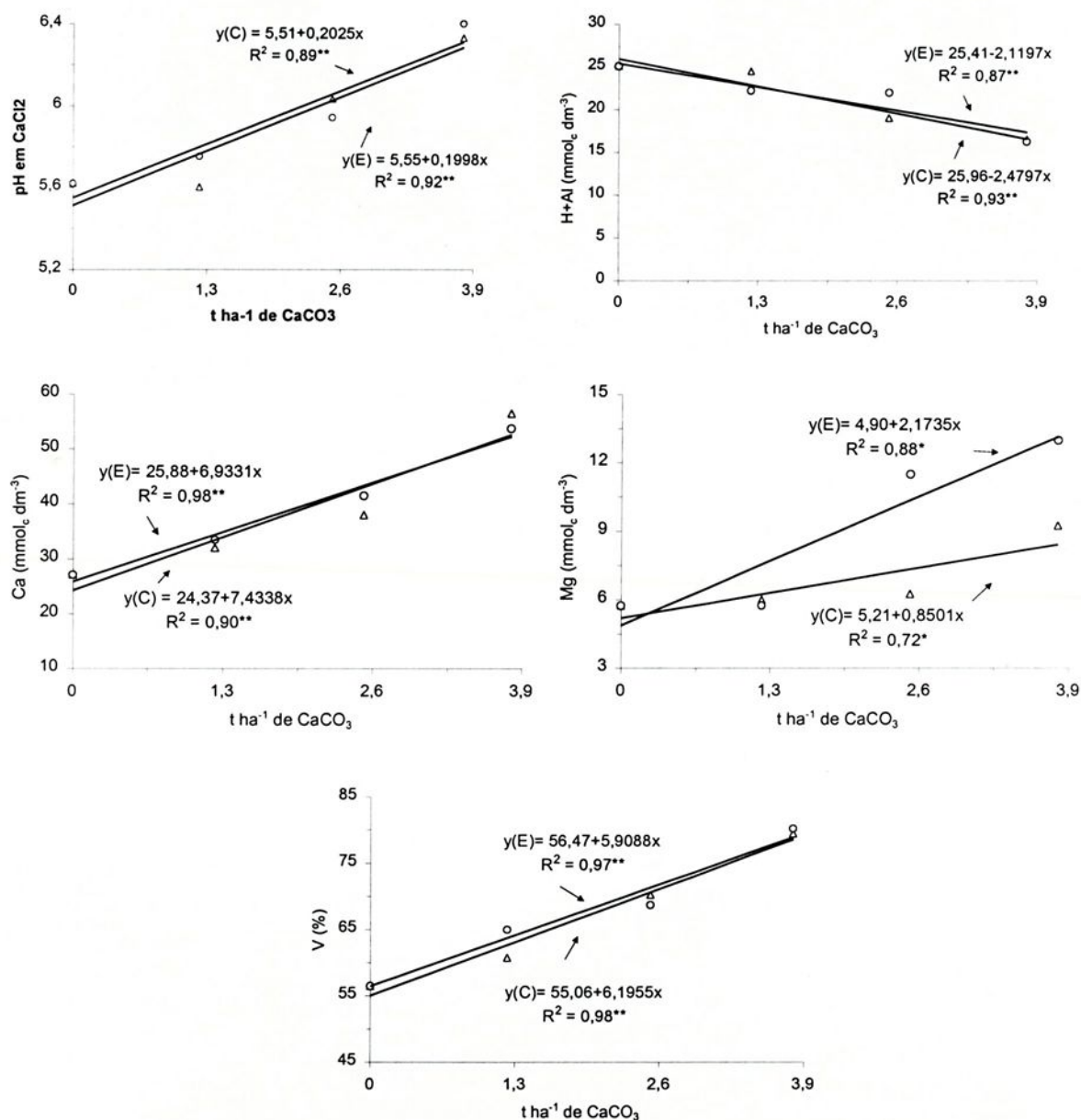
**Tabela 23. Valores médios de algumas características químicas do solo, em amostras da linha e da entrelinha cana-planta em função dos tratamentos, no ano agrícola 98/99.**

| Fator                      | pH<br>(CaCl <sub>2</sub> )                                 | H+Al                               | Ca                 | Mg                 | V                  |          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|
| Corretivo (C)              |                                                            | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                    |                    | %                  |          |
| Calcário                   | 5,86                                                       | 21,8                               | 38,3               | 6,7                | 66,19              |          |
| Escória                    | 5,88                                                       | 20,9                               | 39,1               | 9,1                | 68,19              |          |
| F                          | 0,01 <sup>NS 1</sup>                                       | 0,56 <sup>NS</sup>                 | 0,05 <sup>NS</sup> | 0,65 <sup>NS</sup> | 0,53 <sup>NS</sup> |          |
| DMS                        | 0,19                                                       | 0,26                               | 0,67               | 0,20               | 5,74               |          |
| Níveis de<br>correção (NC) | Equivalência em<br>CaCO <sub>3</sub> (t ha <sup>-1</sup> ) |                                    |                    |                    |                    |          |
| V% 100                     | 3,80                                                       | 6,36 a                             | 16,4 b             | 55,1 a             | 11,1 a             | 79,88 a  |
| V% 75                      | 2,52                                                       | 5,94 b                             | 20,5 ab            | 39,8 b             | 8,9 ab             | 69,50 ab |
| V% 50                      | 1,23                                                       | 5,66 bc                            | 23,4 a             | 32,8 b             | 5,9 b              | 62,88 bc |
| Testemunha                 | 0                                                          | 5,50 c                             | 25,1 a             | 27,1 b             | 5,8 b              | 56,50 c  |
| F                          | 17,86 **                                                   | 9,22 **                            | 14,20 **           | 7,27 **            | 13,11 **           |          |
| DMS                        | 0,35                                                       | 0,50                               | 1,27               | 0,38               | 10,87              |          |
| C x NC                     |                                                            |                                    |                    |                    |                    |          |
| F                          | 0,06 <sup>NS</sup>                                         | 1,51 <sup>NS</sup>                 | 0,16 <sup>NS</sup> | 1,71 <sup>NS</sup> | 0,28 <sup>NS</sup> |          |
| Média                      | 5,87                                                       | 2,13                               | 3,87               | 0,79               | 67,19              |          |
| CV (%)                     | 4,33                                                       | 14,68                              | 23,51              | 34,32              | 11,61              |          |

<sup>1</sup> \*\*: significativo (P<0,01) e não significativo (P>0,05) respectivamente pelo teste F.



Em função dos efeitos positivos dos corretivos nas propriedades químicas do solo, correlacionou-se os níveis de correção do solo e a variação nas propriedades químicas do solo (Figura 8).

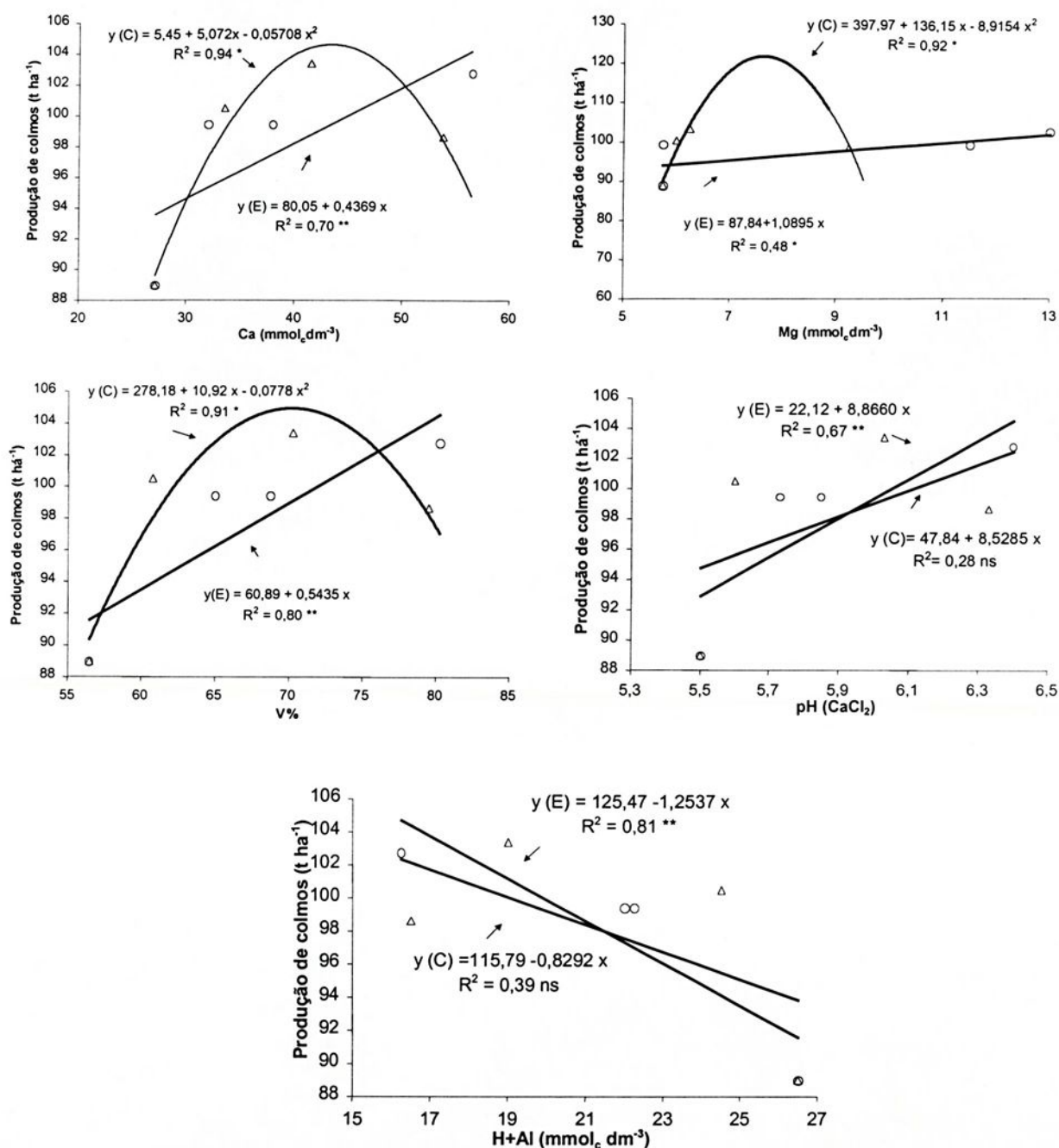


**Figura 8. Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e a escória silicatada (E) no pH; H+Al; Ca; Mg e V% do solo após 345 dias da aplicação, na cana-planta, em amostra de terra da linha e da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)**

Tal relação mostra que os níveis de correção apresentaram efeito linear para todas variáveis estudadas (pH, Ca, Mg, H+Al e o V% do solo), tanto para o calcário como para a escória silicatada. Observa-se ainda, que as doses de corretivos prevista pelo método de saturação de bases não foram suficientes para elevar o V% ao nível pretendido (Figura 8). Sendo que os valores de V% obtidos foram de 69,5% e 79,9% e o esperado era 75% e 100%. TESCARO (1998) sinaliza que a ineficiência de elevar o V% para valores relativamente altos, podem ser pelo ao alto potencial de cargas dependentes de pH comum em solos tropicais, as altas doses de corretivos que afetam a reação de equilíbrio da solubilização do corretivo e ainda ocorre a formação de novos minerais no solo em formas de hidróxido pouco solúvel. Além disso, os índices de reatividade, adotados atualmente, para o cálculo do RE, apresenta-se superestimados, dentro do prazo estimado na legislação de 0-90 dias (NATALE & COUTINHO, 1994) e consequentemente a dose de corretivo fica subestimado.

Na Figura 9, mostra o efeito de algumas propriedades químicas do solo na produção da cana-de-açúcar. Nota-se que a acidez do solo representada pelo valor de pH e do H+Al não apresentaram diferença significativa quanto a contribuição na produção da cana-de-açúcar, quando empregado como corretivo o calcário, sugerindo inicialmente a ocorrência de certa tolerância da cultura a acidez do solo, conforme dados de AZEVEDO & SARRUGE (1984). Esta observação vem ao encontro com ORLANDO FILHO & RODELLA (1997) que relacionaram a melhor resposta da cana-de-açúcar a aplicação de calcário, pelo efeito dos nutrientes (Ca e Mg) do que a correção do solo propriamente dita. Enquanto para as demais variáveis Ca, Mg e o V% houve uma relação quadrática. Por outro lado, quando utilizou-se a escória silicatada, pH como (H+Al), o Ca, o Mg e a saturação de bases correlacionaram linearmente com a produção de colmos.





**Figura 9.** Efeito do Ca, Mg, V%, pH, H+Al do solo na produção de colmos da cana-planta, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra da linha e da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)



Uma das possíveis explicações da relação linear dos atributos químicos do solo alterados com aplicação da escória e a produção de cana-de-açúcar refere-se a ação lenta com que a escória silicatada reage no solo e que mesmo as aplicações elevadas objetivando elevar o V% para 75 e 100% não são suficientes para mudanças bruscas na reação do solo que poderiam ocasionar algum dano nutricional na planta. A reação mais lenta da escória no solo foi constatada por FORTES (1993) e PIAU (1991) que compararam três escórias de siderurgia com calcário quanto ao incremento de Ca no solo através da eficiência de reação no solo no período de 30 a 90 dias após a incubação e observaram maior eficiência nos primeiros 30 e 60 dias para o calcário e no final a escória.

A reação mais lenta da escória no solo pode ser atribuído a presença de impurezas como alumínio (ANDO et al., 1988) em função da sua constituição química a qual apresenta parte de compostos de Ca e Mg ligado a aluminossilicatos (CRANE, 1930).

Nesta mesma linha SHERMAN et al. (1964) e TAMINI & MATSUYAMA (1972), afirmaram que os efeitos depressivos no solo pelo excesso da aplicação de calcário ou escória, é reduzido quando aplica-se escória de siderurgia.

Com base na literatura, tem havido um consenso sobre os níveis críticos de Ca e Mg no solo para cultura da cana-de-açúcar,  $10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para o Ca e  $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg (ORLANDO FILHO & RODELLA, 1987; BENEDINI, 1988). Já AZEVEDO et al. (1981) afirmam que, teores de Ca menores que  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e Mg inferiores a  $6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  são grandes as possibilidades de resposta da cultura da cana-de-açúcar à calagem do solo.

Na Figura 9 verifica-se que a produção de colmos respondeu com efeito quadrático chegando ao ponto de máximo no teor de  $38 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca no solo, usando o calcário. Para a escória de siderurgia o efeito do Ca na produção foi linear atingindo  $53,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca no solo, para produção máxima,



indicando ainda que pode haver resposta acima deste nível. Isto mostra que altos teores de Ca no solo, quando aplicado a escória de siderurgia não é objeto de redução da produção da cultura.

Os aumentos dos níveis de Mg e da saturação de bases (V%) do solo apresentaram efeito quadrático na produção de colmos quando aplicado o calcário e um efeito linear quando aplicado a escória de siderurgia (Figura 9).

#### **5.2.1.2 Amostragem do solo somente na entrelinha da cultura**

Pela Tabela 24 observa-se que tanto o calcário como a escória silicatada influenciaram significativamente, reduzindo o teor de  $H+Al$  e aumentando o valor de pH, os teores de Ca e Mg e consequentemente elevando a saturação por bases. Ressalta-se que de modo geral estes resultados foram semelhantes aqueles obtidos no item 5.2.1.1 a partir da amostragem de terra da linha e entrelinha da cultura, no entanto serão comparados oportunamente nos próximos itens.

Como houve interação entre os tratamentos, procedeu o desdobramento para as variáveis Ca, Mg e P do solo (Tabela 25). Observa-se que para os teores de Ca e Mg do solo os corretivos diferenciaram-se apenas na dose máxima (V%100), sendo a escória silicatada superior quanto ao incremento destes nutrientes no solo. Outrossim, independentemente do corretivo utilizado, com aumento das doses, houve incremento significativo nos teores de Ca e Mg e P no solo. Quanto ao efeito dos corretivos, no fósforo disponível do solo, ressalta-se que houve diferença quanto a capacidade de aumentar a disponibilidade deste nutriente no solo. Na dose correspondente para elevar o  $V\%=75$  a escória silicatada foi superior (Tabela 25). A superioridade da escória em relação ao calcário no aumento do fósforo disponível do solo foi relatado por PRADO & FERNANDES (1999).





**Tabela 24. Valores médios de algumas características químicas do solo, em amostras da entrelinha da cana-planta na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no ano agrícola 98/99.**

| Fator                      | pH<br>(CaCl <sub>2</sub> )                                    | H+Al    | Ca       | Mg      | V       | P<br>(resina)       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------|---------|----------|---------|---------|---------------------|
| Corretivo (C)              | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>                            |         |          | %       |         | mg dm <sup>-3</sup> |
| Calcário                   | 5,68 b                                                        | 20,88   | 37,13    | 6,81    | 67,13   | 7,81                |
| Escória                    | 5,89 a                                                        | 19,50   | 39,44    | 8,13    | 68,75   | 8,19                |
| F                          | 7,12 *                                                        | 2,22 ns | 3,92 ns  | 1,92 ns | 1,20 ns | 0,51 ns             |
| DMS                        | 0,17                                                          | 1,92    | 2,43     | 1,97    | 3,08    | 1,1                 |
| Níveis de<br>correção (NC) | Equivalência<br>em CaCO <sub>3</sub><br>(t ha <sup>-1</sup> ) |         |          |         |         |                     |
| V% 100                     | 3,80                                                          | 6,36 a  | 14,88 c  | 53,63 a | 11,13 a | 81,00 a             |
| V% 75                      | 2,52                                                          | 5,79 b  | 17,75 c  | 41,75 b | 8,38 ab | 73,88 b             |
| V% 50                      | 1,23                                                          | 5,71 b  | 21,50 b  | 34,75 c | 5,75 bc | 65,38 c             |
| Testemunha                 | 0                                                             | 5,28 c  | 26,63 a  | 23,00 d | 4,63 c  | 51,50 d             |
| F                          | 29,7 **                                                       | 30,3 ** | 120,6 ** | 9,4 **  | 73,2 ** | 8,5 **              |
| DMS                        | 0,32                                                          | 3,64    | 4,61     | 3,73    | 5,84    | 2,1                 |
| C x NC                     |                                                               |         |          |         |         |                     |
| F                          | 0,9 ns                                                        | 1,3 ns  | 6,4 **   | 3,6 *   | 1,2 ns  | 4,4 *               |
| Média                      | 5,78                                                          | 20,19   | 38,28    | 7,47    | 67,94   | 8,00                |
| C.V. (%)                   | 4,01                                                          | 12,92   | 8,63     | 35,86   | 6,17    | 18,65               |

<sup>1</sup> \*\*, \*, ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05) respectivamente pelo teste F.



**Tabela 25. Valores médios de cálcio, magnésio e fósforo do solo, em amostras da entrelinha da cana-planta na profundidade de 0-20 cm, em função do desdobramento do fator dose dentro do fator corretivo, no ano agrícola 98/99.**

| Corretivos      | Dose       |           |           |           |
|-----------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                 | Testemunha | V% 50     | V% 75     | V% 100    |
| <b>Cálcio</b>   |            |           |           |           |
| Calcário        | 22,50 a C  | 36,75 a B | 40,75 a B | 48,50 a A |
| Escória         | 23,50 a D  | 32,75 a C | 42,75 a B | 58,75 b A |
| DMS linha       | 6,51       |           |           |           |
| DMS coluna      | 4,86       |           |           |           |
| <b>Magnésio</b> |            |           |           |           |
| Calcário        | 5,25 a A   | 6,50 a A  | 7,50 a A  | 8,00 b A  |
| Escória         | 4,00 a B   | 5,00 a B  | 9,25 a AB | 14,25 a A |
| DMS linha       | 5,28       |           |           |           |
| DMS coluna      | 3,94       |           |           |           |
| <b>Fósforo</b>  |            |           |           |           |
| Calcário        | 7,25 a A   | 7,75 a A  | 7,25 a A  | 9,00 a A  |
| Escória         | 6,00 a B   | 6,00 a B  | 10,00 b A | 10,75 a A |
| DMS linha       | 2,94       |           |           |           |
| DMS coluna      | 2,19       |           |           |           |

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas.

Com relação a amostragem do solo em subsuperfície (camada 20-40 cm) observa-se na Tabela 26 que os corretivos reduziram a acidez do solo, com aumento do índice de pH e redução dos teores de  $H^+Al$ , aumentou os teores de cálcio e conseqüentemente a saturação de bases. No entanto não alterou os teores de magnésio e de fósforo do solo. Observa-se ainda que os efeitos dos corretivos



foram semelhantes, com exceção dada aos teores de P, onde o calcário foi superior. Quanto a interação corretivo x níveis de correção não houve significância indicando independência entre os fatores estudados.

**Tabela 26. Valores médios de algumas características químicas do solo em amostras coletadas na entrelinha da cana-planta na profundidade de 20-40 cm, em função dos tratamentos, no ano agrícola 98/99.**

| Fator                         |                                                               | pH<br>(CaCl <sub>2</sub> ) | H+Al                               | Ca       | Mg      | V       | P<br>(resina)       |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------|---------|---------|---------------------|
| Corretivo (C)                 |                                                               |                            | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |          |         | %       | mg dm <sup>-3</sup> |
| Calcário                      |                                                               | 5,29                       | 24,94                              | 23,88    | 7,81    | 55,19   | 6,25 a              |
| Escória                       |                                                               | 5,40                       | 23,63                              | 24,56    | 5,25    | 54,32   | 4,81 b              |
| F                             |                                                               | 1,39 ns <sup>1</sup>       | 1,00 ns                            | 0,54 ns  | 3,17 ns | 0,69 ns | 4,54 *              |
| DMS                           |                                                               | 0,19                       | 2,73                               | 6,14     | 3,0     | 6,34    | 1,40                |
| Níveis de<br>correção<br>(NC) | Equivalência<br>em CaCO <sub>3</sub><br>(t ha <sup>-1</sup> ) |                            |                                    |          |         |         |                     |
| V% 100                        | 3,80                                                          | 5,75 a                     | 29,63 b                            | 30,75 a  | 7,75    | 64,00 a | 6,25                |
| V% 75                         | 2,52                                                          | 5,33 bc                    | 23,75 b                            | 23,13 ab | 7,25    | 56,25 a | 5,75                |
| V% 50                         | 1,23                                                          | 5,34 b                     | 23,75 b                            | 26,13 ab | 5,88    | 56,25 a | 5,13                |
| Testemunha                    | 0                                                             | 4,98 c                     | 29,63 a                            | 16,88 b  | 5,25    | 42,50 b | 5,00                |
| F                             |                                                               | 12,42 **                   | 8,68 **                            | 3,88 *   | 0,65 ns | 7,18 ** | 0,74 ns             |
| DMS                           |                                                               | 0,36                       | 5,18                               | 11,64    | 5,68    | 13,16   | 2,66                |
| C x NC                        |                                                               |                            |                                    |          |         |         |                     |
| F                             |                                                               | 0,70 ns                    | 0,22 ns                            | 0,64 ns  | 0,03 ns | 0,50 ns | 0,88 ns             |
| Média                         |                                                               | 5,35                       | 24,28                              | 24,22    | 6,53    | 54,75   | 5,53                |
| C.V. (%)                      |                                                               | 4,76                       | 15,30                              | 34,47    | 62,36   | 17,25   | 34,49               |

<sup>1</sup> \*\*: \*, ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05) respectivamente pelo teste F.



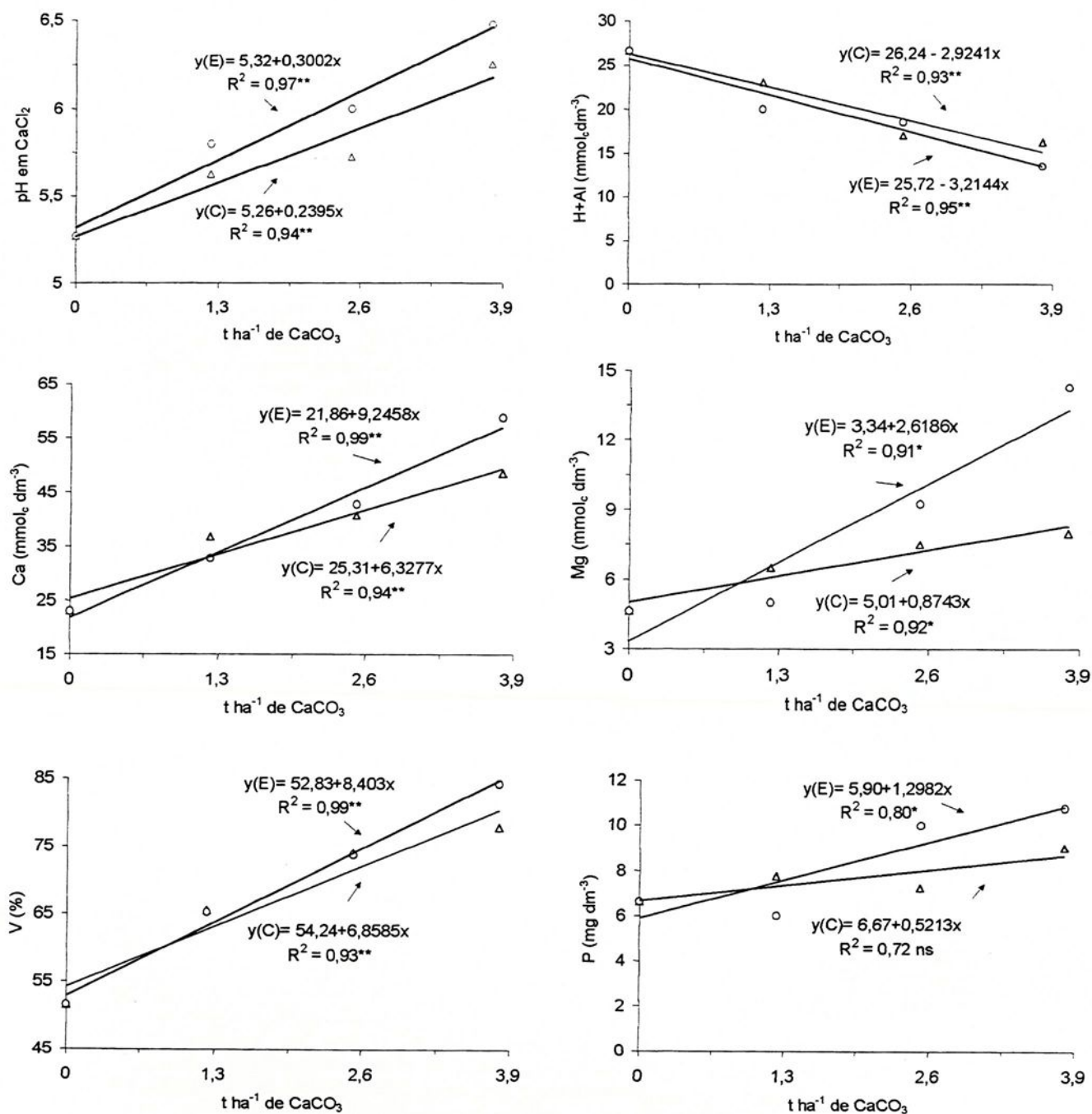
Em função dos efeitos positivos dos corretivos nas propriedades químicas do solo, correlacionou-se os níveis de correção do solo e a variação nas propriedades químicas do solo. Tal relação mostra que os níveis de correção na profundidade de 0-20 cm, apresentou efeito linear para as variáveis (pH, Ca, Mg, H+Al e V% do solo), tanto para o calcário como para escória. Enquanto que o teor de P não foi alterado pelo calcário, o que concorda com HAYNES (1982) (Figura 10). Por outro lado, para a camada subsuperficial os corretivos apresentaram efeito linear reduzindo os teores de H+Al e aumentando o pH e o V%, enquanto que os teores de Ca, Mg e P não atingiram significância pelos tratamentos isolados calcário e a escória silicatada (Figura 11).

Quanto a camada de 0-20 cm de profundidade observa-se pela Figura 12 que a aplicação tanto do calcário como da escória alterou as propriedades químicas do solo com efeito linear na produção de colmos da cana-de-açúcar, com exceção dada a variável fósforo, quando aplicado o calcário. Estes resultados demonstram que a cana-de-açúcar responde tanto aos teores de Ca e Mg do solo como para a acidez do solo representada pelo pH e aos teores de H+Al, independentemente do corretivo utilizado.

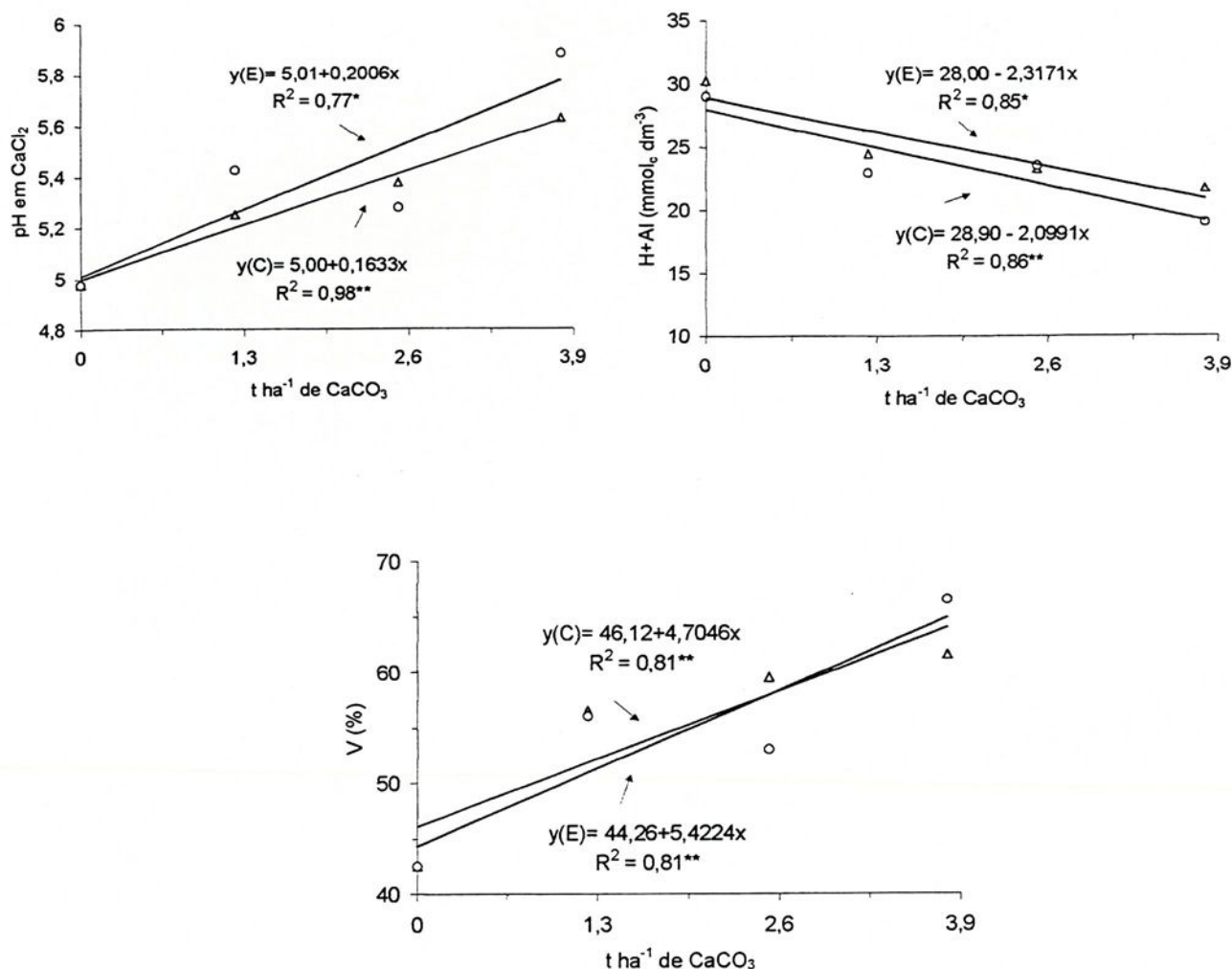
Pela Figura 13 observa-se que ambos corretivos de maneira geral na camada subsuperficial (20-40 cm de profundidade) apresentaram uma relação linear entre as variáveis pH, H+Al, Ca, Mg, V% do solo e a produção de colmos, com exceção dada ao calcário para os teores de Mg e o valor pH. Ao passo que para os teores de P do solo, o calcário apresentou efeito linear e a escória silicatada efeito quadrático na produção de colmos.



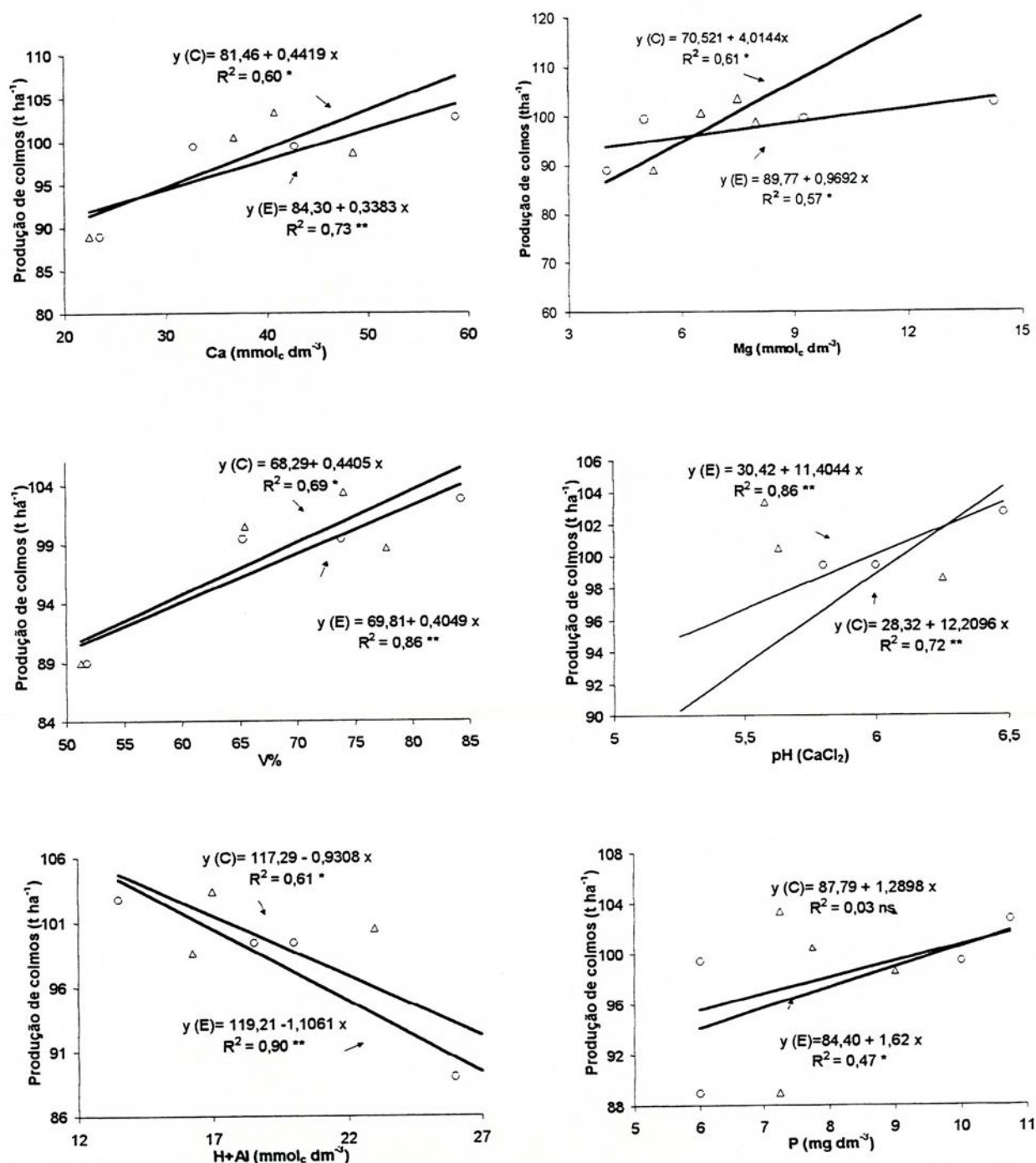




**Figura 10.** Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) no pH; H+Al; Ca; Mg; V% e P após 345 dias da aplicação, na cana-planta em amostra de terra da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)

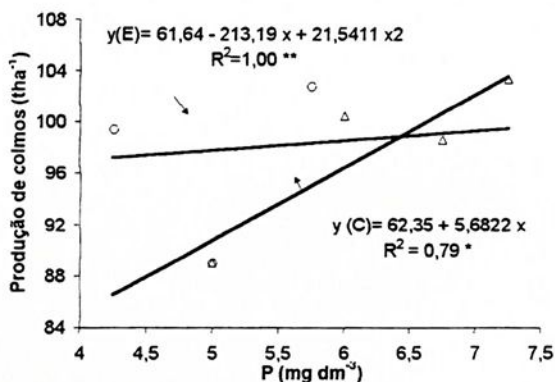
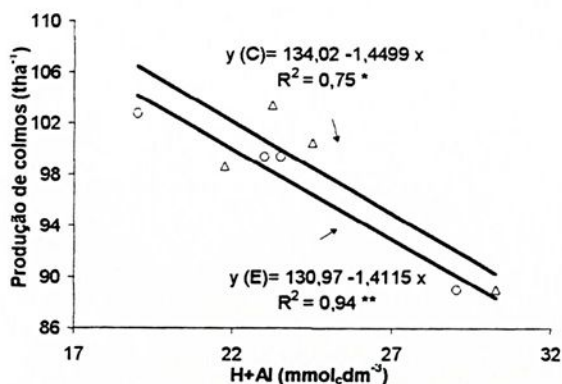
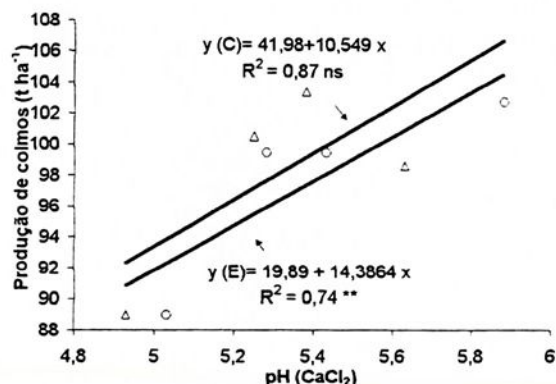
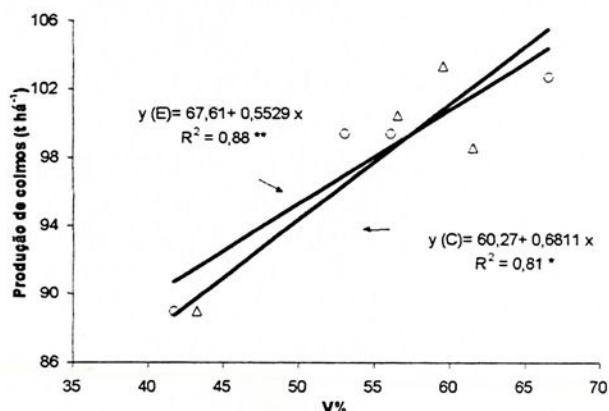
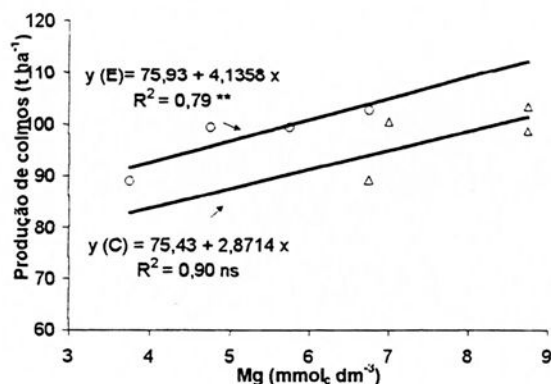
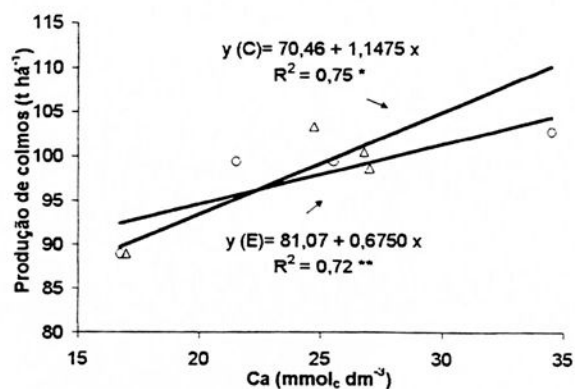


**Figura 11. Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) no pH; H+Al e V% após 345 dias da aplicação, na cana-planta, em amostra de terra da entrelinha da cultura, 20-40 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)**



**Figura 12.** Efeito das propriedades químicas do solo Ca, Mg, V%, pH, H+Al e P na produção de colmos da cana-planta, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) e a amostra de terra da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)





**Figura 13. Efeito do Ca, Mg, V%, pH, H+Al e P na produção de colmos da cana-planta, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra da entrelinha da cultura, 20-40 cm de profundidade, no ano agrícola 98/99. (Dados médios de quatro repetições)**

Estes resultados de maneira geral mostram que os corretivos incorporados na camada de 0-20 cm percolaram para a camada subsuperficial (20-40 cm) corrigindo a acidez e aumentando o V%, conforme visto anteriormente pela Figura 11. De modo que estes resultados estão de acordo com AMARAL et al. (1965) que constataram uma percolação considerável de Ca e Mg em tempo curto (12 meses). Observa-se ainda que estes resultados concordam com RAIJ et al. (1982) quanto ao arraste do Ca e Mg dos corretivos no perfil.

De maneira que a presente correção subsuperficial (20-40 cm de profundidade) mostrou-se importante na produção de colmos da cultura da cana-de-açúcar (Figura 13). Resultados semelhantes foram obtidos por RIBEIRO et al. (1984) e PRADO et al. (1998).

Cabe salientar, entretanto, que estes resultados que mostram a percolação do calcário e a sua influência na produção de colmos, podem ter contribuído para explicar a relação altamente positiva pelo altos valores das variáveis analisadas especialmente pH, H+Al, cálcio e saturação por bases da camada de 0-20 cm de profundidade e a produção de colmos (Figura 9).

### **5.2.3 Comparações de métodos de amostragem de terra para a cultura da cana-de-açúcar**

Na Tabela 27 são apresentados o teste F, C.V. e os valores médios de pH, (H+Al), Ca, Mg e V%, obtidos em função dos dois métodos de amostragem de terra avaliados.

Verifica-se que os métodos de amostragem foram sensíveis na indicação das alterações dos atributos químicos do solo, em função da aplicação dos corretivos e tiveram mesmo comportamento independentemente do corretivo.



Entretanto, amostragem de terra pelo método linha e da entrelinha superestimou a acidez potencial (H+Al) (Tabela 27).

**Tabela 27. Resultados médios do pH, H+Al, Ca, Mg e V% obtidos em função do fator métodos de amostragem de solo na linha + entrelinha (L+E) e na entrelinha (EL) da cana-planta e do fator corretivos calcário (C) e a escória silicatada (E), após 345 dias da incorporação, no ano agrícola 98/99.**

| Fator                 | Níveis do fator | pH<br>(CaCl <sub>2</sub> ) | H+Al               | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                    | V<br>%             |
|-----------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                       |                 |                            |                    | Ca                                 | Mg                 |                    |
| Métodos de Amostragem | L+E             | 5,91 <sup>1</sup>          | 20,80 a            | 40,35 a                            | 8,21               | 68,71              |
|                       | EL              | 5,88                       | 19,27 b            | 40,46 a                            | 7,88               | 70,20              |
| F                     |                 | 0,51 <sup>ns</sup>         | 4,33 *             | 0,01 <sup>ns</sup>                 | 0,22 <sup>ns</sup> | 1,22 <sup>ns</sup> |
| DMS                   |                 | 0,11                       | 1,49               | 3,55                               | 1,45               | 2,88               |
| Tratamentos           | Testemunha      | 5,44 c                     | 25,88 a            | 25,09 c                            | 5,19 c             | 54,00 e            |
|                       | C-V%50          | 5,61 bc                    | 23,75 ab           | 34,38 bc                           | 6,25 bc            | 63,13 d            |
|                       | C-V%75          | 5,80 b                     | 18,00 cde          | 39,38 b                            | 6,88 bc            | 72,13 bc           |
|                       | C-V%100         | 6,29 a                     | 16,38 de           | 52,50 a                            | 8,63 bc            | 78,63 ab           |
|                       | E-V%50          | 5,76 b                     | 21,13 bc           | 33,13 bc                           | 5,38 c             | 65,13 cd           |
|                       | E-V%75          | 5,93 b                     | 20,25 bcd          | 42,13 b                            | 10,38 ab           | 71,25 bcd          |
|                       | E-V%100         | 6,44 a                     | 14,88 e            | 56,25 a                            | 13,63 a            | 82,25 a            |
| F                     |                 | 24,16 **                   | 16,32 **           | 22,45 **                           | 10,46 **           | 26,18 **           |
| DMS                   |                 | 0,32                       | 4,29               | 10,20                              | 4,18               | 8,27               |
| Interação             |                 |                            |                    |                                    |                    |                    |
| F                     |                 | 1,87 <sup>ns</sup>         | 0,74 <sup>ns</sup> | 1,07 <sup>ns</sup>                 | 0,51 <sup>ns</sup> | 1,04 <sup>ns</sup> |
| CV (%)                |                 | 3,48                       | 13,78              | 16,24                              | 33,45              | 7,65               |

<sup>1</sup> Letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), dentro de cada fator.





A possível explicação do aumento do teor de H+Al de 19,27 para 20,80 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no método de amostragem L+E, seja pela ação acidificante do adubo (NPK) aplicado no sulco de plantio. Além disso, existe a própria atividade de exsudação de ácidos orgânicos pela característica do sistema radicular fasciculado e de constante renovação que cana-de-açúcar apresenta. Neste sentido MALAVOLTA et al. (1997) afirmam que a raiz da planta pode modificar o pH da rizosfera diferindo do resto do solo, em mais de 2 unidades, isto pode ocorrer pela excreção líquida de H<sup>+</sup> quando cátions são mais absorvidos que ânions por exemplo. Cabe salientar, entretanto, que a redução de 2 unidades de pH representa aumento de 100 vezes na concentração molar de H<sup>+</sup> da solução do solo.

Apesar do aumento do teor de H+Al no método L+E porém não foi suficiente em alterar significativamente a saturação por bases embora que numericamente houve redução de 70,20% para 68,71% para o método EL em relação ao L+E, respectivamente. O fato da não redução da saturação por bases pode ser atribuído ao Ca principalmente que não sofreu efeito significativo dos métodos de amostragem. Desta maneira métodos de amostragem de terra que considera parte das coletas na linha da cultura poderá induzir aumento na acidez potencial não implicando em redução da saturação por bases. Isto pode ser facilmente explicado pelo adubo aplicado no sulco de plantio que muito das vezes apresenta em sua composição K, Mg e principalmente Ca que contribuirá com aumento da saturação por bases. Os incrementos nos teores de nutrientes como Ca e/ou Mg (SILVA et al., 1991) ou P e K (CACERES & FERREIRA, 1988) tem ocorrido quando a amostragem do solo atingiu 100% dos pontos na linha da cana-de-açúcar em detrimento a amostragem na entrelinha.

Apesar dos métodos de amostragem de terra indicarem as alterações dos atributos químicos de maneira semelhante pelo teste de Tukey, entretanto, podem ser melhor comparados pelos estudos de regressão a qual indicam alguns dados importantes.



Quando a amostragem de terra foi na linha e entrelinha da cultura nos tratamentos com calcário, o pH e o H+Al do solo não correlacionou com a produção de colmos (Figura 9). Ao passo que a amostragem de terra somente na entrelinha os resultados da análise química do solo referente ao valor pH e ao H+Al, correlacionou significativamente com a produção de colmos (Figura 12). Desta forma a simples amostragem de terra pode influenciar a interpretação da condição de uma planta a tolerância ou não a acidez do solo.

Além deste resultado que aponta amostragem de terra apenas na entrelinha da cultura sendo a melhor metodologia, outras observações seguem esta indicação, como podemos observar os coeficientes de determinação das equações que relacionam os níveis de correção pela aplicação dos dois corretivos com as alterações nas propriedades químicas do solo, na amostragem de terra da entrelinha e na linha, tomando como exemplo o calcário para as variáveis Ca, Mg e pH, o valor de  $R^2$  foram 0,90\*\*, 0,72\* e 0,89\*\* respectivamente (Figura 8) valores estes inferiores ao coeficiente das equações que leva em consideração amostragem de terra somente na entrelinha da cultura, a qual o  $R^2$  para as mesmas variáveis foram 0,94\*\*, 0,92\* e 0,94\*\* respectivamente (Figura 10).

Este menor ajuste do coeficiente de determinação da reta provindo de parte das amostras de terra coletadas na linha da cultura deveu-se a maior variabilidade dos dados em detrimento aquelas que considera amostragem somente na entrelinha da cultura. Esta variabilidade pode ser devido influência do adubo no sulco de plantio e da concentração do sistema radicular da planta nesta faixa de terra.

### 5.2.2 Cana-soca

São apresentados os valores de F, C.V e valores médios de pH, (H+Al), Ca, Mg e V%, em função dos tratamentos em amostras de terra da





entrelinha da cultura nas camadas de 0-20cm (Tabela 28) e 20-40 cm de profundidade (Tabela 29).

**Tabela 28. Valores médios de algumas características químicas do solo, em amostras da entrelinha da cana-soca, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no ano agrícola 99/00.**

| Fator                         |                                                               | pH<br>(CaCl <sub>2</sub> )         | H+Al               | Ca                 | Mg                 | V                  | P<br>(resina)       |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                               |                                                               | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                    |                    | %                  |                    | mg dm <sup>-3</sup> |
| Corretivo (C)                 |                                                               |                                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| Calcário                      |                                                               | 5,78                               | 21,63              | 33,38              | 5,56 a             | 64,31              | 5,19                |
| Escória                       |                                                               | 5,81                               | 20,69              | 34,88              | 8,13 b             | 65,63              | 6,00                |
| F                             |                                                               | 0,27 <sup>ns 1</sup>               | 0,89 <sup>ns</sup> | 1,10 <sup>ns</sup> | 13,0 **            | 0,81 <sup>ns</sup> | 2,35 <sup>ns</sup>  |
| DMS                           |                                                               | 0,15                               | 2,06               | 2,97               | 1,48               | 3,03               | 1,10                |
| Níveis de<br>correção<br>(NC) | Equivalência<br>em CaCO <sub>3</sub><br>(t ha <sup>-1</sup> ) |                                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| V% 100                        | 3,80                                                          | 6,39 a                             | 15,50 c            | 49,63 a            | 9,50 a             | 78,75 a            | 7,00 a              |
| V% 75                         | 2,52                                                          | 5,96 b                             | 19,50 b            | 34,13 b            | 6,88 ab            | 68,13 b            | 5,88 ab             |
| V% 50                         | 1,23                                                          | 5,68 c                             | 21,25 b            | 29,63 b            | 6,63 b             | 63,38 b            | 5,13 ab             |
| Testemunha                    | 0                                                             | 5,18 d                             | 28,38 a            | 23,13 c            | 4,38 b             | 49,63 c            | 4,38 b              |
| F                             |                                                               | 49,36 **                           | 29,45 **           | 62,24 **           | 8,71 **            | 68,85 **           | 4,47 *              |
| DMS                           |                                                               | 0,29                               | 3,91               | 5,64               | 2,80               | 5,74               | 2,09                |
| C x NC                        |                                                               |                                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| F                             |                                                               | 0,45 <sup>ns</sup>                 | 1,32 <sup>ns</sup> | 7,84 **            | 2,63 <sup>ns</sup> | 1,29 <sup>ns</sup> | 2,39 <sup>ns</sup>  |
| Média                         |                                                               | 5,80                               | 21,16              | 34,13              | 6,84               | 64,97              | 5,59                |
| C.V. (%)                      |                                                               | 3,53                               | 13,26              | 11,85              | 29,38              | 6,34               | 26,79               |

<sup>1</sup> \*\*, \*, ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05) respectivamente pelo teste F.





**Tabela 29. Valores médios de algumas características químicas do solo, em amostras da entrelinha da cana-soca na profundidade de 20-40 cm, em função dos tratamentos, no ano agrícola 99/00.**

| Fator                         |                                                               | pH<br>(CaCl <sub>2</sub> )         | H+Al               | Ca                 | Mg                 | V                  | P<br>(resina)       |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                               |                                                               | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                    |                    |                    | %                  | mg dm <sup>-3</sup> |
| Corretivo (C)                 |                                                               |                                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| Calcário                      |                                                               | 5,32                               | 25,31              | 22,00              | 3,69 a             | 50,38              | 3,31                |
| Escória                       |                                                               | 5,39                               | 25,06              | 22,63              | 5,19 b             | 52,38              | 3,50                |
| F                             |                                                               | 0,50 <sup>ns 1</sup>               | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> | 5,22 *             | 0,41 <sup>ns</sup> | 0,12 <sup>ns</sup>  |
| DMS                           |                                                               | 0,22                               | 2,57               | 4,42               | 1,37               | 6,53               | 1,11                |
| Níveis de<br>correção<br>(NC) | Equivalência<br>em CaCO <sub>3</sub><br>(t ha <sup>-1</sup> ) |                                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| V% 100                        | 3,80                                                          | 5,68 a                             | 22,25 b            | 26,25 a            | 5,00               | 58,50 a            | 3,63                |
| V% 75                         | 2,52                                                          | 5,46 a                             | 23,63 b            | 24,50 a            | 5,25               | 55,50 a            | 4,13                |
| V% 50                         | 1,23                                                          | 5,31 ab                            | 25,25 ab           | 22,75 ab           | 3,75               | 51,25 ab           | 2,88                |
| Testemunha                    | 0                                                             | 4,98 b                             | 29,63 a            | 15,75 b            | 3,75               | 40,25 b            | 3,00                |
| F                             |                                                               | 7,74 **                            | 6,69 **            | 4,69 *             | 1,49 <sup>ns</sup> | 6,48 **            | 1,19 <sup>ns</sup>  |
| DMS                           |                                                               | 0,42                               | 4,88               | 8,39               | 2,59               | 12,38              | 2,10                |
| C x NC                        |                                                               |                                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| F                             |                                                               | 0,81 <sup>ns</sup>                 | 1,27 <sup>ns</sup> | 0,45 <sup>ns</sup> | 0,29 <sup>ns</sup> | 0,65 <sup>ns</sup> | 0,97 <sup>ns</sup>  |
| Média                         |                                                               | 5,36                               | 25,19              | 22,31              | 4,44               | 51,38              | 3,4                 |
| C.V. (%)                      |                                                               | 5,59                               | 13,90              | 26,95              | 41,83              | 17,28              | 44,23               |

<sup>1</sup> \*\*: \*, ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05) respectivamente pelo teste F.

Observa-se pela Tabela 28 e 29 que não houve diferença entre os corretivos nas duas camadas de solo para os atributos químicos analisados, com exceção ao teor de Mg. No tratamento com a escória o teor de Mg foi superior ao tratamento com calcário. Uma hipótese para explicar este fato foi levantada por



GROVE (1985) o qual observou que aplicação de  $\text{CaCO}_3$  conduz a formação de co-precipitado de Al com carga negativa, em valor de pH acima de 6, sequestrando o Mg trocável do solo.

Na cana-planta, ocorreu uma tendência dos tratamentos com escória apresentar maior teor de Mg em ambas camadas do solo, o que veio atingir significância apenas na cana-soca ou seja 24 meses após aplicação. Isto indica que, possivelmente a liberação do Mg da escória ocorreu lentamente.

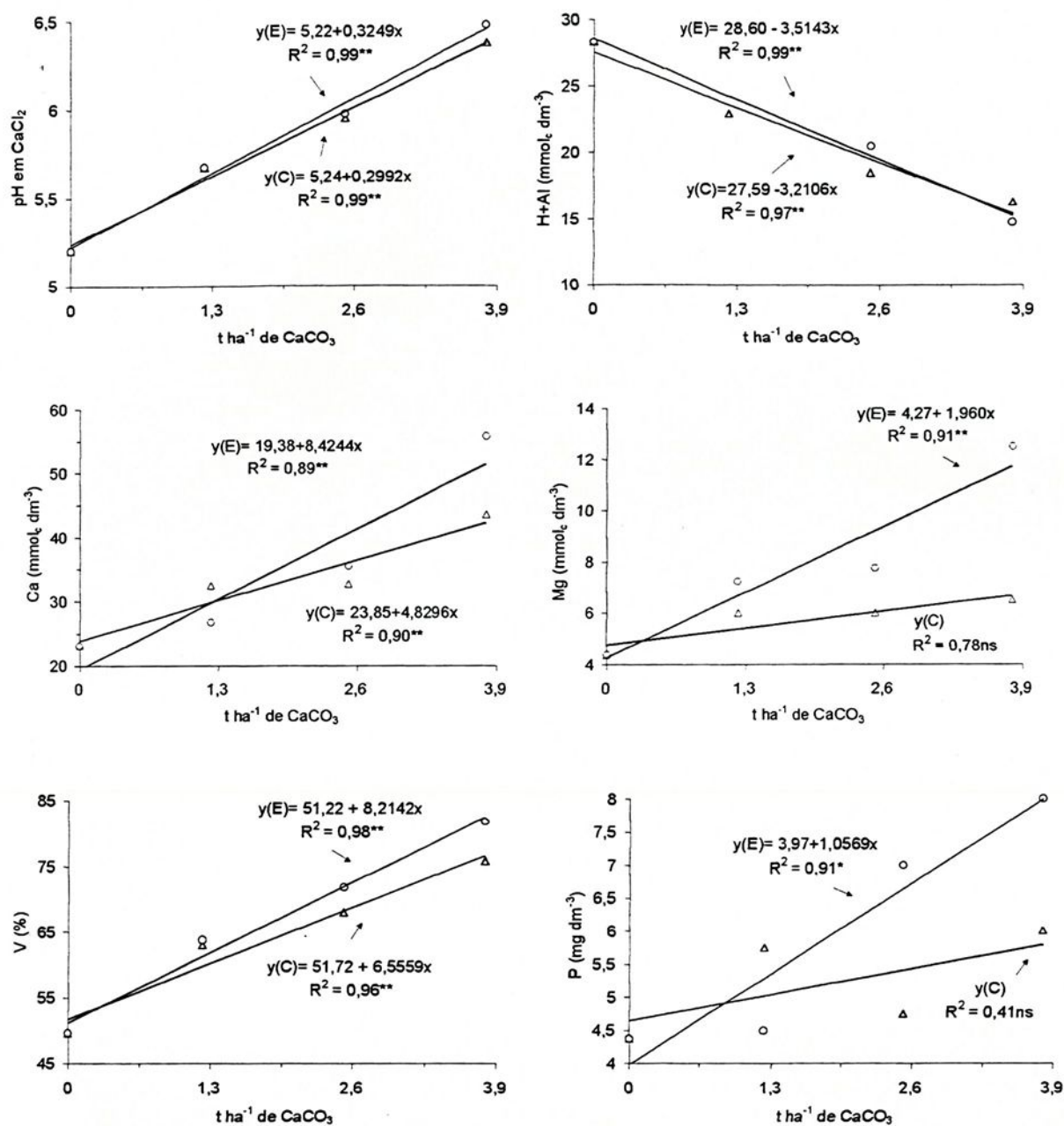
Na camada superficial do solo, 0-20 cm de profundidade, observa-se que em média os corretivos influenciaram significativamente as propriedades químicas do solo, reduzindo acidez potencial e aumentando o valor de pH, reduzindo o teor de  $\text{H}^+\text{-Al}$ , aumentando os teores de Ca, Mg e P e a saturação por bases (Tabela 28). De modo semelhante ocorreu na camada subsuperficial do solo, 20-40 cm de profundidade, com exceção às variáveis Mg e P (Tabela 29). Cabe salientar que estes resultados foram semelhantes àqueles observados na cana-planta (Tabela 24 e 26). Portanto as discussões realizadas com relação as propriedades químicas do solo amostradas na ocasião da colheita da cana-planta também são válidas para cana-soca.

Deste modo pode-se afirmar que as alterações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação dos corretivos manteve também na época da colheita da cana-soca ou seja 24 meses após aplicação, indicando um efeito residual favorável da mesma magnitude vista aos 12 meses após aplicação dos corretivos no solo.

A regressão polinomial indica que a maioria das propriedades químicas (pH,  $\text{H}^+\text{-Al}$ , Ca, Mg, V% e P) apresentaram efeito linear com aplicação dos corretivos, com exceção dada na camada de 0-20 cm de profundidade para o calcário em relação as variáveis Mg e P que não atingiram significância (Figura 14). Na camada de 20-40 cm apenas para escória em relação a variável Ca, cujo os dados não ajustaram a um modelo linear ou quadrático (Figura 15).

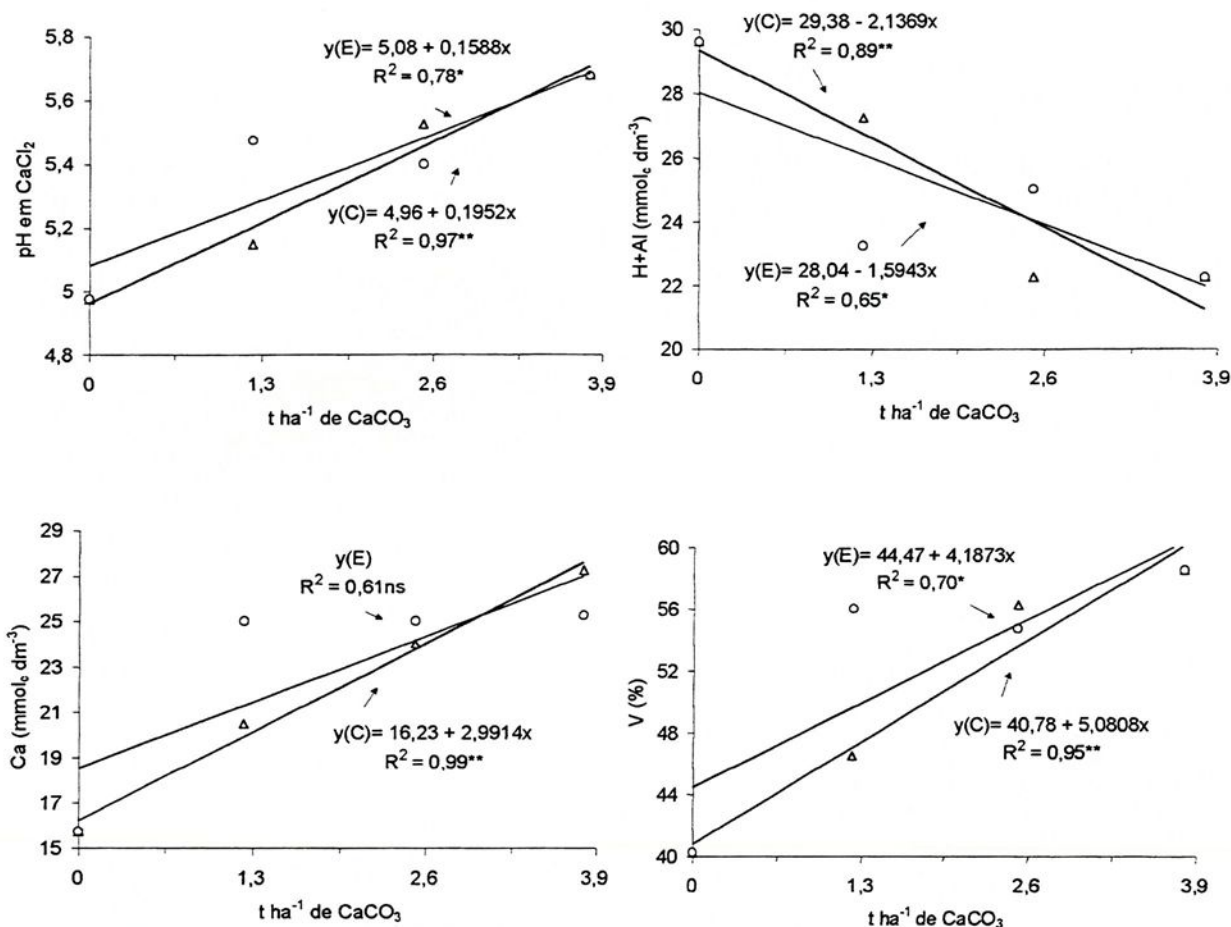






**Figura 14.** Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) no pH; H+Al; Ca; Mg; V% e P após 345 dias da aplicação, na cana-soca, em amostra de terra da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições)





**Figura 15.** Efeito dos níveis de correção do solo com calcário (C) e escória silicatada (E) no pH;  $\text{H}^+\text{Al}$ ; Ca e V% após 345 dias da aplicação, na cana-soca, em amostra de terra da entrelinha da cultura, 20-40 cm de profundidade, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições)

No entanto, em linhas gerais tanto o calcário como a escória corrigiram de forma linear a acidez do solo e aumentaram a saturação por bases nas duas camadas de solo estudadas. Assim como ocorreu também na época da colheita da cana-planta (Figura 10 e 11).

Observa-se pelos resultados da Figura 16, que a resposta da cana-soca em termos de produção de colmos pela aplicação de calcário assumiu um

comportamento quadrático para todas as variáveis químicas analisadas nas duas profundidades amostradas. Por outro lado, a resposta da cana-soca foi linear pela aplicação da escória para as variáveis (H+Al) e V%. Para as outras variáveis houve tendência de ser também linear, isto para camada superficial do solo e para a camada subsuperficial a resposta foi linear para todas as variáveis analisadas.

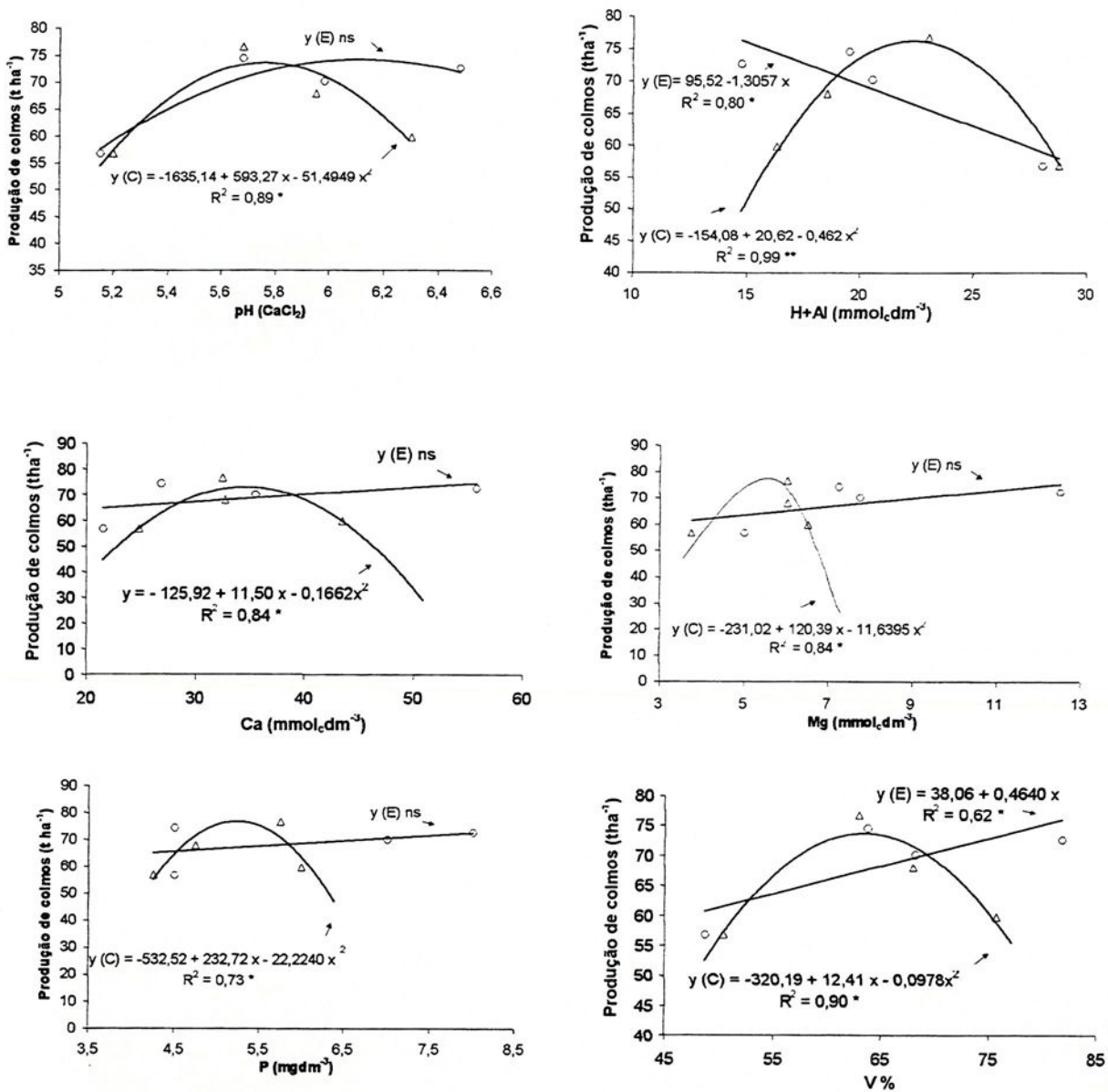
Analisando a reação do solo em função da aplicação do calcário na camada superficial do solo observa-se que o ponto de máximo da equação quadrática atingiu um valor de pH de 5,8 e a partir deste ponto não houve mais resposta da planta e para a variável H+Al este ponto situa em  $22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , para o Ca  $35 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , para o Mg  $5,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , para o P  $5,3 \text{ mg dm}^{-3}$  e para o V% 63. Deste modo estes resultados são semelhantes aos encontrados por MEDINA & BRINHOLI (1991), a qual não observaram resposta da cana-de-açúcar, variedade IAC 58-480 com uma saturação por bases determinada acima de 61%. Nesta mesma linha MARTINS (2000) observou que a produtividade máxima da cana-de-açúcar, variedade SP 70-1143, esteve associado a saturação de bases de 60%.

Na camada subsuperficial 20-40 cm a cana-soca respondeu favoravelmente, da mesma forma que na camada superficial ou seja quando aplicou-se calcário o ponto de máximo da curva para o valor de pH, H+Al e Ca em  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e o V% foram de 5,3, 26, 22 e 50, respectivamente, embora estes valores foram inferiores em relação a camada superficial, como era de se esperar, para as variáveis pH, Ca e V% e superior para H+Al (Figura 17). Deste modo os resultados indicam claramente a importância da correção da acidez do solo e aumento do teor de Ca e da saturação por bases na camada subsuperficial do solo, na produção de colmos da cana-de-açúcar, independentemente do corretivo utilizado.

Observa-se ainda que as maiores doses de calcário alteraram as características químicas do solo em estudo e resultaram em decréscimo acentuado na produção de colmos enquanto que a aplicação da escória em doses equivalentes

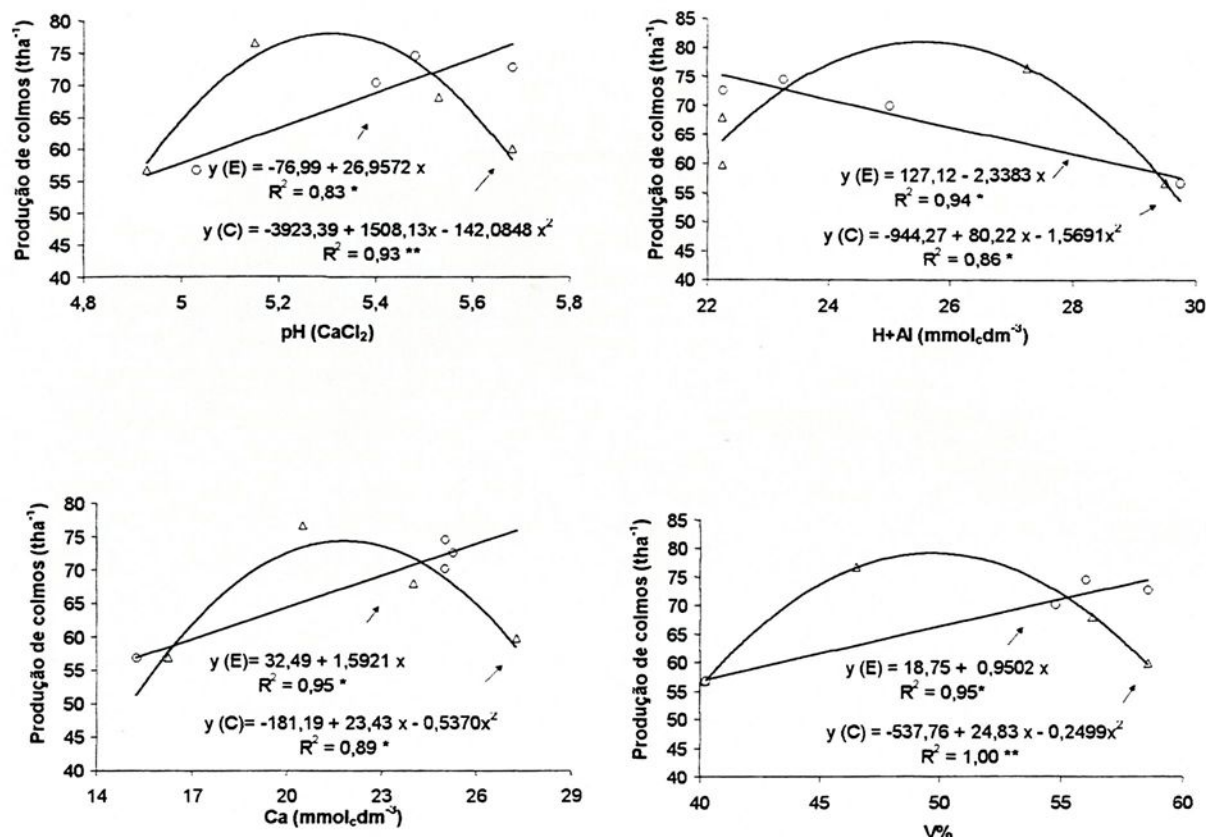


em  $\text{CaCO}_3$  não causou este efeito na produção de colmos (Figura 16) ao contrário até aumentou linearmente (Figura 17).



**Figura 16.** Efeito do pH, H+Al, Ca, Mg, P e V% na produção de colmos da cana-soca, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra da entrelinha da cultura, 0-20 cm de profundidade, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições)





**Figura 17. Efeito do pH, H+Al, Ca e V% na produção de colmos da cana-soca, utilizando o calcário (C) e a escória silicatada (E) em amostra de terra da entrelinha da cultura, 20-40 cm de profundidade, no ano agrícola 99/00. (Dados médios de quatro repetições)**

Estes resultados depressivos da calagem em excesso na produção das plantas, reforçam a tese de TAMINI & MATSUYAMA (1972) que afirmaram que doses excessivas de calcário reduz a produção das plantas ao passo que doses equivalentes da escória silicatada não foi observado este efeito.

Estudos complementares deverão ter continuidade, visando estabelecer os efeitos aditivos da presença de outros elementos químicos na escória de siderurgia especialmente o silício e a sua relação no sistema solo-planta.

## 6-CONCLUSÕES

Nas condições experimentais em que esta pesquisa foi realizada e, de acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- (1) a escória silicatada de siderúrgia corrigiu a acidez do solo;
- (2) a escória silicatada de siderúrgia e o calcário calcítico foram semelhantes na correção da acidez do solo e na elevação da saturação por bases;
- (3) os teores de macronutrientes na folha +3 da cana-de-açúcar, não foram afetados pelo uso da escória silicatada de siderúrgia ou do calcário calcítico;
- (4) o perfilhamento da cana-de-açúcar foi influenciado positivamente apenas pela aplicação da escória silicatada de siderurgia na cana-planta e por ambos corretivos na cana-soca;
- (5) a cana-de-açúcar respondeu a aplicação da escória silicatada de siderúrgia e do calcário calcítico;
- (6) as análises tecnológicas (sacarose e sólidos solúveis da cana; pureza, fibra, ATR da cana e da área), da cana-planta e cana-soca, não foram afetados pelo uso da escória silicatada de siderúrgia e do calcário calcítico.



## 6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ALCARDE, J.C. **Corretivo de acidez dos solos: características e interpretações técnicas.** São Paulo: ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).
- ALLORERUNG, D. **Influence of steel slag application to red/yellow podzolic soils on soil chemical characteristics, nutrient content and uptake, and yield of sugarcane plantations (*Saccharum officinarum* L.).** Faculty of Agriculture, IPB Bogor, 989.p.14-42 (Bulletin Pusat-Penelitian-Perkebunan-Gula-Indonesia, 136).
- ◊ AMARAL, A.S., DEFELIPO, B.V., COSTA, L.M., FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.9, p.1351- 8, 1994. OK
- ◊ AMARAL, A.Z., VERDADE, F.C., SCHIMIDT, N.C., WUTKE, A.C.P., IGUE, K. Parcelamento e intervalo da aplicação de calcário. **Bragantia**, v.24, p.83-96, 1965.
- ◊ AMARAL SOBRINHO, N.M.B., VELLOSO, A.C.X., COSTA, L.M., OLIVEIRA, C. Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.21, p.9-16, 1997. OK





- AMARAL SOBRINHO, N.M.B., VELLOSO, A.C.X., COSTA, L.M., OLIVEIRA, C. Mobilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.345-53, 1998. *OK*
- ANDERSON, D.L. Soil and leaf nutrient interations following application of calcium silicate slag to sugar cane. **Fertilizer Research**, v.30,n.1, p.9-18, 1991.
- ANDERSON, D.L., JONES, D.B., SNYDER, G.H. Response of a rice sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. **Agronomy Journal**, v.79, p.531-5, 1987.
- ANDERSON, D.L., SNYDER, G.H., MARTIN, F.G. Multi-year response of sugarcane to calcium silicate slag on everglades histosols. **Agronomy Journal**, v.83, p.870-4, 1991.
- \* ANDO, J., OWA, N., ASANO, M. Studies on structure, solubility, and agronomic response of industrial slag. Effects of alumina on solubility, and agronomic response of slags. **Japan Journal Soil Science Plant Nutrition**, v.59, p.27-32, 1988.
- \* ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 1997.
- AYRES, A.S. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugar cane on low silicon soils. **Soil Science**, v.101, p.216-227, 1966.
- AZEVEDO, D.F., ROARAIMA, A.A., MAGANHÃES, M.S., VIEIRA, J.F. Adubação da cana-de-açúcar nos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santos e Minas Gerais (Zona da Mata e Região Norte). **Boletim Técnico Planalsucar**, v.3, n.10, p.15, 1981.
- AZEVEDO, D.F., SARRUGE, J.R. Alumínio na produção de matéria seca em diferentes cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Saccarum**, v.34, p.17-23, 1984.



AZIZIAN, M.F., NELSON, P.O. Lead sorption, chemical by enhanced desorption, and equilibrium modeling in an iron-oxide-coated sand and synthetic groundwater system. In: JENNE, E.A. **Adsorption of metals by geomedia: variables, mechanisms, and model applications**. Sandiego: Academic Press, 1998, Cap.6, p.165-80.

BARTZ, H.R. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob plantio direto. In: FRIES, M.R.(Ed.) **CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.1998, p.52-79.

BENEDINI, M.S. Novo conceito do uso de calcário em cana-de-açúcar. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO**,23, 1988, Guarapari, **Resumos...** Guarapari: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988.p.13.

CACERES, N.T., FERREIRA, E.S. Influência da localização da amostragem nos resultados da análise de solo em soqueira de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico da Copersucar**, v.44, p.27-31, 1988.

CAMPUS FILHO, M.P. Processos siderúrgicos. In: \_\_\_\_\_. **Introdução à metalurgia extrativa e siderurgia**. Campinas: Fundação de Desenvolvimento da Unicamp, 1981, p.122-53. OK

CANTINI, V.L., SOUZA, L.F. Aplicações e mercado de rejeitos siderúrgicos da Companhia siderúrgica nacional. In: **SEMINÁRIO DE RECUPERAÇÃO DE REJEITOS DA INDÚSTRIA METALÚRGICA**, 1, 1989, Volta Redonda. **Anais...** Volta Redonda: CORENE;ABM, 1989. p.131-44. N

CARTER, O.R., COLLIER, B.L., DAVIS, F.L. Blast Fursace slags as agricultural liming material. **Agronomy Journal**, v.43, p.430-33, 1951.





- CARVALHO, J.G. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício.** Botucatu, 2000. 114p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- CRANE, F.H. A comparison of some effects of blast furnace slag and of limestone on acid soil. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.22, p.968-73, 1930.  $\tilde{N}$
- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ALCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Amostragem e análise de cana-de-açúcar.** Piracicaba: Centro de Tecnologia COPERSUCAR, 1980. 37p.
- CORDEIRO, D.A. **Efeitos da calagem e da adubação potássica sobre a produção de colmos e o equilíbrio nutricional da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*).** Piracicaba, 1978. p.68. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- DEFELIPO, B.V., NOGUEIRA, A.V., LOURES, E.G., ALVAREZ, V.V.H. Eficiência agrônômica de um resíduo de indústria siderúrgica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.127-31, 1992.
- ELAWAD, S.H., GASCHO, G.J., STREET, J.J. Response of sugarcane to silicate source and rate. I. Growth and yield. **Agronomy Journal**, v.74, p.481-3, 1982a.
- ELAWAD, S.H., STREET, J.J., GASCHO, G.J. Response of sugarcane to silicate source and rate. II. Leaf freckling and nutrient content. **Agronomy Journal**, v.74, p.484-7, 1982b.
- FAO. **Production.** Roma. (Internet: <http://apps.fao.org>, capturado em 28 dez.1999).





- FASSBENDER, E., LAROCHE, F.A., BARNEMISA, E. Effects of liming on some chemical characteristics of a Costa Rica latossol. **Soil Crop Science Society Florida Proceeding**, v. 27, p.219-26,1967.
- FÁZIO, P.I., GUTIERREZ, A.S.D. **Uso de corretivos de acidez do solo comercializados no Estado do Espírito Santo**. Vitória: Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária, 1989. 27p. (Boletim Técnico, 12).
- FIRME, D.J. **Enriquecimento e fusão de escória de siderurgia com fosfato natural**. Viçosa, 1986. 54p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.
- FORTES, J.L.O. **Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo**. Viçosa, 1993. 66p. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa.
- GALLO, J.R., HIROCE, R., ALVAREZ, R. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo pela análise foliar. **Bragantia**, v.27, n.3, p.365-82, 1968.
- GOMES, A.G., GARGANTINI, H., BLANCO, H.G. Comportamento de tipos de escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo. **Bragantia**, v.24, p.173-9, 1965.
- GOMES, M.A.F., RIBEIRO, A.C., COSTA, L.M., MOURA FILHO, W.M. Influência de ferro e alumínio amorfos do solo na reatividade de 4 corretivos de acidez. **Ceres**, v.43, n.248, p.444-53, 1996.
- GROVE, J.H., SUMNER, M.E. Lime induced magnesium stress in corn: implication on Mg and P availability. **Soil Science Society American Journal**, v.49, p.1192-96, 1985.



GUIMARÃES, E., DEGASPARI, I., GURGEL, M.N.A., ALONSO, O. Estudos da influência de dois tipos de calcário sobre a acidez do solo e produção de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDUSTRIA AÇUCAREIRA, 4, 1975, Águas de Lindóia, **Anais...** São Paulo: Copersucar 1975. p.279-88.

GURGEL, M.N.A. **Efeitos do silicato de cálcio e sua interação com o fósforo no estado nutricional, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.** Piracicaba, 1979. 62p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

HAYNES, R.J. Effects of liming on phosphate availability in acid soil. A critical review. **Plant and Soil**, v.68, p.289-308, 1982.

HUMBERT, R.P. **The growing of sugar-cane.** Amsterdam: Elsevier, 1963. 779p.

HURNEY, A P. Effect of silicates on cane growth. **Cane Growers Quartely Bulletin**, v.373, p.78-80, 1974.

JACKSON, M.L., SHERMAN, G.D. Soil chemical analysis. **Advance Agronomy**, v.5, p.219-25, 1963.

\* JENNE, E.A. Adsorption of metals by geomeia data analysis, models, controlling factors, and related issues. In: \_\_\_\_\_. **Adsorption of metals by geomeia: variables, mechanisms, and model applications.** Sandiego: Academic Press, 1998, Cap.1, p.1-73. ~

\* KATO, N., OWA, N. Dissolution of slag in water and calcium chloride solution: Effects of solution pH and calcium concentration on solubilities of slags. **Japan Journal Soil Science Plant Nutrition**, v.67, p.626-32, 1996. ~

KORNDÖRFER, G.H., DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, n.70, p.1-3, 1995.





- KWONG, K.F.N., ROSS, L., CAVALOT, C. Liming soils under sugarcane in Mauritius. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 17, 1980, Manila. **Proceedings...** Makati: Print-Inn, 1980. v.1, p.244-52.
- LANGER, R.H.M. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstracts**, v.33,n.3, p.141-8, 1963.
- LIMA FILHO, O.F., LIMA, M.T.G., TSAI, S.M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, n.87, p.1-7,1999.
- LOUZADA, P.T.C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. Viçosa, 1987. p.52. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.
- MAEDA, S., MIZOGUCHI, M., OHKI, A. Bioaccumulation of zine and cadmium in freshwater alga, chlorella vulgaris. Part I. Toxicity and accumulation. **Chemosphere**, v.21, p.953-63, 1990.
- MALAVOLTA, E. Corretivos cálcicos, magnesianos e calco-magnesianos. In: **MANUAL de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.cap.5, p.232-45. *OK*
- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solo e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p. *OK*
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p. *OK*





- <sup>7</sup> MARINHO, M.L., ARAUJO FILHO, J.T., MENEZES, C.R.L. Comportamento da cana-de-açúcar sob diferentes teores de alumínio no solo, em casa de vegetação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 14, Cuiabá, **Resumos...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1980.p.38-43.
- MARTINS, M. **Efeito da calagem na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) em solo sob vegetação de cerrado.** Piracicaba,1991, 85p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MARTINS, M. **Efeito do calcário e do gesso, em algumas características químicas do solo (Lea, Álico) e na cultura da cana-de-açúcar, em região de cerrado.** Jaboticabal, 2000. 117p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- MEDINA, C.C., BRINHOLI, O. Estudo da aplicação de gesso e calcário na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp), açúcar e álcool. **Energia na Agricultura**, v.6, n.3, p.18-22, 1991.
- MELLO, A J.P., MOURA FILHO, G. Resposta da cana-de-açúcar ao calcário em Podzólico Amarelo de tabuleiro costeiro sob condições de cultivo mínimo. IN: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.1998. Caxambu, **Resumos...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998.p.596.
- <sup>8</sup> MORELLI, M., FERREIRA, E.B. Efeito do carbonato de cálcio e do fosfato diamônio em propriedades eletroquímicas e físicas de um latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, n.1, p.1-6, 1987. *OK*



- MORELLI, J.L., NELLI, E.J., DEMATTE, J.L.I, DALBEN, A.E. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção de cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.6,n.2,p.24-31, 1987.
- NATALE, W., COUTINHO, E.L.M. Avaliação da eficiência agronômica de diferentes frações granulométricas de um calcário dolomítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.1, p.55-62, 1994.
- NICKIOW, C.W., COMAS-HAEZEBROUCK, P.H., FEPPER, W.A. Influence of varying soil lead levels on lead uptake of leafy and root vegetables. **Journal American Society Horticulture**, v.108, p.193-95, 1983.
- ORLANDO FILHO, J., RODELLA, A.A. **Correção do solo para a cana-de-açúcar na região centro sul do Brasil**. Piracicaba: IAA;PLANALSUCAR;COSUL, 1987. 2p.
- ORLANDO FILHO, J., RODELLA, A.A. Efeitos da calagem, do gesso e do sulfato de magnésio na produtividade da cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.15,n.3, p.12-4, 1997
- ORLANDO FILHO, J., HAAG, H.P., ZAMBELLO JÚNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes em cana-de-açúcar, variedade CB 4176 em função da idade em solos do Estados de São Paulo. **Boletim Técnico Planalsucar**, v.2, p.1-128, 1980.
- ORLANDO FILHO, J., SILVA, L.C.F., MANOEL, L.A. Fontes de calcário aplicados em área total e sulco de plantio em cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.9,n.1-2, p.11-6, 1990.
- PENATTI, C. P., BONI, P.S., CONDE, A.J., SALATA, J.C. **Efeito da aplicação de calcário no sulco de plantio de cana-de-açúcar**. São Paulo: Copersucar, 1987. 35p. (Boletim Técnico, 39).





- PEREIRA, H.S. **Avaliação do xisto e escórias na nutrição e produção do tomate e em atributos químicos e biológicos do solo.** Piracicaba, 1999. 89p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PEREIRA, J.E. **Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto-forno.** Viçosa, 1978. 84p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.
- PIAU, W.C. **Variabilidade do uso das escórias como corretivo e fertilizante.** Piracicaba, 1991. 99p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- PIAU, W.C. **Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.).** Piracicaba, 1995. 124p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- PLANALSUCAR. **Análises tecnológicas da cana-de-açúcar.** Araras: Planalsucar, 1980. 34p.
- PRADO, R.M., FERNANDES, F.M. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro e em Areia Quartzosa. **Revista de Agricultura**, v.74, n.2, p.235-44, 1999.
- PRADO, R.M., FERNANDES, F.M. Eficiência da escória de siderurgia em Areia Quartzosa na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.18, n.4, p.36-39, 2000a.
- PRADO, R.M., FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. Piracicaba, **Scientia Agrícola**, v.57, n.4, 2000b.(No prelo)





- PRADO, H., ROSSETO, R., LANDELL, M.G.A. Instituto Agronômico de Campinas propõe classificação de solos adaptada para a cultura da cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.16,n.3, p.13, 1998.
- QUAGGIO, J.A. Reação do solo e seu controle. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, Piracicaba, 1986. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1986. p.53-89.
- RAID, R.N., ANDERSON, D.L., ULLOA, M.F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar-cane. **Crop-Protection**, v.11,n.1, p.84-8. 1992.
- RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres;Potafós, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., CAMARGO, A.P., SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p.33-7, 1982.
- RAIJ, B.van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A, FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**.2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p.39. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B.van, QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B.van, QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: SIMPOSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p.323-46.
- RIBEIRO, A.C., FIRME, D.J., MATOS, A.C.M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez. **Revista Ceres**, v.33, p.242-8, 1986.



- RIBEIRO, M.R., HALSTEAD, E.H., JONG, E. Rendimento da cana-de-açúcar e características das terras da microrregião da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.209-13, 1984. *OK*
- ROCHA, C.H.P., ANDRADE, L.A.B., CORRÊA, J.B.D. Efeito da calagem no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) em dois tipos de solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23,1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998.p.93.
- ROLIM, J.C., JANEGITZ, I., GARMS, M.F., VITTI, G.C., NICOLELLA, A.C. Efeitos de corretivos da acidez e do gesso agrícola nos atributos químicos do solo e na produção da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23,1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998.p.534.
- SANCHEZ, O., CLEMENTS, H.F. Magnesium in sugar-cane culture. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** v.2, p.552-67, 1974.
- SARRUGE, J.R., HAAG, H.P. **Análise química em plantas**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974.56p.
- SHERMAN, G.D., DIAS, I.P.S., MONTEITH, N.H. Calcium silicate, a new liming material. **Farm Science**, v.13, p.8-9, 1964.
- SILVA, F.C., BOARETTO, A.E., BERTON, R.S., ZOTELLI, H.B., PEXE, C.A., MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.1, p.1-8, 1998. *OK*
- SILVA, L.C.F., CASAGRANDE, J.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar (macronutrientes). In : ORLANDO FILHO, J. (Coord.) **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. Piracacaba: IAA;PLANALSUCAR, 1983.p.77-99.





SILVA, L.C.F., ORLANDO FILHO, J., LAVORENTI, N.A., MANOEL, L.A.

Efeitos de diferentes tipos de calcário em algumas propriedades químicas do solo. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.9,n.4/5, p.16-21,1991.

SUEHISA, R.H.,YONGE, O.R., SHERMAN, G.D. **Effects of silicates on phosphorus availability to sudan grass grow on Hawai an soils**. Hawaii: Agricultural Experiment Station, 1963. 40p. (Technical Bulletin, 51).

TAMINI, Y.N., MATSUYAMA, D.T. The effect of calcium silicate and calcium carbonate on growth of sorghum. **Agricultural Dig.**, v.25, p.37-44, 1972.

TESCARO, M.D. Eficiência do método da saturação de bases para a correção da acidez de um solo álico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23,1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998.p.103.

VARGAS, J.T.D. **Aplicação de calcário em duas profundidades e seus efeitos no solo e na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba 1989. 122p. Tese. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

VALADARES, J.M.A.S., BATAGLIA, O.C., FURLANI, P.R. Estudos de materiais calcários usados como corretivo do solo no estado de São Paulo. Determinação de Mo, Co, Cu, Zn e Fe. **Bragantia**, v.33, p.147-52, 1974. *OK*

WANG, S.C., YANG, C.C. Liming as a means to increase sugar cane yield in Taiwan. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 10, 1959, Honolulu. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 1960.p.556-65.

WUTKE, A.C.P., GARGANTINI, H. Avaliação das possibilidades de escórias de siderurgia como corretivos de acidez do solo. **Bragantia**, v.21, p.795-805, 1962. *OK*





## ANEXO





Vista geral do ensaio na época do preparo do solo.



Detalhe da aração com arado de aiveca.



Vista geral da distribuição dos corretivos.



Vista geral da incorporação dos corretivos.



Detalhe da incorporação dos corretivos



Vista geral da abertura dos sulcos





Vista dos colmos distribuídos nos sulcos de plantio.



Vista da cobertura dos sulcos realizada manualmente.



Vista geral (lateral) do experimento aos 3 meses após a emergência dos brotos da cana-planta



Detalhe entre os blocos aos 3 meses após a emergência dos brotos da cana-planta



Vista geral do experimento aos 5 meses após a emergência dos brotos da cana-planta.



Vista geral lateral do experimento aos 5 meses após a emergência dos brotos da cana-planta.





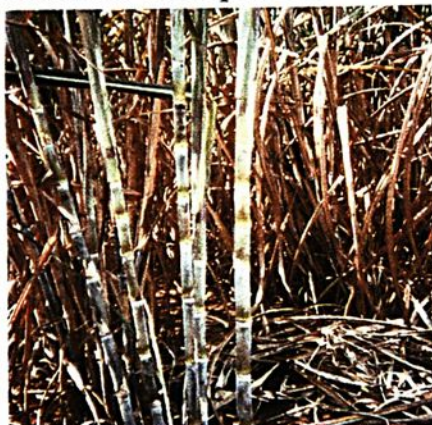
Vista geral (frente) do experimento aos 9 meses após a emergência dos brotos da cana-planta.



Vista geral (fundos) do experimento aos 9 meses após a emergência dos brotos da cana-planta.



Vista geral entre os blocos do experimento aos 9 meses após a emergência dos brotos da cana-planta



Detalhe dos colmos aos 9 meses após a emergência dos brotos da cana-planta.



Vista geral do experimento aos 5 meses após a emergência dos brotos da cana-soca



Detalhe da parcela (cana-soca) com a aplicação da escória no nível V%100.





Detalhe da parcela (cana-soca) com a aplicação da escória no nível V%50 aos 5 meses após a emergência dos brotos.



Detalhe entre os blocos aos 5 meses após a emergência dos brotos da cana-soca.



Vista geral do experimento aos 12 meses após a emergência dos brotos da cana-soca.



Vista da colheita, indicando o corte das linhas de bordadura entre os blocos.



Vista geral de um bloco após a colheita.



Vista geral de um bloco após o eleiramento da palha.



**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO**  
**AV. BRASIL, 56 - CAIXA POSTAL 31**  
**15385-000 - ILHA SOLTEIRA - SP**

